



CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Reabilitação - PPGCR

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

HELOUANE MARTINHO ÁZARA

ACURÁCIA DOS EQUIVALENTES METABÓLICOS (METS) PARA
PRESCRIÇÃO DO EXERCÍCIO AERÓBIO A PARTIR DO VALOR
ESTIMADO E MEDIDO PARA 1-MET EM HOMENS SAUDÁVEIS

RIO DE JANEIRO

2017

HELOUANE MARTINHO ÁZARA

ACURÁCIA DOS EQUIVALENTES METABÓLICOS (METS) PARA
PRESCRIÇÃO DO EXERCÍCIO AERÓBIO A PARTIR DO VALOR
ESTIMADO E MEDIDO PARA 1-MET EM HOMENS SAUDÁVEIS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação do Centro Universitário Augusto Motta, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: PROF. DR. FELIPE AMORIM DA CUNHA

RIO DE JANEIRO

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas UNISUAM

613.71 Ázara, Helouane Martinho.
A992a Acurácia dos equivalentes metabólicos (METS) para prescrição do exercício aeróbico a partir do valor estimado e medido para 1-Met em homens saudáveis. / Helouane Martinho Ázara.- Rio de Janeiro, 2017.
105p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação). Centro Universitário Augusto Motta, 2017.

1. Prescrição de exercício. 2. Diretrizes e recomendações. 3. Avaliação da atividade física. 4. Aptidão física. 5. Consumo de oxigênio de repouso. I. Título.

CDD 22 ed.

HELOUANE MARTINHO ÁZARA

ACURÁCIA DOS EQUIVALENTES METABÓLICOS (METS) PARA
PRESCRIÇÃO DO EXERCÍCIO AERÓBIO A PARTIR DO VALOR
ESTIMADO E MEDIDO PARA 1-MET EM HOMENS SAUDÁVEIS

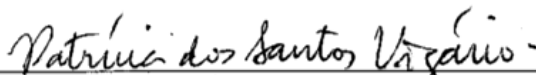
Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação *Stricto-Sensu* em
Ciências da Reabilitação do Centro
Universitário Augusto Motta, como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 29 de março de 2017.

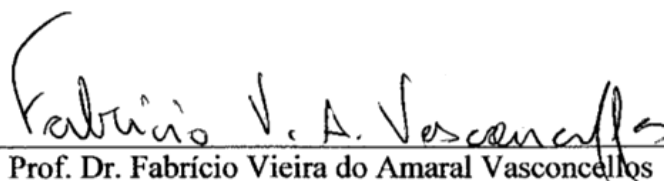
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Felipe Amorim da Cunha – ORIENTADOR
UNISUAM



Prof.ª Dr.ª Patrícia dos Santos Vigário
UNISUAM



Prof. Dr. Fabrício Vieira do Amaral Vasconcellos
UERJ

RIO DE JANEIRO

2017

AGRADECIMENTOS

“Todo crescimento pessoal de natureza cultural, moral e espiritual deságua inevitavelmente no sentimento da gratidão.” (Joanna de Ângelis - Psicologia da Gratidão- p.70).

O sentimento de gratidão é o que sela este trabalho e dá a ele o status de tarefa cumprida. Foi um caminho árduo até aqui e não poderia cruzar a linha de chegada sozinha. Conteí com muita ajuda nessa jornada. Agradeço a cada um que, sabendo da minha caminhada, dispensou energia positiva na minha direção. Isso é o que nos impulsiona adiante.

Agradeço, sobretudo, a Deus, por escrever “certo por linhas tortas” e colocar em meu caminho todas as pessoas, recursos e situações estritamente necessários ao meu desenvolvimento pessoal e profissional. Nada acontece sem uma razão. É Ele, sempre, o meu refúgio e minha fortaleza.

Dedico um agradecimento especial ao meu orientador Felipe Amorim da Cunha, pelo empenho, paciência e generosidade. Aprendi valiosas lições neste processo e não teria concluído sem a sua imprescindível participação. Minha gratidão sincera.

Aos meus pais, Antônio Carlos e Daise, minha irmã Hayla e minha madrinha Rosane, por sempre me incentivarem e acreditarem em mim mais do que eu mesma. Vocês são meu porto seguro. Meu amor incondicional à vocês.

Aos meus queridos amigos Flavia e Caco Xerfan, que abriram as portas de sua casa para mim e estiveram presentes o tempo todo me incentivando, apoiando, dividindo experiências e compartilhando emoções. Obrigada!

À querida amiga Giovanna Caruso, uma grata surpresa a amizade que nos uniu nesta jornada. Obrigada por partilhar comigo as tristezas e alegrias de ser uma mestranda.

Agradeço ao meu namorado Carlos Eduardo, por todo apoio e por cada minuto do seu tempo dedicado a tornar mais suave a minha caminhada e mais felizes os meus dias. Amo você!

À UNISUAM, seu corpo docente, direção e administração, pela competência e ética dedicadas à formação de profissionais de excelência. Agradeço a oportunidade e a confiança a mim dispensada ao integrar o programa de pós-graduação Stricto Sensu de Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação.

RESUMO

Os múltiplos do equivalente metabólico (MET) são amplamente utilizados para prescrever a intensidade do exercício e quantificar o dispêndio energético das atividades físicas. Um número crescente de evidências empíricas sugere que o valor padrão para 1-MET, representado por um consumo de oxigênio em repouso (VO_2) de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, superestima significativamente o VO_2 em repouso observado em populações com menor aptidão cardiorrespiratória (ACR). **OBJETIVO:** Comparar o valor padrão para 1 MET e o VO_2 em repouso com relação a estas duas aplicações e explorar a associação entre a ACR e o VO_2 de repouso. **MÉTODOS:** Uma amostra heterogênea de 114 homens saudáveis, de 18 a 38 anos, se voluntariou para participar de dois estudos. Primeiro, 100 homens [baixa ACR: $n = 48$, $\text{VO}_{2\text{máx}} < 50,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; elevada ACR: $n = 52$, $\text{VO}_{2\text{máx}} \geq 50,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$] visitaram o laboratório duas vezes para explorar a associação entre o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ diretamente avaliado e o VO_2 repouso. No segundo estudo, 14 homens realizaram uma sessão de 30 minutos de corrida a $8,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (8,3 METs de acordo com o Compêndio de Atividades Físicas) para investigar o uso do MET para quantificar o dispêndio energético da corrida na esteira. **RESULTADOS:** O $\text{VO}_{2\text{máx}}$ teve uma correlação positiva com VO_2 repouso ($R = 0,68$, $P < 0,001$). Os valores médios observados de VO_2 repouso de $3,28$ ($n = 100$) e $3,07$ ($n = 14$) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ foram significativamente inferiores ao valor padrão de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P < 0,001$ e $P = 0,005$, respectivamente). Quando comparado com o valor padrão, os grupos com menor ACR demonstraram valores significativamente mais baixos de VO_2 em repouso de $3,06$ (1ª parte do estudo: $P < 0,001$) e $2,67$ (2ª parte do estudo, $P < 0,001$) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Entretanto, não houve diferença significativa entre os valores, padrão e observado, de VO_2 em repouso para os grupos com maior ACR (1ª parte do estudo: $P = 0,87$, 2ª parte do estudo: $P = 0,78$). Assim, os valores observados para a intensidade do MET_{max} e o dispêndio energético da corrida em esteira foram significativamente subestimados quando calculados usando o valor padrão do VO_2 em repouso de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P = 0,005$ a $P < 0,001$) apenas para os grupos com menor ACR. **CONCLUSÃO:** O valor padrão do MET superestimou consideravelmente o VO_2 em repouso observado em homens com ACR menor. Portanto, se faz preferível a determinação direta do VO_2 de repouso para maior precisão nas aplicações acima mencionadas nesta população.

PALAVRAS-CHAVE: prescrição de exercício; diretrizes e recomendações; avaliação da atividade física; aptidão física; consumo de oxigênio de repouso.

ABSTRACT¹

Multiples of the metabolic equivalent (MET) are widely used to prescribe exercise intensity and quantify the energy cost of physical activities. A growing body of empirical evidence, however, suggests the standardized 1-MET value, represented by a resting oxygen uptake (VO_2) of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, significantly overestimates observed resting VO_2 in populations with lower cardiorespiratory fitness (CRF). **PURPOSE:** Compare the standardized MET and resting VO_2 with respect to these two applications and explore the association between CRF and resting VO_2 . **METHODS:** A heterogeneous cohort of 114 healthy men, aged 18 to 38 yr, volunteered to participate in two studies. First, 100 men [lower CRF: $n = 48$, $\text{VO}_{2\text{max}} < 50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; higher CRF: $n = 52$, $\text{VO}_{2\text{max}} \geq 50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$] visited the laboratory twice to explore the association between directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ and resting VO_2 . Second, 14 men performed a 30-min bout of running at $8.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (8.3 METs according to the Compendium of Physical Activities) to investigate the use of the MET to quantify the energy cost of treadmill running. **RESULTS:** The $\text{VO}_{2\text{max}}$ was positively correlated with resting VO_2 ($R = 0.68$, $P < 0.001$). The mean observed resting VO_2 values of 3.28 ($n = 100$) and 3.07 ($n = 14$) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ were significantly lower than the standardized value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P < 0.001$ and $P = 0.005$, respectively). When compared to the standardized value, groups with lower CRF demonstrated significantly lower mean observed resting VO_2 values of 3.06 (1st part of the study: $P < 0.001$) and 2.67 (2nd part of the study, $P < 0.001$) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. However, no significant difference was observed between standardized and observed resting VO_2 values for the groups with higher CRF (1st part of the study: $P = 0.87$; 2nd part of the study: $P = 0.78$). Hence the observed values for MET_{max} intensity and the energy cost of treadmill running were significantly underestimated when calculated using the standardized resting VO_2 value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P = 0.005$ to $P < 0.001$) only for the groups with lower CRF. **CONCLUSION:** The standardized MET value considerably overestimated observed resting VO_2 in men with lower CRF. Direct determination of resting VO_2 is therefore preferred to improve the accuracy of the aforementioned applications in this population.

KEYWORDS: exercise prescription; guidelines and recommendations; physical activity assessment; physical fitness; resting oxygen uptake.

¹Resumo aceito para apresentação e publicação no ACSM's 64th Annual Meeting, 8th World Congress on Exercise is Medicine® and World Congress on the Basic Science of Exercise and the Brain.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

5-minSS	5 minutos de <i>steady state</i>
ACR	Aptidão cardiorrespiratória
ACSM	American College of Sports and Medicine
AMAD.	Amadores
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CaO _{2máx}	Conteúdo máximo de oxigênio arterial
CDC	Center for Disease Control and Prevention
CHO	Carboidrato
dias·sem ⁻¹	Dias por semana
diff. a-v O ₂	Diferença artério-venosa de oxigênio
DP	Desvio Padrão
ETCC	Estimulação transcraniana por corrente russa
F	Feminino
FC	Frequência cardíaca
FC _{máx}	Frequência cardíaca máxima
h	Horas
HIRT	Treinamento de resistência intervalado de alta intensidade
IMC	Índice de massa corporal
Kcal	Quilocalorias
kcal·min ⁻¹	Quilocalorias por minuto
kg	Quilogramas
kg·m ⁻²	Quilogramas por metro quadrado
M	Masculino

MET	Equivalente metabólico
MET _{máx}	Equivalente metabólico máximo
min	Mínuto
mín	Mínimo
mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	Mililitros por quilograma por minuto
n	Número amostral
PRO.	Profissionais
PSE	Percepção subjetiva de esforço
Q1	Primeiro quintil
Q2	Segundo quintil
Q3	Terceiro quintil
Q4	Quarto quintil
Q5	Quinto quintil
Q _{máx}	Débito cardíaco máximo
s	Segundos
sem.	Semana
SNS	Sistema nervoso simpático
sup.	Suplementação
TA	Treinamento aeróbio
TCPE	Teste cardiopulmonar de exercício
TR	Treinamento resistido
TT	Treinamento tradicional de resistência
VO ₂ de repouso	Consumo de oxigênio em repouso
VO _{2máx}	Consumo máximo de oxigênio
VS	Volume sistólico

LISTA DE SÍMBOLOS

\geq	Maior ou igual que
$<$	Menor que
$=$	Igual
$\%$	Porcentagem
\pm	Mais ou menos
\times	Multiplicação
N	Tamanho amostral
Δ	Delta (variação)
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – O Problema

Tabela 1	Classificação da intensidade do exercício com base em atividades contínuas de 20 a 60 minutos de duração. Adaptado a partir das recomendações do <i>American College of Sports Medicine</i> (ACSM,2013)	15
Tabela 2	Características dos estudos relativas a características da amostra e medida do VO ₂ de repouso.....	19
Tabela 3	Classificação normativa da potência aeróbia máxima (VO ₂ _{máx} em mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) com referência específica à idade e sexo (ACSM 2000).....	35
Tabela 4	Metodologia adotada para medida do VO ₂ de repouso.....	38

CAPÍTULO II – Materiais e Métodos

Tabela 1	Exemplo de determinação de protocolo em rampa.....	53
----------	--	----

CAPÍTULO III – Estudo Original

Tabela 1	Mean ± SD (range) participant characteristics.....	62
Tabela 2	Sample mean ± SD MET _{max} , MET intensity, and energy cost of running computed from the reference MET value and observed resting VO ₂ values. The mean difference (Mean diff), confidence interval (95% CI), and test statistic t (t-test) between the reference vs. observed outcomes also are included.....	65

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO I – O Problema

Quadro 1	Exemplo de classificação de Atividade Física Segundo o <i>Compêndio de Atividades Físicas</i> (AINSWORTH et al., 2011)	15
----------	--	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III – Estudo Original

Figura 1	Relationship between maximal and resting VO_2 values in the 1st part of the study (N = 100). The dashed lines represent the 95 limits of agreement of the best-fit line. Each point represents an individual participant. Pearson correlation coefficient is given.....	63
----------	---	----

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I – O Problema	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	17
<i>1.2.1 Valor padrão vs. medido para 1-MET e os resultados encontrados</i>	17
<i>1.2.2 Relação entre o VO₂ de repouso vs. sexo e idade</i>	30
<i>1.2.3 Relação entre VO₂ de repouso vs. IMC</i>	32
<i>1.2.4 Relação entre VO₂ de repouso vs. aptidão cardiorrespiratória</i>	33
<i>1.2.5 Critérios metodológicos para determinação do VO₂ de repouso</i>	37
1.3 OBJETIVOS	46
<i>1.3.1 Objetivo geral</i>	46
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	46
<i>1.3.3 Organização do estudo</i>	46
1.4 HIPÓTESE	47
CAPÍTULO II – Materiais e Métodos	48
2.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO	48
2.2 AMOSTRAGEM	49
2.3 INSTRUMENTAL	51
<i>2.3.1 Medidas Antropométricas</i>	51
<i>2.3.2 Consumo de Oxigênio de Repouso (VO₂ repouso)</i>	51
<i>2.3.3 Teste Cardiopulmonar de Exercício Máximo (TCPE)</i>	52
<i>2.3.4 Teste Cardiopulmonar de Exercício Submáximo</i>	54
2.4 TRATAMENTO DOS RESULTADOS	55

CAPÍTULO III – Estudo original	56
3.1 INTRODUCTION	57
3.2 METHODS	58
3.2.1 Participants	58
3.2.2 Procedures	58
3.2.3 Statistical Analysis	60
3.3 RESULTS	61
3.4 DISCUSSION	66
3.5 CONCLUSION	68
3.6 PRACTICAL IMPLICATIONS	68
REFERENCES	69
CAPÍTULO IV – Considerações Finais	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
LISTA DE ANEXOS	
ANEXO 1 Anamnese - Questionário de prontidão para atividade física (PAR-Q)	84
ANEXO 2 Termo de informação e consentimento	86
ANEXO 3 Aprovação do comitê de ética em pesquisa	88
ANEXO 4 Formato final do artigo submetido ao <i>International Journal of Sports Medicine</i> (IJSM)	89

CAPÍTULO I

O Problema

1.1 INTRODUÇÃO

O *American College of Sports Medicine* (ACSM) define a atividade física como o movimento corporal produzido pela contração do músculo esquelético que eleva substancialmente o dispêndio energético em relação ao repouso (ACSM, 2013). Já o exercício físico é definido como uma atividade física planejada, estruturada e repetida com a finalidade de aprimorar ou de manter um ou mais componentes da aptidão física relacionados com a saúde, por exemplo, a aptidão cardiorrespiratória, a força muscular, a flexibilidade e a composição corporal (ACSM, 2013). Nesse aspecto, a prática regular de exercícios físicos tem sido considerada uma importante estratégia de saúde pública (HASKELL et al., 2007; GARBER et al., 2011), em virtude da associação entre aptidão cardiorrespiratória reduzida e maior risco de morbimortalidade por doenças cardiovasculares e metabólicas (BLAIR et al., 1995; MYERS et al., 2002). Por outro lado, as altas taxas de sedentarismo (CDC, 1998; 2007) e conseqüentemente, a crescente prevalência de doenças hipocinéticas (LAAKSONEN et al., 2002; EKELUND et al., 2012), especialmente a obesidade (OGDEN et al., 2006), destacam a necessidade de identificar métodos efetivos de prescrição dos exercícios.

Sabe-se que o exercício aeróbio é valioso por induzir adaptações fisiológicas associadas ao aprimoramento da saúde (JONES; CARTER, 2000; SWAIN; FRANKLIN, 2006). Para isso, alguns princípios básicos são adotados, independentemente da idade, nível de aptidão ou condição clínica dos indivíduos. Tais princípios são essenciais para uma

prescrição sistemática e individualizada, incluindo a intensidade, duração, frequência e modo do exercício (HASKELL et al., 2007; GARBER et al., 2011; FLETCHER et al., 2013). A intensidade do exercício aeróbio pode ser estabelecida de acordo com as recomendações do ACSM (2013), a partir de diferentes tipos de parâmetros, como a frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) estimada ou medida, consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), percepção subjetiva de esforço (PSE) e o equivalente metabólico máximo ($MET_{máx}$).

O $MET_{máx}$, razão entre o consumo de oxigênio máximo e de repouso, é um conceito amplamente adotado para classificar a aptidão cardiorrespiratória e quantificar o dispêndio energético e a intensidade do exercício aeróbio (ACSM, 2013). Na maior parte dos casos assume-se que 1-MET equivaleria a um VO_2 de repouso de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (AINSWORTH et al., 2011; GARBER et al., 2011; JETTE; SIDNEY; BLUMCHEN, 1990). Há uma premissa de que o valor de referência para 1-MET foi derivado a partir do VO_2 de repouso observado em um único homem com 40 anos de idade e massa corporal de aproximadamente 70 kg (HOWLEY, E.T., 2000; WASSERMAN et al., 1994).

Logo, para promover saúde, o ACSM recomenda uma frequência semanal ≥ 5 dias \cdot sem $^{-1}$ de exercícios de moderada-intensidade [3,0-5,9 METs]; ou ≥ 3 dias \cdot sem $^{-1}$ de exercícios de vigorosa-intensidade [$\geq 6,0$ METs] (ver Tabela 1); ou a combinação de exercícios de moderada a vigorosa-intensidade, e um dispêndio energético alvo de 150 a 400 kcal por sessão de exercício ou 1000 a 2000 kcal por semana (GARBER et al., 2011; ACSM, 2013).

Tabela 1. Classificação da intensidade do exercício com base em atividades contínuas de 20 a 60 minutos de duração. Adaptado a partir das recomendações do *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2013).

Intensidade	Intensidade absoluta (MET) por idade			
	METs	Jovens (20-39 anos)	Meia-idade (40-64 anos)	Idosos (≥ 65 anos)
Muito leve	<2,0	<2,4	<2,0	<1,6
Leve	2,0-2,9	2,4-4,7	2,0-3,9	1,6-3,1
Moderada	3,0-5,9	4,8-7,1	4,0-5,9	3,2-4,7
Vigorosa	6,0-8,7	7,2-10,1	6,0-8,4	4,8-6,7
Próximo do máximo	≥8,8	≥10,2	≥8,5	≥6,8

MET = equivalente metabólico.

O dispêndio energético das sessões de exercício pode ser expresso como múltiplos da taxa metabólica de repouso (ex.: VO_2 de repouso), multiplicando-se a massa corporal (kg) pelo valor do MET e pela duração da atividade [ex.: dispêndio energético ($\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$) = [(MET da atividade \times massa corporal (kg) \times duração da atividade (horas)] (AINSWORTH et al., 2011). O MET estimado para diferentes atividades e intensidades pode ser obtido pelo *Compêndio de Atividades Físicas* proposto por Ainsworth et al. (2011), organizado em um sistema de codificação que emprega códigos com 5 dígitos para categorizar as atividades pelo propósito principal ou por grupo principal (2 primeiros dígitos), atividades específicas (últimos 3 dígitos) e intensidade (dois ou três dígitos na coluna separada), como exemplificado abaixo (Quadro 1):

Quadro 1. Exemplo de classificação de Atividade Física segundo o *Compêndio de Atividades Físicas* (AINSWORTH et al., 2011)

Código	MET	Contexto Principal	Atividade Específica (exemplos)
01009	8,5	Ciclismo	Ciclismo, BMX ou montanha
01010	4,0	Ciclismo	Ciclismo, < 16 km/h, geral, lazer, para trabalho ou prazer (cód. 115 de Taylor)
01015	8,0	Ciclismo	Ciclismo, velocidade em geral
01020	6,0	Ciclismo	Ciclismo, 16 a 19 km/h, lazer, lento, esforço leve
01030	8,0	Ciclismo	Ciclismo, 19 a 22 km/h, lazer, esforço moderado
01040	10,0	Ciclismo	Ciclismo, 22 a 25 km/h, corrida ou lazer, rápido, esforço vigoroso
01050	12,0	Ciclismo	Ciclismo, 25 a 30 km/h, corrida/sem explosão ou > 30 km/h, explosivo, muito veloz, corrida em geral
01060	16,0	Ciclismo	Ciclismo, > 32 km/h, corrida, sem explosão

Apesar de sua aceitação, vários fatores podem interferir no VO_2 de repouso, como idade, sexo, massa corporal, massa muscular, massa gorda, aptidão cardiorrespiratória entre outros (BOSY-WESTPHAL et al., 2009; NIELSEN et al., 2000; TOTH, 2001). Porém, o valor padrão para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ pode superestimar o valor real medido em indivíduos adultos em até 54% [$1,61 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$] (BYRNE et al., 2005). Assim, uma intensidade de prescrição de exercício $\geq 6,0$ METs baseada no valor de 1-MET como sendo de $3,5$ ou $1,61 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, corresponderia, respectivamente, a um VO_2 de $21,0$ e $9,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, refletindo um erro de superestimativa acima de 50%. Portanto, esse tópico carece de investigações adicionais para um melhor entendimento.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Valor padrão vs. medido para 1-MET e os resultados encontrados

Nos últimos anos, o valor de referência para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ tem sido amplamente questionado. De fato, estudos prévios observaram que o VO_2 de repouso é significativamente menor do que o valor padrão estabelecido pela literatura de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (ver Tabela 2). Byrne et al. (2005) mediram o VO_2 de repouso em um grupo de 642 mulheres e 127 homens de 18 a 74 anos de idade e massa corporal de 35 a 186 kg. O valor obtido para o VO_2 de repouso foi de $2,6 \pm 0,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, sendo significativamente menor que os valor de 1-MET geralmente aceito, de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Em uma subamostra com 156 indivíduos (78 homens e 78 mulheres entre 18-70 anos de idade e IMC de $13,8 - 51,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), os autores observaram que o VO_2 repouso diferenciou-se significativamente entre homens e mulheres (ex.: $2,67 \pm 0,48 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e $2,50 \pm 0,47 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente).

Em outro estudo, Savage; Toth; Ades (2007) mediram o VO_2 de repouso em um grupo de 109 (60 homens e 49 mulheres) indivíduos com sobrepeso e com insuficiência cardíaca. O VO_2 de repouso foi 36% menor do que o valor amplamente aceito para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (média \pm DP: $2,6 \pm 0,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Kozey et al. (2010), por exemplo, mediram o VO_2 de repouso em 252 indivíduos (118 homens e 134 mulheres), categorizando a amostra por faixa etária (ex.: 20, 30, 40 e 50 anos), massa corporal (normoponderal: $\text{IMC} < 25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$; sobrepeso: $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) e pelo nível de atividade física (Q1 menor aptidão física – Q5 maior aptidão física). Os autores concluíram que o VO_2 de repouso é menor nas mulheres do que nos homens, sendo também influenciado pela da idade, massa corporal, e nível de aptidão física. Recentemente, Cunha et al. (2013a) investigaram o VO_2 de repouso em 125 homens saudáveis de 17 a 38 anos de idade e massa corporal de 52,6 a 110,9 kg. O valor médio para o

VO₂ de repouso de 3,21 (2,00-4,40) mL·kg⁻¹·min⁻¹ foi significativamente menor do que o valor padrão de 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (diferença média = 0,29 mL·kg⁻¹·min⁻¹; *P* < 0,001). Logo, em se tratando de populações heterogêneas, a adoção de um valor de referência para 1-MET de 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ parece ser um fator limitante para a prescrição do exercício aeróbio baseada nos METs da atividade.

A Tabela 2 apresenta o VO₂ de repouso medido por 77 estudos em diferentes populações (n = 8.734). Tais estudos experimentais foram obtidos através de pesquisas em bases de dados bibliográficos (Ovid, MEDLINE, SPORTDiscus, PubMed, e SCIELO) utilizando, isoladamente ou combinados, os seguintes termos de busca: “*energy metabolism*”, “*basal metabolism*”, “*metabolic equivalent*”, “*resting oxygen uptake*”, “*resting energy expenditure*”, “*resting metabolic rate*”, “*indirect calorimetry*”.

Com o intuito de aprofundar a discussão sobre as possíveis diferenças entre o valor padrão e medido para 1-MET (VO₂ de repouso em mL·kg⁻¹·min⁻¹), os valores médios ± DP para o VO₂ de repouso foram agrupados em função do sexo (masculino e feminino), idade (crianças e adolescentes: < 18 anos; jovens: 18-40 anos de idade; meia-idade: > 40-65 anos; idosos: > 65 anos) e massa corporal (IMC: normoponderal < 25,0 kg·m⁻²; sobrepeso ≥ 25,0 kg·m⁻²; obeso ≥ 30,0 kg·m⁻²). Outrossim, será discutida a influência do nível de aptidão cardiorrespiratória e as adaptações crônicas induzidas pelo exercício físico sobre o VO₂ de repouso.

Tabela 2. Características dos estudos relativas a características da amostra e medida do VO₂ de repouso.

Estudos	Sexo M /F	Características da Amostra				1-MET	
		Grupos	(n)	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ Média ± DP
JUNG; SHETTY; JAMES (1980)	F	Obesas - Grupo controle	(4)	39,3	91,3	N.I.	2,34 ± 0,12
		Obesas - Uso de propranolol	(6)	45,0	96,0	N.I.	2,21 ± 0,09
POEHLMAN et al. (1988)	M	Não-Treinados	(9)	23,1	77,8	180,0	3,01 ± 0,10
		Altamente treinados	(9)	26,8	70,0	179,0	3,69 ± 0,14
POEHLMAN et al. (1989)	M	Não-Treinados	(9)	22,9	79,8	180,0	3,11 ± 0,13
		Moderadamente treinados	(11)	22,7	74,1	180,0	3,05 ± 0,08
		Altamente treinados	(8)	26,3	70,8	180,0	3,70 ± 0,14
BANDINI; SCHOELLER; DIETZ (1990)	M	Eutróficos	(14)	14,5	56,4	167,1	4,29 ± 0,45
	M	Obesos	(18)	14,4	94,2	165,7	3,32 ± 0,55
	F	Eutróficos	(14)	14,3	55,7	161,7	3,59 ± 0,33
	F	Obesos	(16)	15,2	97,4	164,0	2,73 ± 0,05
POEHLMAN; MELBY; BADYLAK (1991)	M	Jovens sedentários	(10)	24,1	72,3	177,4	3,21 ± 0,11
		Jovens fisicamente ativos	(10)	22,9	77,0	179,5	3,01 ± 0,10
		Idosos sedentários	(7)	63,0	83,1	179,2	2,50 ± 0,07
		Idosos fisicamente ativos	(9)	57,9	75,7	177,7	2,85 ± 0,11
POEHLMAN; DANFORTH (1991)	M/F	Pré-treinamento	(19)	64,0	74,0	170,0	2,67 ± 0,09
		Pós 8 sem. de treinamento aeróbio	(19)	64,0	74,2	170,0	2,96 ± 0,09
BROEDER et al. (1992a)	M	Baixa aptidão cardiorrespiratória	(21)	26,4	88,2	178,0	2,95 ± 0,09
		Moderada aptidão cardiorrespiratória	(38)	22,8	77,1	176,0	3,27 ± 0,05
		Alta aptidão cardiorrespiratória	(10)	25,4	66,6	178,0	3,88 ± 0,15

Tabela 2. Continuação

		Controle (linha de base)	(19)		79,6	N.I.	3,32 ± 0,10
		Controle (Pós 12 sem.)			79,9	N.I.	3,28 ± 0,08
BROEDER et al. (1992b)	M	Treinamento de força (linha de base)	(13)	27,0	81,6	N.I.	3,14 ± 0,10
	M	Treinamento de força (pós 12 sem.)			81,6	N.I.	3,24 ± 0,12
	M	Treinamento aeróbio (linha de base)	(15)		79,0	N.I.	3,16 ± 0,08
		Treinamento aeróbio (pós 12 sem.)			77,9	N.I.	3,26 ± 0,08
GORAN; POEHLMAN (1992)	M/F	Pré-treinamento	(11)	66,0	71,11	170,0	3,12 ± 0,42
		Pós 8 sem. de treinamento aeróbio			71,07	170,0	3,45 ± 0,33
ARCIERO; GORAN; POEHLMAN (1993)	M	Aparentemente saudáveis	(328)	42,0	77,6	177,0	3,11 ± 0,36
	F		(194)	45,0	61,9	163,8	3,02 ± 0,28
DRESSENDORFER et al. (1993)	M	Uso de betabloqueador	(113)	56,6	80,0	177,0	3,09 ± 0,41
	M	Sem betabloqueador	(69)	56,5	80,2	178,0	3,34 ± 0,45
	M	Antes da descontinuação do uso de Betabloqueador	(19)	54,5	79,6	177,0	3,11 ± 0,60
	M	Após a descontinuação do uso de Betabloqueador	(19)	54,8	77,8	178,0	3,39 ± 0,52
PRATLEY et al. (1994)	M	Pré-treinamento	(13)	57,0	82,4	178,0	2,73 ± 0,10
		Pós 16 sem. de treinamento de força			82,1	178,0	2,95 ± 0,10
BANDINI et al. (1995)	F	Idade pré-menarca	(186)	10,1	32,9	140,3	5,10 ± 0,62
SWAIN; LEUTHOLTZ (1997)	M	Aparentemente saudáveis	(33)	30,0	76,1	177,0	4,07 ± 0,26
	F	Aparentemente saudáveis	(30)	27,0	61,4	165,0	3,91 ± 0,33
VAN PELT et al. (1997)	F	Sedentárias (Pré-menopausa)	(12)	29,0	62,2	166,0	4,47 ± 0,35
	F	Sedentárias (Pós-menopausa)	(15)	61,0	70,5	162,0	3,41 ± 0,15
	F	Fisicamente Ativas (Pré-menopausa)	(13)	31,0	54,3	166,0	6,15 ± 0,36
	F	Fisicamente ativas (Pós-menopausa)	(15)	58,0	58,9	167,0	4,70 ± 0,33

Tabela 2. Continuação

DOLEZAL; POTTEIGER (1998)	M	Treinamento de força (linha de base)	(10)	20,1	76,9	N.I.	3,29 ± 0,42		
		Treinamento de força (pós 10 sem)			78,5	N.I.	3,42 ± 0,40		
		Treinamento aeróbio (linha de base)			74,0	N.I.	3,24 ± 0,25		
		Treinamento aeróbio (pós 10 sem)			71,5	N.I.	3,26 ± 0,31		
		Treinamento concorrente (linha de base)			72,8	N.I.	3,40 ± 0,44		
		Treinamento concorrente (pós 10 sem)			73,4	N.I.	3,53 ± 0,44		
TREUTH et al. (1998)	F	Treinamento de força (linha de base)	(11)	8,7	46,6	136,0	3,82 ± 0,42		
		Treinamento de força (pós 5 meses)			50,6	138,3	3,76 ± 0,52		
		Grupo controle (linha de base)			(11)	8,4	29,1	130,3	5,06 ± 0,54
		Grupo controle (pós 5 meses)				9,0	32,0	134,3	5,03 ± 0,31
SWAIN et al. (1998)	M	Aparentemente saudáveis	(26)	26,0	78,2	176,0	3,40 ± 0,20		
	F	Aparentemente saudáveis	(24)	25,0	59,9	162,0	2,70 ± 0,20		
ROEMMICH et al. (2000)	M	Pré-púbere	(14)	10,9	34,8	143,1	4,97 ± 0,16		
	M	Púbere	(14)	13,4	52,0	162,2	4,34 ± 0,21		
	F	Pré-púbere	(13)	10,2	34,7	136,6	4,87 ± 0,12		
	F	Púbere	(18)	12,8	51,2	158,1	3,69 ± 0,10		
HUNTER et al. (2000)	M/F	Idosos (linha de base)	(15)	66,8	70,4	N.I.	2,54 ± 0,25		
		Idosos (pós 26 sem de treinamento com pesos)			69,8	N.I.	2,74 ± 0,27		
LEMMER et al. (2001)	M	Jovens - treinamento de força (linha de base)	(10)	25,0	84,4	177,0	2,79 ± 0,52		
	M	Jovens - treinamento de força (pós 24 sem)			84,6	N.I.	3,03 ± 0,54		
	F	Jovens -treinamento de força (linha de base)	(9)	26,0	64,7	168,0	2,71 ± 0,48		
	F	Jovens - treinamento de força (pós 24 sem)			67,2	N.I.	2,68 ± 0,35		
	M	Idosos - treinamento de força (linha de base)	(11)	69,0	80,8	173,0	2,55 ± 0,21		
	M	Idosos - treinamento de força (pós 24 sem)			81,1	N.I.	2,76 ± 0,24		
	F	Idosos -treinamento de força (linha de base)	(10)	68,0	69,9	162,0	2,42 ± 0,42		
	F	Idosos - treinamento de força (pós 24 sem)			71,1	N.I.	2,49 ± 0,34		

Tabela 2. Continuação

GILLIAT-WIMBERLY et al. (2001)	F	Fisicamente ativas	(18)	42,0	58,3	164,6	5,21 ± 1,33
		Sedentárias	(14)	42,0	63,9	167,4	4,50 ± 0,99
VAN PELT et al. (2001)	M	Sedentários (jovens)	(32)	26,0	77,9	179,0	4,61 ± 0,18
		Sedentários (idosos)	(34)	62,0	82,1	175,0	4,03 ± 0,21
		Fisicamente Ativos (jovens)	(39)	27,0	72,8	179,0	6,80 ± 0,28
		Fisicamente ativos (idosos)	(32)	63,0	72,4	175,0	4,73 ± 0,17
BELL et al. (2001)	M/F	Jovens	(29)	27,0	69,0	173,0	3,11 ± 0,25
	M/F	Idosos	(26)	66,0	71,0	170,0	2,67 ± 0,26
	M/F	Sedentários	(25)	46,0	76,0	172,0	2,62 ± 0,26
	M/F	Fisicamente ativos	(30)	45,0	65,0	172,0	3,19 ± 0,33
	M	Influência do sexo	(29)	47,0	79,0	178,0	3,71 ± 0,29
	F		(26)	44,0	60,0	165,0	2,28 ± 0,40
BYRNE; WILMORE (2001a)	F	Treinamento de força (linha de base)	(10)	39,1	81,1	168,3	2,56 ± 0,11
		Treinamento de força (pós 20 sem)		39,1	83,1	168,3	2,59 ± 0,11
		Treinamento de força e caminhada (linha de base)	(9)	35,9	74,7	163,9	2,66 ± 0,08
		Treinamento de força e caminhada (pós 20 sem)		35,9	76,4	163,9	2,50 ± 0,09
		Grupo controle	(9)	38,9	67,9	166,4	2,97 ± 0,07
		Grupo controle		38,9	68,9	166,4	2,96 ± 0,07
BYRNE; WILMORE (2001b)	F	Praticantes de treinamento aeróbio	(21)	29,3	59,7	167,6	3,43 ± 0,08
		Praticantes de treinamento resistido	(20)	27,8	62,5	165,3	3,29 ± 0,06
		Destreinadas	(20)	36,0	66,4	166,6	2,93 ± 0,06
		Altamente treinadas (TA ou TR 2-3 dias·sem ⁻¹)	(20)	30,7	59,7	166,9	3,26 ± 0,08
		Moderadamente treinadas (TA ou TR ≥ 5 dias·sem ⁻¹)	(21)	26,5	62,3	166,1	3,47 ± 0,06
BYRNE; HILLS (2002)	M	Obesos sedentários	(15)	42,5	117,1	165,5	2,78 ± 0,10
	F	Obesos sedentários	(17)	41,8	101,4	143,3	2,46 ± 0,07
GUNN et al. (2002)	M	Adultos saudáveis	(12)	38,8	86,0	179,5	2,90 ± 0,20
	F	Adultos saudáveis	(12)	39,9	75,9	163,8	2,80 ± 0,40

Tabela 2. Continuação

YOSHIGA; HIGUCHI, OKA (2003)	M	Idosos (posição sentada)	(15)	62,0	70,0	172,0	5,71 ± 2,86
		Idosos (posição de pé)					5,71 ± 2,86
COLBERG; SWAIN; VINIK (2003)	M/F	Diabéticos com Neuropatia Autonômica	(13)	62,9	88,3	170,0	2,90 ± 0,40
	M/F	Diabéticos sem Neuropatia Autonômica	(10)	58,0	94,8	173,0	2,90 ± 0,40
LAZZER et al. (2003)	M	Eutróficos	(23)	14,2	51,8	17,6	4,83 ± 0,16
		Obesos	(13)	13,5	89,9	41,6	3,18 ± 0,07
	F	Eutróficos	(27)	13,8	47,5	21,8	4,47 ± 0,17
		Obesas	(14)	14,7	94,2	44,5	2,78 ± 0,11
GUNN et al. (2004)	M	Aparentemente saudáveis	(36)	40,0	83,4	179,5	3,00 ± 0,30
KWAN; WOO; KWOK (2004)	M	Jovens	(50)	37,44	66,5	168,0	3,03 ± 0,20
	F		(88)	39,3	54,8	155,0	3,32 ± 0,40
	M	Idosos	(35)	73,8	63,6	163,0	2,84 ± 1,40
	F		(35)	71,3	57,3	151,0	2,82 ± 2,40
REEVES et al. (2004)	M/F	Pacientes com câncer e sujeitos saudáveis (5-min SS)	(21)	61,0	80,4	171,0	2,99 ± 0,58
	M/F	Pacientes com câncer e sujeitos saudáveis	(18)	63,0	73,1	166,0	2,69 ± 0,83
DIONNE et al. (2004)	F	Jovens - treinamento de força (linha de base)	(19)	27,8	59,1	164,7	3,24 ± 0,27
		Jovens - treinamento de força (pós 6 meses)		N.I.	60,8	164,6	3,31 ± 0,32
		Idosas -treinamento de força (linha de base)	(12)	66,6	64,2	158,8	2,73 ± 0,43
		Idosas - treinamento de força (pós 6 sem)		N.I.	64,4	158,4	2,69 ± 0,38
KREMS et al. (2005)	F	Jovens	(159)	24,8	59,9	168,4	3,22 ± 0,38
		Idosas	(132)	69,9	68,1	160,2	2,66 ± 0,33
	M	Jovens	(67)	26,8	77,0	181,8	3,39 ± 0,40
		Idosos	(84)	68,9	77,7	172,6	2,87 ± 0,29
GUNN et al. (2005)	M	Aparentemente saudáveis	(50)	60,6	82,6	175,8	2,90 ± 0,20

Tabela 2. Continuação

BYRNE et al. (2005)	F	Amostra Heterogênea	(593)	38,2	80,5	N.I.	2,54 ± 0,29
	M		(78)	38,3	98,0	N.I.	2,67 ± 0,47
	F	Subamostra pareada pelo sexo, idade e IMC	(78)	38,5	84,5	N.I.	2,50 ± 0,47
	M		(78)	38,3	98,0	N.I.	2,67 ± 0,47
DALLECK; KRAVITZ (2006)	F	Adultos saudáveis	(24)	32,1	64,4	164,0	3,60 ± 0,40
	M		(24)	29,2	84,2	180,0	3,70 ± 0,30
HUI; CHAN (2006)	M	Crianças e adolescentes	(28)	13,9	52,0	162,7	3,90 ± 0,70
	F		(21)	13,1	49,5	153,8	3,20 ± 0,70
WAHRLICH et al. (2006)	M/F	Analizador metabólico DELTATRAC	(25)	40,8	70,1	167,0	2,77 ± 0,20
		Analizador metabólico VO2000					2,71 ± 0,20
WITHERS et al. (2006)	F	Aparentemente saudáveis	(50)	59,3	69,4	161,5	2,70 ± 0,30
LOUNANA et al. (2007)	M	Ciclistas de Elite Amadores (AMAD.)	(11)	24,5	71,5	179,9	4,22 ± 0,20
		Ciclistas Profissionais (PRO.)	(15)	25,5	70,6	182,6	4,35 ± 0,30
MEZZANI et al. (2007)	M/F	N (normal - grupo controle)	(40)	55,0	73,0	N.I.	4,63 ± 1,01
	M/F	Insuficiência Cardíaca	(388)	57,0	72,0	N.I.	3,72 ± 0,93
	M/F	Insuficiência Cardíaca (uso de betabloqueador)	(213)	56,0	72,0	N.I.	3,67 ± 0,90
	M/F	Insuficiência Cardíaca (sem betabloqueador)	(175)	58,0	72,0	N.I.	3,79 ± 0,96
SAVAGE; TOTH; ADES (2007)	F	Diagnóstico de Doença Coronariana e IMC >25 kg·m ⁻²	(60)	63,0	97,4	N.I.	2,61 ± 0,50
	M		(49)	69,0	79,9	N.I.	2,56 ± 0,30
DAVENPORT et al. (2008)	F	Gestantes - Grupo 1	(80)	31,4	88,3	167,0	3,71 ± 0,81
		Gestantes - Grupo 2 (validação cruzada)	(26)	30,6	83,7	162,0	3,76 ± 0,79
PINET et al. (2008)	M/F	Obesos - IMC = 27.1 - 32.1 kg·m ⁻²	(23)	45,0	85,7	167,0	2,70 ± 0,50
	M/F	Obesos - IMC = 32.9 - 35.8 kg·m ⁻²	(23)	43,0	94,0	166,0	2,40 ± 0,40
	M/F	Obesos - IMC = 36.0 - 46.6 kg·m ⁻²	(22)	48,0	113,3	168,0	2,30 ± 0,40

Tabela 2. Continuação

HUNTER et al. (2008)	F	Africanas - treinamento aeróbio (linha de base)	(14)	34,7	75,4	162,0	2,34 ± 0,13																				
		Africanas - treinamento aeróbio (pós 25 sem)					2,68 ± 0,35																				
		Européias - treinamento aeróbio (linha de base)					(16)	35,9	77,7	165,0	2,49 ± 0,21																
		Européias - treinamento aeróbio (pós 25 sem)									2,81 ± 0,33																
		Africanas - treinamento de força (linha de base)									(20)	34,1	74,6	163,0	2,40 ± 0,21												
		Africanas - treinamento de força (pós 25 sem)													2,68 ± 0,30												
		Européias - treinamento de força (linha de base)													(17)	35,6	80,8	166,7	2,44 ± 0,25								
		Européias - treinamento de força (pós 25 sem)																	2,79 ± 0,29								
		Africanas - grupo controle (linha de base)																	(14)	33,9	78,0	166,0	2,36 ± 0,14				
		Africanas - grupo controle (pós 25 sem)																					2,66 ± 0,21				
		Européias - grupo controle (linha de base)																					(13)	35,7	80,7	167,0	2,46 ± 0,21
		Européias - grupo controle (pós 25 sem)																									2,68 ± 0,21
		Máscara Facial - 10 min de medida																									(23)
Máscara Facial - 15 min de medida	5,19 ± 1,01																										
Máscara Facial - 20 min de medida	5,27 ± 1,12																										
Máscara Facial - 25 min de medida	5,33 ± 1,15																										
Máscara Facial - 30 min de medida	5,22 ± 1,04																										
Clipe nasal/bocal- 10 min de medida	5,46 ± 1,12																										
Clipe nasal/bocal- 15 min de medida	5,63 ± 1,28																										
Clipe nasal/bocal- 20 min de medida	5,38 ± 1,48																										
Clipe nasal/bocal- 25 min de medida	5,33 ± 1,34																										
Clipe nasal/bocal- 30 min de medida	5,27 ± 1,28																										
CUNHA et al. (2010)	M	Posição deitado	(33)	21,0	70,8	175,6	3,00 ± 0,40																				
		Posição sentado					3,70 ± 0,40																				
		Posição de pé					4,10 ± 0,40																				

Tabela 2. Continuação

KOZEY et al. (2010)	M	Em função do sexo	(118)	37,3	N.I.	N.I.	3,40 ± 0,50
	F		(134)	38,6	N.I.	N.I.	3,20 ± 0,46
	M/F	Normoponderais (IMC < 25 kg·m ⁻²)	(159)	37,1	N.I.	N.I.	3,50 ± 0,45
		Sobrepeso (IMC ≥ 25 kg·m ⁻²)	(93)	39,4	N.I.	N.I.	3,00 ± 0,39
	M/F	Em função da idade: 20 anos	(70)	22,7	N.I.	N.I.	3,50 ± 0,48
		Em função da idade: 30 anos	(69)	33,3	N.I.	N.I.	3,30 ± 0,47
		Em função da idade: 40 anos	(53)	45,0	N.I.	N.I.	3,20 ± 0,51
		Em função da idade: 50 anos	(59)	54,6	N.I.	N.I.	3,10 ± 0,37
		Em função da aptidão física: Q1 (menor)	(20)	41,3	N.I.	N.I.	2,70 ± 0,28
		Em função da aptidão física: Q2	(31)	37,0	N.I.	N.I.	3,20 ± 0,41
	M/F	Em função da aptidão física: Q3	(73)	35,1	N.I.	N.I.	3,30 ± 0,45
		Em função da aptidão física: Q4	(88)	34,7	N.I.	N.I.	3,50 ± 0,45
		Em função da aptidão física: Q5 (maior)	(39)	50,2	N.I.	N.I.	3,30 ± 0,39
SERGI et al. (2010)	F	Idosas fisicamente independentes	(81)	70,4	64,7	156,0	2,90 ± 0,40
COLLINS et al. (2010)	M/F	Lesão na medula espinhal (C5-C8)	(32)	53,0	78,2	178,7	2,52 ± 0,50
	M/F	Lesão na medula espinhal (T1-L4)	(34)	51,6	74,9	177,3	2,77 ± 0,47
LEE et al. (2010)	M	Paraplégicos com diferentes níveis de lesão	(19)	22,53	66,26	164,95	2,92 ± 0,49
	F		(12)	26,75	51,42	155,42	2,82 ± 0,47
CARLSOHN et al. (2011)	F	Atletas de remo e canoagem alemães	(9)	23,3	69,3	175,0	3,16 ± 0,51
	M		(8)	23,0	92,9	193,0	4,00 ± 0,79
FRANKENFIELD (2011)	M/F	Pacientes idosos, obesos e criticamente doentes	(50)	70,0	109,0	168,0	2,62 ± 0,46
CUNHA et al. (2011)	M	Fisicamente ativos	(28)	21,0	71,0	176,0	2,90 ± 0,40
OSHIMA et al. (2011)	M	Pequena dimensão corporal (IMC = 22,9 ± 1,5 kg·m ⁻²)	(19)	18,8	67,1	171,2	3,40 ± 0,30
		Média dimensão corporal (IMC = 25,3 ± 2,0 kg·m ⁻²)	(19)	19,7	77,1	174,8	3,36 ± 0,25
		Grande dimensão corporal (IMC = 28,1 ± 3,4 kg·m ⁻²)	(19)	20,5	90,9	180,0	3,15 ± 0,24

Tabela 2. Continuação

TAGUCHI et al. (2011)	F	Pequena dimensão corporal (IMC = $18,9 \pm 1,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	(34)	20,2	48,1	171,5	$3,21 \pm 0,43$								
		Média dimensão corporal (IMC = $21,7 \pm 1,4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	(34)	20,1	56,9	161,9	$3,03 \pm 0,32$								
		Grande dimensão corporal (IMC = $24,5 \pm 2,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	(25)	20,5	69,2	168,4	$2,97 \pm 0,28$								
MONTENEGRO et al. (2012)	M/F	Sobrepeso (IMC $\geq 25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	(9)	24,0	84,7	173,9	$2,90 \pm 0,80$								
ABRANTES et al. (2012)	M	Medida pré TCPE em esteira	(20)	22,5	72,6	177,7	$4,37 \pm 1,10$								
		Medida pré TCPE em cicloergômetro					$4,63 \pm 1,09$								
PAOLI et al. (2012)	M	Basal - treinamento de força tradicional (TT ₀)	(18)	28,0	84,0	174,0	$3,14 \pm 0,15$								
		Após 22 h - treinamento de força tradicional (TT ₂₂)					$3,31 \pm 0,15$								
		Basal - treinamento de alta intensidade (HIRT ₀)					$3,16 \pm 0,15$								
		Após 22 h - treinamento de alta intensidade (HIRT ₂₂)					$3,91 \pm 0,20$								
CUNHA et al. (2013b)	M	Medida 1 (média obtida entre o 35° e 40° min)	(33)	22,0	74,0	174,0	$3,00 \pm 0,76$								
		Medida 2 (média obtida entre o 35° e 40° min)					$2,99 \pm 0,69$								
HUNTER et al. (2013)	F	Treinamento concorrente 1 dia·sem ⁻¹ (linha de base)	(22)	65,6	78,1	167,0	$3,66 \pm 0,75$								
		Treinamento concorrente 1 dia·sem ⁻¹ (pós 16 sem)					$3,74 \pm 0,66$								
		Treinamento concorrente 2 dias·sem ⁻¹ (linha de base)					(26)	64,2	74,2	165,0	$3,81 \pm 0,76$				
		Treinamento concorrente 2 dias·sem ⁻¹ (pós 16 sem)									$4,44 \pm 0,88$				
		Treinamento concorrente 3 dias·sem ⁻¹ (linha de base)									(22)	64,6	68,3	164,0	$4,02 \pm 0,73$
		Treinamento concorrente 3 dias·sem ⁻¹ (pós 16 sem)													$3,90 \pm 0,71$
CUNHA et al. (2013a)	M	Aparentemente saudáveis	(125)	22,0	73,5	176,3									$3,21 \pm 0,47$
FRANKENFIELD; COLEMAN (2013)	M/F	Não-Obesos (MedGem)	(40)	35,0	64,0	165,0									$3,14 \pm 0,50$
		Não-Obesos (Deltatrac/Supina)					$3,05 \pm 0,41$								
		Não-Obesos (Deltatrac/Semi-recumbente)					$3,00 \pm 0,41$								
		Obesos (MedGem)					$2,42 \pm 0,51$								
		Obesos (Deltatrac/Supina)					(60)	50,0	113,0	168,0	$2,25 \pm 0,42$				
		Obesos (Deltatrac/Semi-recumbente)					$2,16 \pm 0,54$								

Tabela 2. Continuação

		Pré-ETCCanódica					3,80 ± 0,60
MONTENEGRO et al. (2013)	M	Pré-ETCCsham	(11)	23,0	80,6	173,4	3,50 ± 0,90
		Pós-ETCCanódica					4,10 ± 0,80
		Pós-ETCCsham					3,40 ± 1,50
WILMS et al. (2014)	F	Obesos	(960)	41,7	112,0	?	2,36 ± 0,40
	M		(371)	44,5	133,7	?	2,51 ± 0,42
CUNHA et al. (2014)	M	Aparentemente saudáveis	(16)	21,0	77,5	175,5	3,00 ± 0,50
		Treinamento de força + sup. com Whey (linha de base)	(18)	22,8	74,1	171,8	3,21 ± 0,60
		Treinamento de força + sup. com Whey (pós 9 meses)			77,2		3,28 ± 0,56
ARISTIZABAL et al. (2015)	M/F	Treinamento de força + sup. com Soja (linha de base)	(21)	24,0	72,0	170,5	3,05 ± 0,46
		Treinamento de força + sup. com Soja (pós 9 meses)			74,2		3,09 ± 0,40
		Treinamento de força + sup. com CHO (linha de base)	(22)	22,3	72,4	172,0	3,21 ± 0,65
		Treinamento de força + sup. com CHO (pós 9 meses)			74,2		3,21 ± 0,61
		Perda de peso + Exercício aeróbio (pré)	(18)	35,2	76,9	N.I.	3,78 ± 0,71
		Perda de peso + Exercício aeróbio (pós)			64,4		4,38 ± 0,71
HUNTER et al. (2015)	F	Perda de peso + Treinamento de força (pré)	(21)	33,9	77,5	N.I.	3,41 ± 0,62
		Perda de peso + Treinamento de força (pós)			65,9		4,15 ± 0,61
		Perda de peso + sem exercício (pré)	(22)	35,6	78,1	N.I.	3,90 ± 0,48
		Perda de peso + sem aeróbio (pós)			65,9		4,08 ± 0,82
SERRA; HAFER-MACKO; RYAN (2015)	M/F	Pacientes hemiparéticos por AVC	(39)	62,0	92,0	N.I.	2,17 ± 0,07
CUNHA et al. (2015)	M	Aparentemente saudáveis	(10)	28,0	78,0	174,0	3,00 ± 0,40
		Obesos - programa de futebol (linha de base)	(10)	14,1	82,2	163,1	3,00 ± 0,60
		Obesos - programa de futebol (pós 12 sem)		14,3	77,8	162,4	3,20 ± 1,70
VASCONCELLOS et al. (2015)	M/F	Obesos - grupo controle (linha de base)	(10)	14,8	86,3	161,2	3,60 ± 0,70
		Obesos - grupo controle (pós 12 sem)		15,0	91,5	164,5	3,30 ± 0,80

Tabela 2. Continuação

SAMMARCO et al. (2016)	M/F	Pacientes com doença de Crohn sem tratamento	(12)	33,3	56,9	168,0	3,38± 0,65
	M/F	Pacientes com doença de Crohn clinicamente estáveis	(24)	33,2	62,3	170,0	3,53± 0,56
BARTOLOMEU et al. (2016)	F	Idosas	(18)	65,06	66,0	154,0	4,04± 0,63
		Jovens	(19)	22,16	58,68	163,0	4,67± 1,22
MONTEIRO et al. (2016)	M	Sedentários	(20)	28,1	74,5	174,0	2,90± 0,50

M = masculino; F = feminino; N.I. = Não Informado pelos autores; ETCC = Estimulação transcraniana por corrente contínua; CHO = carboidratos; AVC = acidente vascular cerebral; IMC = índice de massa corporal.

1.2.2 Relação entre VO_2 de repouso vs. sexo e idade

No que tange a influência do sexo sobre o VO_2 de repouso, dos 77 estudos apresentados na Tabela 2, apenas 20 incluíram homens e mulheres em grupos distintos (17 estudos misturaram homens e mulheres no mesmo grupo e outros 40 analisaram somente homens ou mulheres). Comparado aos homens, o VO_2 de repouso das mulheres foi 10% menor (3,03 vs. 3,32 mL·kg⁻¹·min⁻¹).

Ao analisarmos a influência da idade, independentemente do sexo, o VO_2 de repouso medido em crianças e adolescentes (n = 498) foi $4,32 \pm 0,67$ (2,73-5,63) mL·kg⁻¹·min⁻¹, sendo, portanto, 23% acima do valor de referência adotado pela literatura de 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹. Por outro lado, a população adulta jovem (n = 3.718), de meia-idade (n = 3.945) e idosa (n = 573), teve seus valores superestimados para o VO_2 de repouso em 4% [ex.: $3,35 \pm 0,42$ mL·kg⁻¹·min⁻¹], 8% [ex.: $3,22 \pm 0,52$ mL·kg⁻¹·min⁻¹] e 18% [ex.: $2,86 \pm 0,53$ (2,42-3,74) mL·kg⁻¹·min⁻¹], respectivamente, em comparação ao valor padrão para 1-MET de 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹. A partir desses resultados, pode-se pensar que a idade é um fator determinante para explicar a variação do VO_2 de repouso em populações heterogêneas.

Achados de Byrne et al. (2005) mediante análise de regressão múltipla (fatores: massa gorda, massa livre de gordura, idade e sexo), revelaram a idade como um fraco preditor do VO_2 de repouso, explicando somente 0,8% da variação desses valores em uma amostra de 593 mulheres (18-74 anos) e 127 homens (18-70 anos). Porém, o modelo matemático que melhor explicou a variação do VO_2 de repouso teve como base, os valores de massa gorda, idade e sexo tomados conjuntamente. Logo, parece haver uma relação de dependência entre o VO_2 de repouso e a massa corporal que, por sua vez, também sofre declínio com a idade (BARTOLOMEU et al., 2016). Os resultados obtidos por Savage; Toth; Ades (2007) parecem corroborar essa noção, já que a

combinação entre massa magra, idade e sexo explicou 71,1% da variação do VO_2 de repouso. Por outro lado, em estudo envolvendo 138 jovens e 70 idosos, Kwan et al. (2004) concluíram que a idade afeta diretamente o VO_2 de repouso independentemente das modificações na composição corporal, já que o processo de envelhecimento, *per si*, associa-se à alterações no metabolismo energético dos tecidos.

Dionne et al. (2004), ao investigarem o dispêndio energético em repouso de mulheres jovens (idade: 27,8 anos) e idosas (idade: 66,6 anos) em resposta ao treinamento de força, encontraram, após 6 meses de intervenção, um aumento significativo de 2% (ou seja, $0,07 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ou $72 \text{ kcal}\cdot\text{dia}^{-1}$) somente nas mulheres jovens, enquanto nas idosas não houve alteração significativa (diminuição de $0,04 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ou $16 \text{ kcal}\cdot\text{dia}^{-1}$). Análises adicionais, adotando a massa magra como covariante, evidenciaram um efeito da idade sobre a resposta do VO_2 de repouso, já que este não acompanhou a tendência de aumento pós-treinamento observada na massa magra em mulheres idosas. Em outro estudo, Krems et al. (2005) analisaram o VO_2 de repouso, a composição corporal e as características antropométricas em jovens e idosos de ambos os sexos. Ao ajustar o VO_2 de repouso pela massa magra, massa gorda, índice cintura-quadril e tabagismo mediante análise de covariância, os autores observaram um VO_2 de repouso significativamente menor entre os idosos (homens: $2,87 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; mulheres: $2,66 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) em comparação aos jovens (homens: $3,39 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; mulheres: $3,22 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Para todos os grupos investigados, a massa magra explicou de 33 a 64% desta variação isoladamente. Mudanças relativas aos tecidos metabolicamente mais ativos (coração, fígado, rins e cérebro) e menos ativos (músculos, ossos e pele), também podem ser responsabilizadas pela diminuição idade-dependente do VO_2 de repouso (BOSY-WESTPHAL et al., 2004; BOSY-WESTPHAL et al., 2009).

1.2.3 Relação entre VO_2 de repouso vs. IMC

Assim como sexo e idade, o IMC parece ser outro fator determinante para o VO_2 de repouso. Nesse sentido, os achados de Byrne et al. (2005) revelaram o IMC como forte fator preditivo para explicar a variação no VO_2 de repouso, sendo este, portanto, quatro vezes mais forte do que a idade. Ao parear os sujeitos em função do IMC, os autores observaram, por exemplo, que o VO_2 de repouso medido foi superestimado pelo valor padronizado de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ em 35% e 14% em indivíduos com IMC médio de 30 e 20 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, respectivamente. Os achados de Pinet et al. (2008) parecem corroborar a noção de uma possível relação inversamente proporcional entre o IMC e VO_2 de repouso. Em uma amostra heterogênea de 68 indivíduos (24 a 56 anos de idade), divididos em três faixas de IMC (representadas pela letra 'T': T1 = 30,5 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$; T2 = 34,3 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ e T3 = 40,2 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), os autores observaram, por exemplo, que os indivíduos com maior IMC (T3 > T2 > T1) apresentam, em média, menores valores para o VO_2 de repouso [T3 = 2,3 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ < T2 = 2,4 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ < T1 = 2,7 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$] (ver Tabela 2).

De acordo com os dados obtidos por meio dos estudos analisados na Tabela 2, 4.864 indivíduos apresentaram sobrepeso ou obesidade (ou seja, $\text{IMC} \geq 25,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, variando de 25,1 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ a 43,1 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, com média igual a 28,8 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Nesse caso, o valor médio de VO_2 de repouso foi de 3,03 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, oscilando entre 2,28 a 4,83 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Dentre aqueles que foram classificados como normoponderais ($\text{IMC} < 25,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), foram computados 3.648 indivíduos com valores médios (mín-máx) para IMC e VO_2 de repouso de 22,9 (16,7 - 24,9) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ e 3,71 (2,28 a 6,20) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente. Tais dados parecem reafirmar a hipótese de haver uma relação inversamente proporcional entre o IMC e VO_2 de repouso. Porém, é válido ressaltar que a relação inversamente proporcional entre IMC e VO_2 de repouso deve ser vista com cautela. Se por um lado o IMC apresenta algumas vantagens na sua utilização (ex.: baixo custo, facilidade para realização da medida, aplicação em grandes populações e associação com a gordura corporal em indivíduos com percentual de gordura elevado),

por outro lado a baixa associação com a gordura corporal em indivíduos não obesos (ex.: atletas, praticantes regulares de exercícios físicos caracterizados por menor massa gorda e maior massa livre de gordura em sua composição corporal) pode induzir resultados divergentes na sua relação com o VO_2 de repouso (nesse caso, aguardar-se-ia uma relação proporcional entre IMC e VO_2 de repouso).

1.2.4 Relação entre VO_2 de repouso vs. aptidão cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória (ACR) é outro fator que pode contribuir para a variação do VO_2 de repouso. O consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), considerado por muitos como o melhor índice da potência aeróbia máxima (HOWLEY, E. T.; BASSETT; WELCH, 1995), pode ser definido como a maior taxa de oxigênio captado, transportado e utilizado pelos músculos durante um trabalho o mais árduo possível (FLETCHER et al., 2013). A oferta central de oxigênio depende do débito cardíaco máximo ($Q_{\text{máx}}$) e do conteúdo máximo de oxigênio arterial ($\text{CaO}_{2\text{máx}}$). A extração periférica de oxigênio transportado é, tradicionalmente, expressa como a diferença artério-venosa de oxigênio (diff.a-vO_2). Em outras palavras, o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ é diretamente dependente do funcionamento adequado e harmonioso dos sistemas respiratório, cardiovascular e musculoesquelético. Ao combinarmos estes fatores, teremos, portanto, a habilidade de fazer com que o sistema circulatório ofereça e extraia oxigênio. Deste modo, o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ pode ser expresso pela equação de Fick: $\text{VO}_{2\text{máx}} = Q_{\text{máx}} (\text{VS} \times \text{FC}) \times \text{diff.a-vO}_2$.

Se, por um lado, o valor de referência de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ parece superestimar o VO_2 de repouso em populações não-atletas, por outro, parece subestimar o valor real medido em populações com elevados níveis de aptidão cardiorrespiratória. Nesse contexto, Lounana et al. (2007), estudando ciclistas de elite amadores ($\text{VO}_{2\text{máx}}$: $69,0 \pm$

2,2 mL·kg⁻¹·min⁻¹) e profissionais (VO_{2máx}: 72,3 ± 1,2 mL·kg⁻¹·min⁻¹), observaram que o valor de referência de 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ subestimou o VO₂ de repouso medido em 21% (média ± DP: 4,22 ± 0,2 mL·kg⁻¹·min⁻¹) e 24% (média ± DP: 4,35 ± 0,3 mL·kg⁻¹·min⁻¹), respectivamente. Segundo os autores, não seria surpreendente encontrar um VO₂ de repouso relativamente maior do que o valor de referência adotado pela literatura em atletas de elite caracterizados pelo elevado nível de treinamento e aptidão cardiorrespiratória, alta ativação neuroendócrina, menor massa gorda e maior massa livre de gordura em sua composição corporal, tomados conjuntamente, tais fatores promoveriam a elevação do metabolismo basal e, portanto, do VO₂ de repouso, quando comparados a populações não-atletas e/ou sedentárias.

O ACSM (2000) propôs uma tabela para classificação do VO_{2máx} levando em consideração o sexo e a faixa etária (ver Tabela 3). Com o objetivo de analisar o VO₂ de repouso em função do nível de aptidão cardiorrespiratória, foram selecionados os estudos que realizaram a medida o VO_{2máx}, categorizando os indivíduos da seguinte forma: a) baixa aptidão cardiorrespiratória (abaixo do 30º percentil); b) moderada aptidão cardiorrespiratória (entre o 40º e 60º percentis); c) elevada aptidão cardiorrespiratória (acima do 70º percentil). Dos 77 estudos listados na Tabela 2 apenas 41 mediram o VO_{2máx} em 4.201 indivíduos de ambos os sexos com idade acima dos 20 anos (somando um total de 121 medidas visto que alguns estudos realizaram mais de uma medida do VO_{2máx}, por exemplo, antes e após alguma intervenção ou treinamento, ou em homens e também em mulheres e diferentes faixas etárias). Destes, 21 apresentaram valores para o sexo feminino (n = 1.464) e 26 para o sexo masculino (n = 2.190). Outros 5 estudos (n = 547) não diferenciaram os valores do VO_{2máx} entre homens e mulheres e foram excluídos da presente análise.

Tabela 3. Classificação normativa da potência aeróbia máxima ($VO_{2\text{máx}}$ em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) com referência específica à idade e sexo (ACSM, 2000).

		Homens				
		20-29	30-39	40-49	50-59	60+
Percentil 90	<i>bem acima da média</i>	51,4	50,4	48,2	45,3	42,5
Percentil 80		48,2	46,8	44,1	41,0	38,1
Percentil 70	<i>acima da média</i>	46,8	44,6	41,8	38,5	35,3
Percentil 60		44,2	42,4	39,9	36,7	33,6
Percentil 50	<i>Média</i>	42,5	41,0	38,1	35,2	31,8
Percentil 40		41,0	38,9	36,7	33,8	30,2
Percentil 30	<i>abaixo da média</i>	39,5	37,4	35,1	32,3	28,7
Percentil 20		37,1	35,4	33,0	30,2	26,5
Percentil 10	<i>bem abaixo da média</i>	34,5	32,5	30,9	28,0	23,1

		Mulheres				
		20-29	30-39	40-49	50-59	60+
Percentil 90	<i>bem acima da média</i>	44,2	41,0	39,5	35,2	35,2
Percentil 80		41,0	38,6	36,3	32,3	31,2
Percentil 70	<i>acima da média</i>	38,1	36,7	33,8	30,9	29,4
Percentil 60		36,7	34,6	32,3	29,4	27,2
Percentil 50	<i>Média</i>	35,2	33,8	30,9	28,2	25,8
Percentil 40		33,8	32,3	29,5	26,9	24,5
Percentil 30	<i>abaixo da média</i>	32,3	30,5	28,3	25,5	23,8
Percentil 20		30,6	28,7	26,5	24,3	22,8
Percentil 10	<i>bem abaixo da média</i>	28,4	26,5	25,1	22,3	20,8

Um total de 557 mulheres caracterizou-se pela elevada aptidão cardiorrespiratória (ou seja, $VO_{2\text{máx}}$ acima do 70º percentil), com valores médios para o VO_2 máximo e de repouso de 44,4 e 3,6 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente. Outras 51 mulheres foram classificadas como sendo de moderada aptidão cardiorrespiratória ($VO_{2\text{máx}}$: 33,8 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; VO_2 de repouso: 3,5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). As demais (n = 856) ficaram abaixo do 30º percentil (ou seja, baixa aptidão cardiorrespiratória), com valores médios para o VO_2 máximo e de repouso de 25,1 e 3,1 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente.

Em relação ao sexo masculino um total de 715 indivíduos foram considerados altamente condicionados apresentando valores médios para o $VO_{2\text{máx}}$ de 54,1 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e para VO_2 repouso de 3,8 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Outros 155 indivíduos foram classificados como sendo de moderada aptidão cardiorrespiratória, com valores médios para o $VO_{2\text{máx}}$ e de repouso de 41,7 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e 3,7 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ respectivamente. Os demais indivíduos (n = 1.320) foram classificados como sendo de baixa aptidão

cardiorrespiratória, com valores médios para o $VO_{2\text{máx}}$ e de repouso de 27,2 e 2,9 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente.

Os dados encontrados pela presente revisão de literatura apontam para a hipótese de que indivíduos com maior aptidão cardiorrespiratória tendem a possuir maiores valores de VO_2 de repouso, principalmente quando considerados os extremos: elevada vs. baixa aptidão cardiorrespiratória. De fato, tal noção encontra suporte nos achados de Kozey et al. (2010) que, ao agruparem sua amostra pelo nível de atividade física, observaram um VO_2 de repouso de 15% a 23% mais baixo para os indivíduos menos ativos e, conseqüentemente, menos condicionados quando comparados aos fisicamente mais ativos. Poehlman et al. (1989), em estudo com 28 homens não obesos com 19 a 36 anos de idade, também concluíram que o VO_2 de repouso parece ser dependente do nível de aptidão cardiorrespiratória – por exemplo, o valor médio reportado para o VO_2 de repouso de 3,7 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para o grupo altamente treinado ($VO_{2\text{máx}} = 70,9 \pm 2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) foi significativamente maior do que o valor médio de 3,1 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ observado no grupo não treinado ($VO_{2\text{máx}} = 45,6 \pm 0,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Por outro lado, os achados de Leblanc et al. (1984) e Broeder et al. (1992a) não corroboram a noção de que o VO_2 de repouso está diretamente associado ao nível de aptidão cardiorrespiratória. Todavia, é válido destacar que os estudos de Leblanc et al. (1984) e Broeder et al. (1992a) adotaram um pequeno tamanho amostral ($n = 14$ e 7 , respectivamente) que, por sua vez, afeta negativamente o poder estatístico para detectar correlações entre VO_2 em repouso e $VO_{2\text{máx}}$. Portanto, estudos adicionais são necessários para investigar a extensão em que a aptidão cardiorrespiratória influenciaria o VO_2 de repouso.

1.2.5 Critérios metodológicos para determinação do VO_2 de repouso

Outro aspecto importante reside nos critérios metodológicos adotados pelos estudos para a medida do VO_2 de repouso. Em estudo de revisão, Compher et al. (2006) analisaram os métodos apropriados para medida VO_2 de repouso. Dentre os principais critérios, para adultos saudáveis, destacam-se: a) jejum de 6 h a fim de se evitar o efeito térmico do alimento; b) abstinência de café, álcool, nicotina ou quaisquer outros estimulantes – mínimo de 4h; c) período de restrição de atividades físicas – mínimo de 2h para atividades moderadas e 14h para atividades vigorosas; d) período de repouso antes da medida – mínimo de 10 a 20 min; e) posição supina ou com o tronco ligeiramente elevado. Compher et al. (2006), outrossim, recomendam que os 5 primeiros minutos sejam descartados para conferir maior confiabilidade à medida em estado de repouso. Em relação ao tempo ideal de medida, Cunha et al. (2013) concluíram que após 10 min de aclimatização, são necessários pelo menos 30 min contínuos de medida para atingir condições de *steady state* – coeficiente de variação \leq 10% para os valores de VO_2 . A Tabela 4 apresenta os critérios metodológicos adotados pelos estudos que investigaram o VO_2 de repouso em diferentes populações.

Tabela 4. Metodologia adotada para medida do VO₂ de repouso.

Estudos	CRITÉRIOS DE MEDIDA						
	Tempo Jejum	Abstinências antes da medida	Tempo de restrição de atividades físicas	Posição Corporal de Medida	Repouso pré-medida	Tempo de medida	Dados utilizados pós-medida
JUNG; SHETTY; JAMES (1980)	12 h	N.I.	N.I.	Supina	30 min	30 min	N.I.
POEHLMAN; MELBY; BADYLAK (1988)	12 h	N.I.	24 h	Supina	30 min	30 min	N.I.
POEHLMAN et al. (1989)	12 h	N.I.	24 h	Supina	30 min	30 min	N.I.
BANDINI; SCHOELLER; DIETZ (1990)	12 h	Bebidas e cigarros por 12 h	N.I.	N.I.	30 min	30 min	N.I.
POEHLMAN; MELBY; BADYLAK (1991)	12 h	N.I.	24 h	N.I.	30 min	30 min	N.I.
POEHLMAN; DANFORTH (1991)	Jejum Noturno	N.I.	36 h	N.I.	N.I.	45 min	N.I.
BROEDER et al. (1992a)	12 h	Todos os líquidos exceto água, 12 h	48 h	Semi reclinada	30 min	30 min	Média do tempo total de medida
BROEDER et al. (1992b)	12 h	Todos os líquidos exceto água, 12 h	48 h	Semi reclinada	30 min	30 min	Média do tempo total de medida
	12 h	Todos os líquidos exceto água, 12 h	14 h	Semi reclinada	30 min	30 min	Média do tempo total de medida
GORAN; POEHLMAN (1992)	Jejum Noturno	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	45 min	N.I.
ARCIERO; GORAN; POEHLMAN (1993)	12 h	N.I.	36 - 48 h	N.I.	N.I.	45 min	N.I.
DRESSENDORFER et al. (1993)	4 h	Álcool	48 h	Sentado	20 min	10 min	Média de 6 min
PRATLEY et al. (1994)	12 h	N.I.	N.I.	Supina	30 min	30 min	N.I.

Tabela 4. Continuação

BANDINI et al. (1995)	12-14 h	N.I.	N.I.	Supina	30 min	30 min	N.I.
SWAIN; LEUTHOLTZ (1997)	1 h	Álcool, Cafeína e outras drogas, 24 h	N.I.	Sentado	N.I.	5 min	Média 60 s (menor valor)
VAN PELT et al. (1997)	12 h	N.I.	24 h	Semi reclinada	15 min	30 min	Média do tempo total de medida
DOLEZAL; POTTEIGER (1998)	12h	Líquidos (exceto água) por 12 h	48 h	Supina	30 min	20 min	Média dos últimos 15 min
TREUTH et al. (1998)	12 h	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	30 min	N.I.
SWAIN et al. (1998)	1 h	Álcool, Cafeína e outras drogas, 24 h	N.I.	Sentado	N.I.	5 min	Média dos 2 últimos min
ROEMMICH et al. (2000)	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	30 min	N.I.
HUNTER et al. (2000)	12 h	N.I.	96 h	Supina	15 min	30 min	Média dos últimos 20 min
LEMMER et al. (2001)	12 h	Líquidos (exceto água) por 12 h	24 a 48 h	Supina	15 min	45 min	Média dos últimos 30 min
GILLIAT-WIMBERLY et al. (2001)	12 h	N.I.	48 h	Semi reclinada	15 min	30 min	Média dos últimos 20 a 25 min
VAN PELT et al. (2001)	12 h	N.I.	24 h	Semi reclinada	15 min	30 min	Média do tempo total de medida
BELL et al. (2001)	12 h	N.I.	24 h	Semi reclinada	45 min	30 min	Média do tempo total de medida
BYRNE; WILMORE (2001a)	N.I.	N.I.	36 h	Semi reclinada	30 min	30 min	N.I.
BYRNE; WILMORE (2001b)	N.I.	N.I.	42 h	N.I.	30 min	30 min	N.I.
BYRNE; HILLS (2002)	3 h	Álcool, Cafeína e comidas picantes, 12 h	12 h	Sentado	10 min	30 min	Média dos últimos 10 min
GUNN et al. (2002)	12 h	Álcool, Cafeína e outras drogas, 24 h	36 h	Supina; ombros elevados	50 min	10 min	Média de 2 min

Tabela 4. Continuação

YOSHIGA; HIGUCHI; OKA (2003)	N.I.	N.I.	N.I.	Sentado / De pé	N.I.	N.I.	N.I.
COLBERG; SWAIN; VINIK (2003)	Jejum Noturno	N.I.	24 h	N.I.	10 min	N.I.	N.I.
LAZZER et al. (2003)	Jejum Noturno	N.I.	N.I.	Supina	N.I.	45 min	Média do tempo total de medida
GUNN et al. (2004)	12 h	Álcool, Cafeína e outras drogas, 24 h	36 h	Supina; ombros elevados	50 min	10 min	Média do tempo total de medida
KWAN; WOO; KWOK (2004)	10 h	N.I.	N.I.	Supina	N.I.	N.I.	N.I.
REEVES et al. (2004)	12 h	N.I.	N.I.	Sentado	30 min	30 min	5 min em <i>steady- state</i> /Média tempo total
DIONNE et al. (2004)	12 h	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	45 min	N.I.
KREMS et al. (2005)	N.I.	N.I.	N.I.	Supina	N.I.	25 a 35 min	Descartados os 10 primeiros min
GUNN et al. (2005)	12 h	Álcool, Cafeína e outras drogas, 24 h	36 h	Supina; ombros elevados	50 min	10 min	Média do tempo total de medida
BYRNE et al. (2005)	12 h	Cigarros e Cafeína, 24h	24h	N.I.	N.I.	45 min	Média de 25 min em <i>steady-state</i>
DALLECK; KRAVITZ (2006)	4 h	N.I.	12 h	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
HUI; CHAN (2006)	3 h	Chá, Café e Refrigerantes no dia da medida	24 h	Supina	20 min	5 min	Média de 60 s (menor valor)
WAHRLICH et al. (2006)	12 h	Álcool, 24 h	24 h	Supina	15 min	25 min	Média dos últimos 20 min
WITHERS et al. (2006)	12 h	Álcool, Cafeína e outras drogas, 24 h	36 h	Supina; ombros elevados	50 min	10 min	Média do tempo total de medida

Tabela 4. Continuação

LOUNANA et al. (2007)	3 h	Estimulantes (cafeína, tabaco, álcool...), 24 h	24 h	Sentado	N.I.	20 min	Média dos últimos 5 min
MEZZANI et al. (2007)	N.I.	N.I.	N.I.	Sentado	N.I.	3 min	Média dos últimos 30 s
SAVAGE; TOTH; ADES (2007)	12 h	Beta-bloqueadores, 12 h	48 h	Supina	N.I.	30 min	N.I.
	12 h	Álcool e Cafeína, 12 h	48 h	Sentado	15 min	15 min	Média de 30 s obtida em 10,5 min
DAVENPORT et al. (2008)	N.I.	N.I.	N.I.	De pé	N.I.	5 min	Média dos últimos 30 s
PINET et al. (2008)	12h	Álcool e Cafeína, 24h	Na manhã do teste	Posição de Conforto	N.I.	45 min	Média dos últimos 20 min
HUNTER et al. (2008)	12 h	N.I.	Em média 86 h	Supina	15 min	30 min	Média dos últimos 20 min
MELLECKER; MCMANUS (2009)	12 h	N.I.	24 h	Supina	N.I.	35 min	N.I.
CUNHA et al. (2010)	8 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24 h	Supina	20 min	30 min	Média dos últimos 10 min em <i>steady-state</i>
	3 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 8 h	24 h	Sentado	10 min	5 min	Média dos últimos 2 min
	3 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 8 h	24 h	De pé	10 min	5 min	Média dos últimos 2 min
KOZEY et al. (2010)	4 h	Cafeína, 4 h	4 h	Supina	15 min	10 min (ou <i>steady-state</i>)	Exclusão dos 2 min iniciais
SERGI et al. (2010)	Jejum Noturno	N.I.	N.I.	Supina	N.I.	30 /40 min	<i>Steady-state</i>
COLLINS et al. (2010)	12 h	N.I.	N.I.	Deitado	N.I.	30 min	N.I.

Tabela 4. Continuação

LEE et al. (2010)	12 h	N.I.	24 h	Supina	30 min	30 min	Média dos últimos 15 min
CARLSOHN et al. (2011)	N.I.	Álcool e Cafeína	24 h	Supina	N.I.	20 min	Média de 5 min em <i>steady-state</i>
FRANKENFIELD (2011)	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	30 min	Média dos últimos 25 min
CUNHA et al. (2011b)	8 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24 h	N.I.	20 min	30 min	Média dos últimos 10 min em <i>steady-state</i>
OSHIMA et al. (2011)	12 h	Líquidos (exceto água) por 12 h	Na manhã do teste	Supina	30-40 minutos	10 min	Média do tempo total de medida
TAGUCHI et al. (2011)	12 h	Líquidos (exceto água) por 12 h	Na manhã do teste	Supina	30-40 minutos	10 min	Média do tempo total de medida
MONTENEGRO et al. (2012)	N.I.	Álcool, Refrigerantes, Tabaco e Cafeína, 24 h	24h	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.
ABRANTES et al. (2012)	N.I.	Álcool e Cafeína, 48h.	48h	Supina	15 min	20 min	Média dos últimos 10 min
PAOLI et al. (2012)	N.I.	Cafeína e Álcool 24 h	N.I.	Sentado	15 min	30 min	Média dos últimos 20 min
CUNHA et al. (2013b)	8 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24 h	Supina	10 min	60 min	Média entre o 35° e 40° min
HUNTER et al. (2013)	12 h	N.I.	41 h	Supina	15 min	30 min	Média dos últimos 20 min
CUNHA et al. (2013a)	8 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24 h	Supina	20 min	30 min	Média dos últimos 10 min em <i>steady-state</i>
FRANKENFIELD; COLEMAN (2013)	Jejum Noturno	Cigarros, Álcool, Cafeína e bebidas calóricas, 10 - 12 h	10 - 12 h	Supina/ Semi-reclinada	30 min	15 min	Média dos últimos 10 min

Tabela 4. Continuação

MONTENEGRO et al. (2013)	3h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24h	Sentado	20 min	10 min	Média dos últimos 2 min
WILMS et al. (2014)	Jejum Noturno	N.I.	N.I.	Supina	N.I.	20 / 30 min	N.I.
CUNHA et al. (2014)	8h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24h	N.I.	10 min	40 min	Média dos últimos 5 min em <i>steady-state</i>
ARISTIZABAL et al. (2015)	12 h	Bebidas por 12 h Álcool e Cafeína por 24 h	48 h	N.I.	30 min	30 min	N.I.
HUNTER et al. (2015)	Jejum Noturno	N.I.	N.I.	Supina	15 min	30 min	Média dos últimos 20 min
SERRA; HAFER-MACKO; RYAN (2015)	12 h	N.I.	N.I.	Supina	N.I.	30 min	N.I.
CUNHA et al. (2015)	8h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24h	Supina	10 min	60 min	Média entre o 35° e 40° min
VASCONCELLOS et al. (2015)	8 h	Álcool, Refrigerantes e Cafeína, 24 h	24 h	Supina	10 min	60 min	Média entre o 35° e 40° min
SAMMARCO et al. (2016)	12-14 h	N.I.	N.I.	Supina	15 min	45 min	N.I.
BARTOLOMEU et al. (2016)	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	N.I.	15 min	Média dos últimos 10 min
MONTEIRO et al. (2016)	N.I.	N.I.	N.I.	Supina	10 min	40 min	Média dos últimos 5 min

N.I.= Não informado pelos autores.

Com base nas recomendações propostas por Compher et al. (2006), pode-se afirmar que há importantes limitações na maioria dos estudos que investigaram o VO_2 de repouso em diferentes populações, com destaque para o período de jejum, restrição de atividades físicas e tempo adotado para obtenção da medida. Ao todo, foram analisados 77 estudos, contemplando um total de 81 medidas, já que alguns deles realizaram mais de uma medida do VO_2 de repouso com critérios variados (ex.: diferentes posições corporais, medidas repetidas, etc.). A maior parte dos estudos (um total de 43 medidas) não satisfizeram as recomendações quanto ao período de abstinência prévio à medida (ver Tabela 4). Compher et al. (2006) recomendam, por exemplo, abster-se do consumo de álcool, cafeína, nicotina e qualquer outra bebida, comida ou substância estimulante que possa aumentar o dispêndio energético pelas 4 horas antecedentes ao exame. Nesse sentido, apenas 35 medidas foram realizadas adotando abstinência de tais alimentos estimulantes de 4 a 48 h. Outros 2 estudos, apesar de relatarem a recomendação de abstinência, não especificaram o período de tempo antes da medida. O restante não relatou a exigência de tais abstinências na condução da medida.

Outra questão importante reside na restrição de atividades físicas nas 24 h precedentes à realização da medida. Observa-se certa divergência entre os estudos com relação ao tempo de restrição adotado (uma variação de 4 a 96 h). Porém, é válido mencionar que 2 estudos restringiram qualquer tipo de atividade física apenas no período da manhã da medida e 28 estudos não adotaram quaisquer tipos de recomendação no tocante à restrição de atividades físicas. Paoli et al. (2012) investigaram os efeitos agudos do treinamento de força de alta intensidade (HIRT) vs. treinamento de força tradicional (TT) sobre o VO_2 de repouso 22 h pós-exercício em 18 homens com treinados (idade: 28 ± 4 anos). Os autores observaram um aumento médio para o VO_2 de repouso de 5% ($\Delta 0,17 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; $P < 0,001$) e 20% ($\Delta 0,75 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; $P < 0,001$) após o TT e o HIRT, respectivamente. Em

outras palavras, não somente o tempo de restrição, mas o tipo de atividade física (ex.: intensidade e modo) afetam diretamente o metabolismo basal e, portanto, devem ser considerados para a aferição do VO_2 de repouso.

Por fim, outro critério que merece destaque é o tempo total de medida, ou seja, o período de repouso pré-medida, também conhecido como aclimatização, e a medida principal. Compher et al. (2006) recomendam que seja feito uma aclimatização variando de 10 a 20 min, seguido de um tempo mínimo de medida de 5 a 10 min em condições de *steady state* (ex.: coeficiente de variação para o $\text{VO}_2 \leq 10\%$). Nesse contexto, 28 estudos não relataram a realização de nenhum período de aclimatização e os demais adotaram um período de repouso que variou de 10 até 50 min (ver Tabela 4). No tocante ao tempo de medida (período pós-aclimatização), de todas as medidas realizadas nos 77 estudos analisados na Tabela 4, 34 medidas mantiveram a aquisição de dados por 30 min, 15 adotaram 35 min ou mais de medida, chegando a 60 min de coleta contínua, e outras 24 medidas do VO_2 de repouso foram feitas por um período de tempo menor que 30 min, variando de 3 a 25 min. Dos 77 estudos, 08 não mencionaram de forma clara o tempo de duração da medida. Logo, poucos foram os estudos que se preocuparam em respeitar critérios mínimos para medida do VO_2 de repouso.

Em resumo, alguns questionamentos surgem a partir destes aspectos, o que podem ser expostos da seguinte forma:

1. Até que ponto o valor padrão ou medido para 1-MET influencia a acurácia dos METs para a prescrição do exercício aeróbio?
2. Será que prescrição do exercício aeróbio baseada no *Compêndio de Atividades Físicas* reproduz o dispêndio energético estimado em sessões contínuas de corrida em esteira rolante?
3. Qual a relação entre o nível de aptidão cardiorrespiratória e o VO_2 de repouso?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 *Objetivo geral*

Desse modo, a presente dissertação de mestrado tem por objetivo mais geral investigar a acurácia dos METs para prescrição do exercício aeróbio a partir do valor estimado e medido para 1-MET em homens saudáveis.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Para a colimação deste objetivo, alguns objetivos específicos podem ser descritos, como segue:

- a. Verificar a acurácia dos $\text{MET}_{\text{máx}}$ para classificação da aptidão cardiorrespiratória a partir do valor estimado e medido para 1-MET;
- b. Investigar a relação entre o nível de aptidão cardiorrespiratória e o VO_2 de repouso.
- c. Analisar a aplicabilidade do *Compêndio de Atividade Física* para estimativa do dispêndio energético durante exercício em esteira rolante;

1.3.3 *Organização do Estudo*

A presente dissertação culminou em 1 artigo original. O estudo incluiu em seu escopo uma introdução, esclarecendo as razões específicas de sua condução, e a descrição detalhada dos métodos utilizados, bem como a apresentação e discussão dos resultados obtidos.

Artigo Original

Standardized MET value underestimates the energy cost of treadmill running in men²

² Autores: Helouane M. Ázara, Paulo T.V. Farinatti, Adrian W. Midgley, Fabrício V.A. Vasconcellos, Patrícia S. Vigário e Felipe A. da Cunha. Submetido ao *International Journal of Sports Medicine* (ver Anexo 4)

1.4 HIPÓTESE

Trabalhou-se com a hipótese de que o valor de referência para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ não seria aplicável a uma amostra masculina e heterogênea para aptidão cardiorrespiratória. Adicionalmente foi testada a hipótese de que o VO_2 de repouso estaria relacionado com o nível de aptidão cardiorrespiratória, notadamente expresso pelo $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Por fim, testou-se a hipótese de que a intensidade e o dispêndio energético que serviram de base para a prescrição do exercício pelo *Compêndio de Atividades Físicas* (assumindo 1-MET com o valor de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) seriam subestimados em indivíduos com baixa aptidão cardiorrespiratória.

CAPÍTULO II

Material e Métodos

2.1 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Na primeira parte do estudo, os participantes visitaram o laboratório em duas ocasiões. A primeira visita foi destinada à medidas antropométricas para caracterização física, medida do VO_2 de repouso e familiarização com a esteira rolante. Na segunda visita, foi realizado um teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE) para a determinação do $\text{VO}_{2\text{máx}}$. A primeira parte do estudo permitiu comparar o valor de referência para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ vs. o VO_2 de repouso medido e investigar a associação entre o VO_2 no repouso e no esforço máximo ($\text{VO}_{2\text{máx}}$). Na segunda parte do experimento, outros 14 participantes realizaram os mesmos procedimentos descritos no primeiro experimento (1ª e 2ª Visitas) e uma visita adicional (3ª Visita) envolvendo um exercício submáximo com taxa de trabalho contínua. Isto permitiu investigar a precisão do valor de referência para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para determinar o dispêndio energético durante uma sessão de corrida em esteira, como proposto pelo Compêndio de Atividades Físicas. As coletas foram separadas por um intervalo de 48 a 72 horas.

2.2 AMOSTRAGEM

A primeira e segunda partes do estudo envolveram 114 voluntários do sexo masculino, com idades entre 18-38 anos, divididos em 2 grupos, a saber: baixa ACR [1ª parte: n = 48; $VO_{2máx} < 50,0$ (32,5 - 49,7) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; 2ª parte: n = 7; $VO_{2máx} < 43,3$ (35,3 - 42,0) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$] e elevada ACR [1ª parte: n = 52; $VO_{2máx} \geq 50,0$ (50,0 - 67,1) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; 2ª parte: n = 7; $VO_{2máx} \geq 43,3$ (43,6 - 56,6) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$]. A amostra foi composta por alunos e funcionários oriundos da Universidade Salgado de Oliveira (campus Niterói), do Instituto de Educação Física e Desportos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IEFD/UERJ), de academias de ginástica localizadas no município do Rio de Janeiro e Niterói e por jogadores do Canto do Rio Football Club que disputavam a 3ª divisão do campeonato estadual de futebol do Rio de Janeiro. Os dados foram coletados no Laboratório de Atividade Física e Promoção da Saúde (LABSAU) da UERJ. Os interessados realizaram entrevista pessoal, na qual foram informados dos objetivos, procedimentos e potenciais riscos do estudo. Eles tiveram, então, sua elegibilidade para o estudo avaliada com base em critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

As informações sobre fatores de risco que poderiam impossibilitar a prática dos testes foram obtidas por meio do questionário PAR-Q (Anexo 1). Os seguintes critérios de inclusão foram considerados: a) não fazer uso de medicações com ação cardiovascular e/ou metabólica; b) não ser tabagista ou fazer uso de substâncias que pudessem ter efeito sobre o desempenho individual; c) ausência de diagnóstico de problemas ósteo-mio-articulares limitadores da execução de exercícios físicos; d) PAR-Q positivo. Antes da realização dos testes, os voluntários preencheram Termo de Informação e Consentimento (Anexo 2), conforme sugerido pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde para experimentos

com seres humanos. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto (processo nº 3082/2011).

2.3 INSTRUMENTAL

2.3.1 *Medidas Antropométricas*

Para as medidas de massa corporal e estatura foram utilizados, respectivamente, uma balança digital (*Welmy*®, São Paulo, Brasil) e um estadiômetro graduado em milímetros (American Medical do Brasil, São Paulo, Brasil). Os voluntários permaneceram de pé e descalços sobre a balança, usando roupas leves (*short ou trajés de banho*) e na posição ortostática. A estatura foi medida com precisão de 0,1 metro após inspiração profunda, observando-se a distância entre a região plantar dos pés e o vértex (ponto de referência anatômico da cabeça), sendo a cabeça posicionada no plano de Frankfurt. O IMC foi calculado dividindo-se a massa corporal (kg) pela estatura ao quadrado (m²).

2.3.2 *Consumo de Oxigênio de Repouso (VO₂ repouso)*

As variáveis de trocas gasosas e ventilatórias (VO₂, VCO₂ e V_E) foram coletadas com auxílio de analisador de gases metabólicos VO2000 (*Medical Graphics*®, Saint Louis, EUA), com frequência de saída de dados a cada 30 segundos, por meio do pneumotacômetro de baixo fluxo, aconselhado para medidas de repouso e com máscara de silicone (*Hans Rudolph*®, EUA). Durante a aferição foram feitas anotações relacionadas à ocorrência de movimentos bruscos, tosses ou espirros, assim como quaisquer outros fatores que pudessem afetar o fluxo de gases, para a eliminação dessas medidas. As condições de temperatura ambiente foram mantidas entre 20-24°C. Os equipamentos foram previamente calibrados de acordo com as instruções do fabricante. Os analisadores de gases foram calibrados por meio de uma mistura padrão (*White Martins*®, Rio de Janeiro, Brasil) de oxigênio (17,01%) e dióxido de carbono (5,00%), balanceada com nitrogênio. Os fluxos e os volumes do pneumotacômetro foram calibrados com uma seringa graduada com capacidade de três litros (*Hans Rudolph*®, Kansas, EUA).

Previamente à aferição da medida de VO_2 de repouso, os sujeitos foram orientados no sentido de: a) não praticarem qualquer tipo de atividade física nas 24 horas; b) abstinência de bebidas alcoólicas, coladas ou com cafeína por 24 horas; c) fazer jejum nas 4-6 horas anteriores à medida; d) realizar o mínimo de esforço no deslocamento até o laboratório (COMPHER et al., 2006). Uma vez no local da aferição, os indivíduos permaneceram deitados, em repouso absoluto e em ambiente tranquilo, por 10 minutos. Após o período de repouso, as variáveis de trocas gasosas e ventilatórias (VO_2 , VCO_2 e V_E) foram coletadas durante 30 minutos. Para a análise dos dados foram utilizados os valores médios obtidos nos 5 minutos finais (CUNHA et al., 2013).

2.3.3 *Teste Cardiopulmonar de Exercício Máximo (TCPE)*

Os sujeitos foram orientados a não praticarem qualquer tipo de esforço físico no dia anterior (24h), não consumirem bebidas alcoólicas, coladas ou com cafeína nas 8 horas precedentes ao teste e não ingerirem alimentos 3h antes. O teste foi realizado na esteira rolante elétrica Super ATL (Inbramedt®, Porto Alegre, Brasil), utilizando-se um protocolo individualizado do tipo rampa.

O protocolo foi elaborado com base nos valores de $VO_{2máx}$ estimado pelo modelo sem exercício de MATTHEWS et al. (1999). O *Cardiorespiratory Fitness* (CRF) foi desenvolvido para populações saudáveis, com idades entre 18 e 80 anos, podendo ser aplicado tanto em homens quanto em mulheres. Maranhao Neto; Ponce de Leon; Farinatti (2008), em revisão sistemática, classificaram o questionário CRF com um dos poucos que atendiam a todos os critérios associados à atribuição de qualidade a esse tipo de método de estimativa do $VO_{2máx}$, quais sejam: (a) inclusão de variáveis explicativas com base teórica sólida; (b) comparação

com critérios de validação reconhecidamente pertinentes (padrão-ouro); (c) equações apresentadas por completo, incluindo erro padrão da estimativa e coeficientes de ajustamento; (d) equações submetidas a processo de validação cruzada. Além disso, a precisão do método revelou-se comparável àquela de testes submáximos utilizados em estudos epidemiológicos. A partir do $VO_{2máx}$ predito pelo questionário CRF, calculou-se a velocidade final de teste valendo-se de equação proposta pelo ACSM (2013). As cargas de 40 e 60% do $VO_{2máx}$ previsto foram calculadas, respectivamente, para o período de aquecimento de 3 minutos e para a carga inicial do teste conforme especificações de (CUNHA et al., 2010). A inclinação da esteira foi fixada para 1% (JONES; DOUST, 1996). A Tabela 1 apresenta um exemplo do processo de determinação do protocolo de teste, para melhor entendimento.

Tabela 1 - Exemplo de determinação de protocolo em rampa.

→ *Etapas de determinação da velocidade final e inicial de teste*

1) Equação metabólica do ACSM (2013):

$$VO_2 \text{ corrida} = (0,2 \times V) + (0,9 \times V \times G) + 3,5 \text{ onde } V \text{ (velocidade) e } G \text{ (grau de inclinação da esteira);}$$

2) Inserir os valores de $VO_{2máx}$ predito pelo modelo sem exercício (CRF) na equação:

Exemplo: $VO_{2máx}$ predito = $45 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ / Grau de inclinação = 1%

$$V = (VO_{2máx} - 3,5) \times 100\% \div (0,2 + 0,9 \times G)$$

$$V = (45 - 3,5) \times 100\% \div (0,2 + 0,9 \times 1\%)$$

$$V = 198,6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \text{ ou } 11,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

3) Velocidade de aquecimento = $11,9 \times 0,4 = 4,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

4) Velocidade inicial de teste = $11,9 \times 0,6 = 7,1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

5) Tempo de duração: 10 min

6) Razão de incremento de carga: $(V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}) \div \text{tempo}$

$$\text{Razão de incremento} = (11,9 - 7,1) \div 10 = 0,48 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

Para que o teste fosse considerado máximo, os sujeitos tiveram que alcançar ao menos três dentre os seguintes critérios, segundo adaptação da proposta de Howley; Bassett; Welch

(1995): a) exaustão voluntária máxima; b) atingir 90% da $FC_{máx}$ estimada pela equação 220 – idade ou ausência de acréscimo da FC mediante aumento de carga; c) presença de um platô no VO_2 (variação menor que $2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ entre duas cargas consecutivas); d) razão de troca respiratória $R > 1,1$ e) valor da escala de Borg ≥ 9 . O $MET_{máx}$ foi calculado a partir da razão entre o $VO_{2máx}$ obtido pelo TCPE e o VO_2 de repouso estimado (ex.: $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) e medido.

2.3.4 *Teste Cardiopulmonar de Exercício Submáximo*

Setenta e duas horas após a realização do TCPE, um subgrupo de 14 participantes realizou uma corrida de 30 minutos a $8,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; intensidade de exercício equivalente a 8,3 MET de acordo com o *Compêndio de Atividades Físicas* (AINSWORTH et al., 2011). O grau de inclinação da esteira rolante foi ajustado em 1%, refletindo, portanto, o custo energético da corrida ao ar livre quando comparado a esteira rolante (JONES; DOUST, 1996). A sessão de corrida foi precedida por um aquecimento de 5 minutos a $5,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e 1% de inclinação. A classificação da intensidade foi calculada a partir de dois métodos diferentes: a) METs medido = média do VO_2 observado durante o exercício \div VO_2 de repouso em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; b) METs de referência: média do VO_2 observado durante o exercício \div $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. O dispêndio energético da sessão foi calculado a partir da seguinte fórmula: $\text{Dispêndio energético (kcal)} = [(\text{MET da atividade} \times 3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1} \times \text{massa corporal}) \div 1000] \times 5 \times \text{duração da atividade}$ (ACSM, 2013).

2.4 TRATAMENTO DOS RESULTADOS

O teste de Shapiro-Wilk ratificou a normalidade dos dados e os resultados foram apresentados como média \pm desvio-padrão (DP). Possíveis diferenças entre o MET estimado e os valores medidos para o VO_2 de repouso, $MET_{m\acute{a}x}$, METs, e dispêndio energético foram testadas por teste-*t* de Student para amostras pareadas ($P < 0,05$). A correlação de Pearson foi utilizada para determinar a relação entre $VO_{2m\acute{a}x}$ e VO_2 de repouso. Com o objetivo de investigar a influência da aptidão cardiorrespiratória sobre as diferenças entre o MET estimado e os valores medidos para o VO_2 de repouso, $MET_{m\acute{a}x}$, METs, e dispêndio energético, a mediana para o $VO_{2m\acute{a}x}$ na 1ª ($n = 100$) e 2ª ($n=14$) partes do estudo foi adotada como estratégia de classificação dos participantes com baixa e elevada aptidão cardiorrespiratória. Os dados foram analisados com auxílio do *software* Statistica 10.0 (Statsoft ®, OK, EUA).

CAPÍTULO III

Estudo Original

STANDARDIZED MET VALUE UNDERSTIMATES THE ENERGY COST OF TREADMILL RUNNING IN MEN³

Abstract

PURPOSE: Compare the reference metabolic equivalent (MET) value and observed resting VO_2 for defining cardiorespiratory fitness (CRF) and characterizing the energy cost of treadmill running. **METHODS:** A heterogeneous cohort of 114 healthy men volunteered to participate. In Part 1 of the study, 100 men visited the laboratory twice for assessment of resting VO_2 and CRF ($\text{VO}_{2\text{max}}$). In Part 2, a further 14 men also completed these assessments plus a 30-min bout of running at $8.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (8.3 METs according to the Compendium of Physical Activities). **RESULTS:** Mean observed resting VO_2 values of 3.28 (*Part 1*) and 3.07 (*Part 2*) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ were lower than the reference MET value of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P < 0.001$ and $P = 0.005$, respectively). Resting VO_2 was positively correlated with CRF ($R = 0.68$, $P < 0.001$). The CRF and energy cost of treadmill running were consequently underestimated when calculated using the reference MET value only for those with low CRF ($P = 0.005$ to $P < 0.001$). **CONCLUSIONS:** The reference MET value considerably overestimated observed resting VO_2 in men with low CRF, which resulted in poor accuracy in defining CRF, prescribing exercise intensity, and quantifying the energy cost of treadmill running.

Keywords: exercise prescription; guidelines and recommendations; physical activity assessment; physical fitness

³ Autores: Helouane M. Ázara, Paulo T.V. Farinatti, Adrian W. Midgley, Fabrício V.A. Vasconcellos, Patrícia S. Vigário e Felipe A. da Cunha. Submetido ao *International Journal of Sports Medicine*.

3.1 INTRODUCTION

The metabolic equivalent (MET) has been used in various important applications relating to exercise and health, such as defining levels of cardiorespiratory fitness (JETTE; SIDNEY; BLUMCHEN, 1990), prescribing physical exercise (GARBER et al., 2011), and quantifying the energy cost of a wide variety of physical activities (AINSWORTH et al., 1993) (AINSWORTH et al., 2011). By convention, one MET is defined as a resting oxygen uptake (VO_2) of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. A potential limitation in the application of this reference MET value, is that it seems to have been derived from the observed resting VO_2 of a single 40-year-old man with a body mass of approximately 70 kg (BYRNE et al., 2005; HOWLEY, E.T., 2000; WASSERMAN et al., 1994). There is a growing body of empirical evidence that the reference MET value significantly overestimates mean resting VO_2 in healthy adults (BYRNE et al., 2005; CUNHA; MIDGLEY; MONTENEGRO; et al., 2013; KOZEY et al., 2010). A study involving 642 women and 127 men aged 18-74 years, for example, observed that the mean resting VO_2 of $2.56 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ was 29% lower than the reference MET value (2005). Errors when employing the reference MET value for different practical applications are therefore likely to occur. However, the extent of such errors has not been established.

Another issue is that a large inter-individual variation in resting VO_2 has been observed. Age, sex, and body composition are well-established in explaining some of this variation (BOSY-WESTPHAL et al., 2009; NIELSEN et al., 2000; TOTH, 2001), but a factor that could help identify unexplained variance that has received little attention is cardiorespiratory fitness. KOZEY et al. (2010) categorized 118 men and 134 women according to quintiles of cardiorespiratory fitness. The mean \pm SD resting VO_2 of $2.7 \pm 0.28 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ observed in the lowest fitness quintile was 18% lower than the $3.3 \pm 0.39 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ in the highest fitness quintile, and 23% lower than the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. A limitation of this study, however, is that $\text{VO}_{2\text{max}}$ was not directly assessed, but estimated using an equation proposed by MATTHEWS et al. (1999) based on age, height, sex, body mass, and a self-reported indicator of physical activity status. Further support for the influence of cardiorespiratory fitness on resting VO_2 comes from a study that directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ in a group of 26 highly trained cyclists with mean \pm SD $\text{VO}_{2\text{max}}$ of $70.9 \pm 1.2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (LOUNANA et al., 2007). The observed mean \pm SD resting VO_2 of $4.3 \pm 0.2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ was 29% higher than the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

To our knowledge, however, the relationship between directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ and resting VO_2 in a heterogeneous cohort has not been investigated.

Errors of overestimation and underestimation of resting VO_2 have clear potential to influence the categorization of cardiorespiratory fitness and determination of energy cost of treadmill running. Hence the main purpose of the present study was to compare the reference MET value and observed resting VO_2 with respect to these applications and the extent to which cardiorespiratory fitness is associated with resting VO_2 . We hypothesized that the resting VO_2 would be lower than the standard value in individuals with low cardiorespiratory fitness, therefore resulting in underestimations of the classification of cardiorespiratory fitness, exercise intensity prescription, and energy cost of running.

3.2 METHODS

3.2.1 Participants

A total of 114 healthy men volunteered to participate in the study. Exclusion criteria were: a) use of medication that influencing the cardiovascular or metabolic responses to exercise; b) smoking or use of ergogenic substances that could affect exercise performance; and c) any cardiovascular, respiratory, bone, muscle, or joint problems that could compromise the safety of physical exercise. The study gained approval from the institutional ethics committee (reference 3082/2011) and participants provided informed consent prior to involvement in the study.

3.2.2 Procedures

In the first part of the study, 100 participants visited the laboratory on two occasions. During the first visit resting VO_2 was determined, anthropometric measurements were taken, and participants were familiarized with the equipment and test protocols. On the second visit a maximal cardiopulmonary exercise test (CPET) for determining $\text{VO}_{2\text{max}}$ was performed. The first part of the study allowed to compare the reference MET value vs. observed resting VO_2 and to investigate the association between resting VO_2 and cardiorespiratory fitness. In the second part of the experiment, another 14 participants performed the same procedures as in

the first part, plus one additional visit involving a submaximal exercise bout with continuous work rate. This allowed to investigate the accuracy of reference MET value to determine the energy expenditure of the submaximal running as proposed by the Compendium of Physical Activities. All running tests were performed on the same motorized treadmill (InbramedTM Super ATL, Porto Alegre, RS, Brazil).

The resting VO_2 was determined in accordance with the recommendations of COMPHER et al. (2006): abstention of physical exercise, alcohol, soft drinks and caffeine in the 24 h preceding the assessment, fasting for 8 h preceding the assessment, and minimum effort when travelling to the laboratory. In the laboratory, the participants laid in a calm thermoneutral environment (mean \pm SD temperature, $22.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$) for an acclimation period of 10-min, after which the VO_2 was measured for 30-min in a supine position. The resting VO_2 was taken as the average of the last 5 min of steady-state data (i.e. coefficient of variation $\leq 10\%$ during 5 min), since this time period has been previously shown to elicit a VO_2 steady-state and high test-retest reliability (CUNHA; MIDGLEY; MONTEIRO; et al., 2013).

A ramp protocol was used to determine the $\text{VO}_{2\text{max}}$. The workload increments were individualized to elicit each subject's limit of tolerance in 8-12 min (BUCHFUEHRER et al., 1983). The tests were considered maximal if at least three of the four following criteria were satisfied: a) maximum voluntary exhaustion defined by attaining a 10 on the Borg CR-10 scale; b) 90% of predicted HR_{max} [$220 - \text{age}$] or presence of heart rate plateau (ΔHR between two consecutive work rates ≤ 4 beats $\cdot\text{min}^{-1}$); c) presence of VO_2 plateau (ΔVO_2 between two consecutive work rates of less than $2.1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); and d) maximal respiratory exchange ratio ($\text{RER}_{\text{max}} > 1.10$) (HOWLEY, E. T.; BASSETT; WELCH, 1995). Based on the $\text{VO}_{2\text{max}}$ values, observed and reference MET_{max} values were calculated (i.e. observed $\text{MET}_{\text{max}} = \text{VO}_{2\text{max}} \div \text{resting } \text{VO}_2$ in $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; reference $\text{MET}_{\text{max}} = \text{VO}_{2\text{max}} \div 3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Seventy-two hours after performing the maximal CPET, a subgroup of 14 participants performed a 30-min bout of running at $8.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, which is an exercise intensity equivalent to 8.3 METs according to the Compendium of Physical Activities (AINSWORTH et al., 2011). The treadmill grade was set at 1%, which has been found to reflect the energetic cost of outdoor, level overground running (JONES; DOUST, 1996). The running bout was preceded by a 5-min warm-up at $5.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and 1% grade. The intensity classification for treadmill

running was calculated from two different methods: a) observed METs = average VO_2 during exercise \div resting VO_2 in $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; and b) reference METs: average VO_2 during exercise \div 3.5 in $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. The energy cost of the running bout was calculated by the following formula: energy cost (kcal) = intensity classification based on observed or reference METs \times body mass in kg \times duration in hours (AINSWORTH et al., 2011). To negate the confounding effects of the initial (fast) VO_2 on-kinetics, the data for the first 3-min of the running bout were omitted from all analyses (KOZEY et al., 2010).

Expired gases were collected during the maximal CPET and 30-min running bout using a VO2000 analyser (Medical GraphicsTM, Saint Louis, MO, USA) and a silicone face mask (Hans RudolphTM, Kansas, MO, USA). The gas analysers and pneumotacograph were calibrated according to the manufacturer's instructions. Immediately prior to each exercise bout, the gas analysers were calibrated using a certified standard mixture of oxygen (17.01%) and carbon dioxide (5.00%), balanced with nitrogen (AGATM, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). The flows and volumes of the pneumotacograph were calibrated using a syringe graduated for a 3 L capacity (Hans RudolphTM, Kansas, MO, USA). Heart rate was measured continuously using a cardiometer (RS800cx, PolarTM, Kempele, Finland) and beat-by-beat data were 30-s stationary time-averaged.

3.2.3 Statistical Analysis

All statistical analyses were performed using Statistica 10 software (StatSoftTM, Tulsa, OK, USA). Descriptive sample statistics are reported as the mean and standard deviation (SD). One-sample t tests were used to test the null hypotheses that there were no mean differences between the MET value and observed resting VO_2 , MET_{max} , MET exercise intensity classification, and the energy cost of the running bout. The Pearson correlation was used to determine the relationship between $\text{VO}_{2\text{max}}$ and observed resting VO_2 . In addition, the median $\text{VO}_{2\text{max}}$ value was used as the criterion to categorize participants into low and high cardiorespiratory fitness groups to investigate the influence of cardiorespiratory fitness on the differences between the reference MET value and observed resting VO_2 [lower cardiorespiratory fitness (1st part of the study: $n = 48$, $\text{VO}_{2\text{max}} < 50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 2nd part of the study: $n = 7$, $\text{VO}_{2\text{max}} < 43.3.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and higher cardiorespiratory fitness (1st part of the study: $n = 52$, $\text{VO}_{2\text{max}} \geq 50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 2nd part of the study: $n = 7$; $\text{VO}_{2\text{max}} \geq 43.3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)].

3.3 RESULTS

Sample descriptive statistics for age, anthropometric variables, resting VO_2 , and CPET outcomes are shown in Table 1. The mean observed resting VO_2 of 3.28 (95% CI = 3.18 to 3.36) and 3.07 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (95% CI = 2.79 to 3.34) for the 1st and 2nd parts of the study were significantly lower than the reference MET value of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (mean difference = 0.22, 95% CI = 0.14 to 0.30, $t = 5.2$, $P < 0.001$ and mean difference = 0.43, 95% CI = 0.15 to 0.70, $t = 3.3$, $P = 0.005$, respectively). With regard to the groups with lower cardiorespiratory fitness, the reference MET value of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ was significantly higher than the mean observed resting VO_2 values of 3.06 (mean difference = 0.44, 95% CI = 0.32 to 0.55, $t = 7.7$, $P < 0.001$) and 2.67 (mean difference = 0.83, 95% CI = 0.60 to 1.05, $t = 9.0$, $P < 0.001$) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ determined during the 1st and 2nd parts of the study, respectively. However, no statistically significant difference was detected between the reference MET value and observed resting VO_2 values for the groups with higher cardiorespiratory (1st part of the study: $P = 0.867$; 2nd part of the study $P = 0.778$).

Table 1 - Mean \pm SD (range) participant characteristics.

Variable		1 st part of study	2 nd part of study
		(n = 100)	(n = 14)
Anthropometric assessment	Age – All participants (yr)	24 \pm 5 (18-38)	25 \pm 6 (18-36)
	Age – lower CRF (yr)	24 \pm 5 (18-36)	30 \pm 4 (23-36)
	Age – higher CRF (yr)	24 \pm 6 (18-38)	26 \pm 5 (18-30)
	Height – All participants (cm)	177.0 \pm 8.2 (160.8-201.5)	177.3 \pm 7.4 (165.6-188.8)
	Height – lower CRF (cm)	176.8 \pm 7.7 (160.8-192.3)	177.2 \pm 10.1 (165.6-188.8)
	Height – higher CRF (cm)	177.1 \pm (162.9-201.5)	177.4 \pm 4.0 (169.8-183.0)
	Body mass – All participants (kg)	75.1 \pm 10.2 (52.6-110.9)	74.2 \pm 9.0 (61.9-87.7)
	Body mass – lower CRF (kg)	77.9 \pm 10.9 (52.6-110.9)	76.8 \pm 9.8 (62.0-87.7)
	Body mass – higher CRF (kg)	72.4 \pm 8.7 (54.4-100.8)	71.7 \pm 8.1 (61.9-79.6)
	Body mass index – All participants (kg·m ⁻²)	23.9 \pm 2.5 (19.3-33.8)	23.6 \pm 2.5 (19.6-28.2)
	Body mass index – lower CRF (kg·m ⁻²)	24.8 \pm 2.7 (19.3-33.8)	24.5 \pm 2.7 (20.6-28.2)
	Body mass index – higher (kg·m ⁻²)	23.1 \pm 1.3 (19.6-27.3)	22.7 \pm 2.0 (19.6-24.8)
Resting assessment	Resting oxygen uptake – All participants (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.3 \pm 0.4 (2.2 – 4.4) *	3.1 \pm 0.5 (2.3-3.8) *
	Resting oxygen uptake – lower CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.1 \pm 0.4 (2.2-3.9) *†	2.7 \pm 0.2 (2.3-2.9) *†
	Resting oxygen uptake – higher CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.5 \pm 0.3 (2.8-4.4)	3.5 \pm 0.3 (3.0-3.8)
Maximal cardiopulmonary exercise test	Maximal oxygen uptake – All participants (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	48.9 \pm 7.3 (32.5-67.1)	45.6 \pm 6.8 (35.3-56.6)
	Maximal oxygen uptake – lower CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	42.8 \pm 4.9 (32.5-49.7)	40.0 \pm 3.0 (35.3-42.0)
	Maximal oxygen uptake – higher CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	54.4 \pm 3.8 (50.0-67.1)	51.2 \pm 4.1 (43.6-56.6)

CRF = cardiorespiratory fitness. * Significantly lower than the reference MET value of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ ($P < 0.01$). † Significantly lower than the observed resting VO₂ for the higher CRF group ($P < 0.001$).

Figure 1 shows the relationship between $\text{VO}_{2\text{max}}$ and resting VO_2 , which was strongly positively correlated in the 1st part of the study ($R = 0.68$; $P < 0.001$).

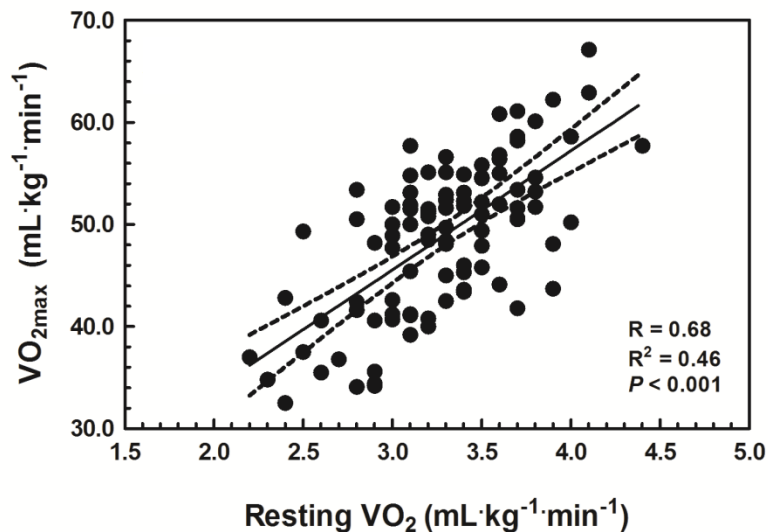


Figure 1 - Relationship between maximal and resting VO_2 values in the 1st part of the study ($N = 100$). The dashed lines represent the 95 limits of agreement of the best-fit line. Each point represents an individual participant. Pearson correlation coefficient is given.

Table 2 shows the MET_{max} , and the exercise intensity classification and energy cost of the 30-min running bout, calculated from the reference MET value and observed resting VO_2 . Overall, the values for MET_{max} , exercise intensity, and energy cost of treadmill running were significantly underestimated when derived from the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P = 0.005$ to $P < 0.001$), especially for the groups with lower cardiorespiratory fitness. In the 1st part of the study, for example, the mean difference between reference vs. observed MET_{max} values increased from 7% (mean difference: 1.0 MET ; $P < 0.001$) to 12% (mean difference: 1.7 METs ; $P < 0.001$) when considering all participants vs. only the lower cardiorespiratory fitness group. In the 2nd part of the study, the level of underestimation of the observed exercise intensity and energy cost increased substantially from 14% (mean difference: 1.3 METs ; $P = 0.007$) to 24% (mean difference: 2.6 METs ; $P = 0.007$) and 15% (mean difference: 62 kcal; $P = 0.005$) to 24% (mean difference: 101 kcal; $P = 0.001$) (see Table 2). Unlike the lower cardiorespiratory fitness group, there was no significant difference between the

reference and observed MET intensities ($P = 0.674$) and energy cost of the treadmill running bout ($P = 0.679$) for the higher cardiorespiratory fitness group.

Table 2 - Sample mean \pm SD MET_{max}, MET intensity, and energy cost of running computed from the reference MET value and observed resting VO₂ values. The mean difference (Mean diff), confidence interval (95% CI), and test statistic *t* (*t*-test) between the reference vs. observed outcomes also are included.

Variable	Sample size (n)	Reference	Observed	Reference-Observed differences			
		Mean \pm SD (range)	Mean \pm SD (range)	Mean diff	95% CI	<i>t</i> -test	<i>P</i> -values
<i>Maximal cardiopulmonary exercise test</i>							
MET _{max} – All participants	(100)	13.9 \pm 2.1 (9.3-19.2)	14.9 \pm 1.7 (11.2-19.7)	1.0	0.6, 1.4	5.3	< 0.001
MET _{max} – lower CRF group	(48)	12.2 \pm 1.4 (9.3-14.2)	13.9 \pm 1.9 (10.4-19.7)	1.7	1.2, 2.3	2.3	< 0.001
MET _{max} – higher CRF group	(52)	15.5 \pm 1.1 (14.3-9.2)	16.4 \pm 2.2 (12.6-26.6)	0.9	0.1, 1.6	2.5	0.019
<i>30-min running bout at 8.0 km·h⁻¹</i>							
MET intensity – All participants	(14)	8.3	9.5 \pm 1.8 (7.3-13.5)	1.3	0.4, 2.3	3.2	0.007
MET intensity – lower CRF group	(7)	8.3	10.7 \pm 1.5 (9.4-13.5)	2.6	1.6, 3.6	6.1	< 0.001
MET intensity – higher CRF group	(7)	8.3	8.2 \pm 0.9 (7.3-9.7)	0.1	-0.5, 0.7	0.4	0.718
Energy cost (kcal) – All participants	(14)	302 \pm 44 (241-352)	354 \pm 90 (237-522)	53	17, 88	3.1	0.008
Energy cost (kcal) – lower CRF group	(7)	313 \pm 49 (241-352)	414 \pm 82 (301-522)	101	57, 145	5.6	0.001
Energy cost (kcal) – higher CRF group	(7)	291 \pm 38 (243-340)	295 \pm 49 (237-386)	4	-20, 28	0.4	0.679

CRF = cardiorespiratory fitness.

3.4 DISCUSSION

The present study compared the reference MET value and observed resting VO_2 for defining cardiorespiratory fitness, prescribing exercise intensity, and quantifying the energy cost of treadmill running in a heterogeneous cohort of healthy men. The extent to which cardiorespiratory fitness explained variance in resting VO_2 also was investigated. The main finding was that the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ overestimated resting VO_2 in men with low cardiorespiratory fitness, which resulted in underestimations of cardiorespiratory fitness, exercise intensity prescription, and the energy cost of running.

The findings of the present study concur with previous studies (BYRNE et al., 2005; CUNHA; MIDGLEY; MONTENEGRO; et al., 2013; KOZEY et al., 2010) that one MET is not equivalent to a resting VO_2 of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ in heterogeneous adult cohorts. In fact, 74 (65%) of the 114 participants in the present study had observed resting VO_2 values lower than $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. There was, however, a strong positive correlation between directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ and observed resting VO_2 , meaning that overestimation errors in resting VO_2 tended to mostly affect those with low cardiorespiratory fitness.

The MET system has been used in research for defining levels of cardiorespiratory fitness as MET_{max} values, particularly with respect to evaluating its prognostic value in predicting cardiovascular risk (BLAIR et al., 1995; MYERS et al., 2002). The MET_{max} is quantified using tables of the energy cost of running based upon treadmill speed and slope and dividing by the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. The findings of the present study revealed that MET_{max} was significantly underestimated in low cardiorespiratory groups when calculated from the widely accepted reference MET value. The same limitation of the MET system was reported within the context of exercise prescription, where the adoption of the reference MET value resulted in unacceptably large underestimation errors for treadmill running intensity and energy cost compared to when the observed resting VO_2 was used. These errors therefore mostly affect low fitness individuals, which are the least likely to be meeting physical exercise recommendations for promoting health.

Another issue is the large inter-individual variation in observed resting VO_2 identified in previous research (BYRNE et al., 2005; CUNHA; MIDGLEY; MONTENEGRO; et al., 2013; KOZEY et al., 2010), as well as the participants in the present study (see Table 1). BYRNE et al. (2005) reported that 62% of this variation could be explained by differences in

fat mass and fat-free mass, whilst age explained only 14%. Additionally, BMI was strongly positively correlated with fat mass ($r^2 = 0.93$, $P < 0.001$), and the variance in resting VO_2 was also well explained by a combination of BMI, age and gender. These findings were not supported by CUNHA; MIDGLEY; MONTENEGRO; et al. (2013), however, as BMI explained only 0.15% of the variance in the resting VO_2 of 125 healthy men. A question therefore arises as to what additional factors might explain the unexplained variance. One factor is cardiorespiratory fitness, which is thought to potentiate the energy requirements of tissue thereby increasing resting metabolic rate (RMR) and resting VO_2 (POEHLMAN; MELBY; BADYLAK, 1988; POEHLMAN et al., 1989). POEHLMAN et al. (1988), for example, compared the RMR and resting VO_2 of 18 healthy men aged 18 to 37 yr, who were classified as either trained ($n = 9$, $\text{VO}_{2\text{max}} = 70.5 \pm 1.8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) or untrained ($n = 9$, $\text{VO}_{2\text{max}} = 53.0 \pm 2.4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). The authors observed a higher RMR (i.e. 9%) and resting VO_2 (i.e. 18%) in the trained vs. untrained participants (i.e. 1.29 vs. 1.17 $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ and ~ 3.69 vs. $3.01 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectively). This effect persisted even when participants were matched for body fat content. These authors subsequently observed a strong positive correlation between RMR and $\text{VO}_{2\text{max}}$ ($r = 0.77$ and $P < 0.01$) in 28 healthy men, aged 19 to 36 yr, and a wide $\text{VO}_{2\text{max}}$ range of 40 to 80 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (POEHLMAN et al., 1989). Our findings concur with those studies; however, other studies reported conflicting findings (BROEDER et al., 1992; HILL et al., 1984; LEBLANC et al., 1984), which might be accounted for two methodological issues: a) small sample sizes and insufficient statistical power to detect correlations between resting VO_2 and $\text{VO}_{2\text{max}}$; and b) failure to investigate a wide range of cardiorespiratory fitness levels. Indeed, the sample sizes of 14 and 8 participants adopted by LEBLANC et al. (1984) and HILL et al. (1984), respectively, are limited for investigating associations between resting VO_2 and cardiorespiratory fitness. In a cross-sectional study designed to determine the relationship between RMR and $\text{VO}_{2\text{max}}$, BROEDER et al. (1992) included 69 men exhibiting a wide range of cardiorespiratory fitness (32.8 to 78.1 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). A significant positive correlation was observed between $\text{VO}_{2\text{max}}$ and RMR when expressed in $\text{kJ}\cdot\text{kg}$ total body weight $\cdot\text{hr}^{-1}$ ($r = 0.68$ and $P < 0.001$), but not when expressed relative to $\text{kJ}\cdot\text{kg}$ fat-free mass $\cdot\text{hr}^{-1}$ ($r = 0.04$ and $P < 0.75$). In addition, there were no significant differences in RMR between high fitness, moderate fitness, and low fitness groups. Even so, it is feasible that the lack of a statistically significant difference in RMR between the three groups was due to the limited range in $\text{VO}_{2\text{max}}$ between the low vs. moderate fitness groups (i.e. only $\sim 10 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ or 19% [41.1 ± 0.6 vs. 51.0 ± 0.6

mL·kg⁻¹·min⁻¹]). In the present study the difference between low and high cardiorespiratory groups with respect to minimum and maximum values of VO_{2max} were ~35% (32.5 vs. 50.0 mL·kg⁻¹·min⁻¹) and ~26% (49.7 vs. 67.1 mL·kg⁻¹·min⁻¹), respectively (see Table 1).

3.5 CONCLUSION

In conclusion, the reference MET value of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ overestimated resting VO₂ in a relatively large group of apparently healthy men, aged 18-38 years. In a practical context, the reference MET value demonstrated relatively poor accuracy in defining cardiorespiratory fitness, prescribing exercise intensity, and quantifying the energy cost of treadmill running in men with low cardiorespiratory fitness, causing underestimation errors with respect to these three applications. On the other hand, minimal errors were observed in participants with high cardiorespiratory fitness. Further research needs to be conducted to investigate the applicability of the reference MET value in specific populations.

3.6 PRACTICAL IMPLICATIONS

- The reference MET value of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ does not equate to resting VO₂ in a relatively large cohort of apparently healthy men, especially those men with low cardiorespiratory fitness.
- The accuracy of MET system as a strategy to categorize cardiorespiratory fitness, prescribe exercise intensity, and establish the energy cost of physical activities seems to greater in men with higher than lower cardiorespiratory fitness levels.
- The adoption of the hypothetical resting VO₂ of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ should be considered with caution, when prescribing aerobic exercise or categorizing cardiorespiratory fitness in sedentary or unfit populations.

REFERENCES

AINSWORTH, B. E. et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 8, p. 1575-81, Aug 2011.

AINSWORTH, B. E. et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 25, n. 1, p. 71-80, Jan 1993.

BLAIR, S. N. et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. **JAMA**, v. 273, n. 14, p. 1093-8, Apr 12 1995.

BOSY-WESTPHAL, A. et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. **Am J Clin Nutr**, v. 90, n. 4, p. 993-1001, Oct 2009.

BROEDER, C. E. et al. The effects of aerobic fitness on resting metabolic rate. **Am J Clin Nutr**, v. 55, n. 4, p. 795-801, Apr 1992.

BUCHFUEHRER, M. J. et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **J Appl Physiol**, v. 55, n. 5, p. 1558-64, Nov 1983.

BYRNE, N. M. et al. Metabolic equivalent: one size does not fit all. **J Appl Physiol**, v. 99, n. 3, p. 1112-9, Sep 2005.

COMPHER, C. et al. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **J Am Diet Assoc**, v. 106, n. 6, p. 881-903, Jun 2006.

CUNHA, F. A. et al. How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO(2) in healthy men? **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 6, p. 1441-7, Jun 2013.

CUNHA, F. A. et al. Metabolic equivalent concept in apparently healthy men: a re-examination of the standard oxygen uptake value of 3.5 mL.kg(-1).min(-1.). **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 38, n. 11, p. 1115-9, Nov 2013.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, Jul 2011.

HILL, J. O. et al. Meal size and thermic response to food in male subjects as a function of maximum aerobic capacity. **Metabolism**, v. 33, n. 8, p. 743-9, Aug 1984.

HOWLEY, E. T. You asked for it: question authority. **ACSM Health Fitness J**, v. 4, p. 6-8, 2000.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 9, p. 1292-301, Sep 1995.

JETTE, M.; SIDNEY, K.; BLUMCHEN, G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. **Clin Cardiol**, v. 13, n. 8, p. 555-65, Aug 1990.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **J Sports Sci**, v. 14, n. 4, p. 321-7, Aug 1996.

KOZEY, S. et al. Errors in MET estimates of physical activities using $3.5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ as the baseline oxygen consumption. **J Phys Act Health**, v. 7, n. 4, p. 508-16, Jul 2010.

LEBLANC, J. et al. Hormonal factors in reduced postprandial heat production of exercise-trained subjects. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**, v. 56, n. 3, p. 772-6, Mar 1984.

LOUNANA, J. et al. Relationship between %HRmax, %HR reserve, %VO₂max, and %VO₂ reserve in elite cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 2, p. 350-7, Feb 2007.

MATTHEWS, C. E. et al. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 3, p. 486-93, Mar 1999.

MYERS, J. et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **N Engl J Med**, v. 346, n. 11, p. 793-801, Mar 14 2002.

NIELSEN, S. et al. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 24, n. 9, p. 1153-7, Sep 2000.

POEHLMAN, E. T.; MELBY, C. L.; BADYLAK, S. F. Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in highly trained and untrained males. **Am J Clin Nutr**, v. 47, n. 5, p. 793-8, May 1988.

POEHLMAN, E. T. et al. Aerobic fitness and resting energy expenditure in young adult males. **Metabolism**, v. 38, n. 1, p. 85-90, Jan 1989.

TOTH, M. J. Comparing energy expenditure data among individuals differing in body size and composition: statistical and physiological considerations. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**, v. 4, n. 5, p. 391-7, Sep 2001.

WASSERMAN, K. et al. **Measurements during integrative cardiopulmonary exercise testing. In: Principles of Exercise Testing and Interpretation (2nd ed) 2nd.** Philadelphia, PA: Lea & Febiger; 59-69, 1994.

CAPÍTULO IV

Considerações Finais

Considerando os resultados obtidos pelo estudo que compôs a presente dissertação de mestrado, pode-se concluir que:

O valor padrão para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ se aproxima substancialmente do valor real medido para o VO_2 de repouso em indivíduos caracterizados por elevada aptidão cardiorrespiratória; porém, este método de prescrição da intensidade do exercício aeróbio não se aplica adequadamente aqueles indivíduos com baixa aptidão cardiorrespiratória. De fato, o presente estudo observou importantes erros de subestimativa da intensidade que serviu de base para prescrição do exercício por meio do MET e, por conseguinte, em erros de subestimativa do dispêndio energético da sessão. Em outras palavras, os indivíduos com baixa aptidão cardiorrespiratória tendem a se exercitar em intensidades superiores às desejadas pelo treinamento. Logo, os valores sugeridos pelo *Compêndio de Atividades Físicas* para classificação da intensidade e cálculo do dispêndio energético parecem não se aplicar a populações heterogêneas quanto à aptidão cardiorrespiratória, ao menos para exercícios de corrida realizados em esteira rolante.

Para o desenvolvimento de novos estudos, sugere-se que:

- a) Seja investigada a influência do nível de aptidão cardiorrespiratória sobre o VO_2 de repouso em homens e mulheres com diferentes faixas etárias e níveis de condicionamento físico.

- b) A aplicabilidade dos METs para prescrição do exercício envolvendo diferentes modalidades seja investigada em populações heterogêneas para aptidão cardiorrespiratória;
- c) Sejam analisadas em que extensão o dispêndio energético estimado a partir do valor padrão para 1-MET de $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ reproduz o valor real medido em sessões de exercício com diferentes intensidades, durações e modalidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, C. et al. Physiological responses to treadmill and cycle exercise. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 1, p. 26-30, Jan 2012.

ACSM. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 9th. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

AINSWORTH, B. E. et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 8, p. 1575-81, Aug 2011.

AINSWORTH, B. E. et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. **Med Sci Sports Exerc**, v. 25, n. 1, p. 71-80, Jan 1993.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. et al. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 2000.

ARCIERO, P. J.; GORAN, M. I.; POEHLMAN, E. T. Resting metabolic rate is lower in women than in men. **J Appl Physiol**, v. 75, n. 6, p. 2514-20, Dec 1993.

ARISTIZABAL, J. C. et al. Effect of resistance training on resting metabolic rate and its estimation by a dual-energy X-ray absorptiometry metabolic map. **Eur J Clin Nutr**, v. 69, n. 7, p. 831-6, Jul 2015.

BANDINI, L. G. et al. Accuracy of standardized equations for predicting metabolic rate in premenarcheal girls. **Am J Clin Nutr**, v. 62, n. 4, p. 711-4, Oct 1995.

BANDINI, L. G.; SCHOELLER, D. A.; DIETZ, W. H. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. **Pediatr Res**, v. 27, n. 2, p. 198-203, Feb 1990.

BARTOLOMEU, R. F. et al. The aging influence on cardiorespiratory, metabolic, and energy expenditure adaptations in head-out aquatic exercises: Differences between young and elderly women. **Women Health**, p. 1-15, Mar 16 2016.

BELL, C. et al. Tonic sympathetic support of metabolic rate is attenuated with age, sedentary lifestyle, and female sex in healthy adults. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 86, n. 9, p. 4440-4, Sep 2001.

BLAIR, S. N. et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. **JAMA**, v. 273, n. 14, p. 1093-8, Apr 12 1995.

BOSY-WESTPHAL, A. et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. **Am J Clin Nutr**, v. 90, n. 4, p. 993-1001, Oct 2009.

BOSY-WESTPHAL, A. et al. Effect of organ and tissue masses on resting energy expenditure in underweight, normal weight and obese adults. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 28, n. 1, p. 72-9, Jan 2004.

BROEDER, C. E. et al. The effects of aerobic fitness on resting metabolic rate. **Am J Clin Nutr**, v. 55, n. 4, p. 795-801, Apr 1992a.

_____. The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. **Am J Clin Nutr**, v. 55, n. 4, p. 802-10, Apr 1992b.

BUCHFUEHRER, M. J. et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **J Appl Physiol**, v. 55, n. 5, p. 1558-64, Nov 1983.

BYRNE, H. K.; WILMORE, J. H. The effects of a 20-week exercise training program on resting metabolic rate in previously sedentary, moderately obese women. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 11, n. 1, p. 15-31, Mar 2001a.

_____. The relationship of mode and intensity of training on resting metabolic rate in women. **Int J Sport Nutr Exerc Metab**, v. 11, n. 1, p. 1-14, Mar 2001b.

BYRNE, N. M.; HILLS, A. P. Relationships between HR and VO₂ in the obese. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 9, p. 1419-27, Sep 2002.

BYRNE, N. M. et al. Metabolic equivalent: one size does not fit all. **J Appl Physiol**, v. 99, n. 3, p. 1112-9, Sep 2005.

CARLSOHN, A. et al. Resting metabolic rate in elite rowers and canoeists: difference between indirect calorimetry and prediction. **Ann Nutr Metab**, v. 58, n. 3, p. 239-44, 2011.

CDC. Self-reported physical inactivity by degree of urbanization--United States, 1996. **MMWR Morb Mortal Wkly Rep**, v. 47, n. 50, p. 1097-100, Dec 25 1998.

_____. Prevalence of regular physical activity among adults--United States, 2001 and 2005. **MMWR Morb Mortal Wkly Rep**, v. 56, n. 46, p. 1209-12, Nov 23 2007.

COLBERG, S. R.; SWAIN, D. P.; VINIK, A. I. Use of heart rate reserve and rating of perceived exertion to prescribe exercise intensity in diabetic autonomic neuropathy. **Diabetes Care**, v. 26, n. 4, p. 986-90, Apr 2003.

COLLINS, E. G. et al. Energy cost of physical activities in persons with spinal cord injury. **Med Sci Sports Exerc**, v. 42, n. 4, p. 691-700, Apr 2010.

COMPHER, C. et al. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. **J Am Diet Assoc**, v. 106, n. 6, p. 881-903, Jun 2006.

CUNHA, F. A. et al. Effect of continuous and intermittent bouts of isocaloric cycling and running exercise on excess postexercise oxygen consumption. **J Sci Med Sport**, v. 19, n. 2, p. 187-92, Feb 2016.

CUNHA, F. A. et al. How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO(2) in healthy men? **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 6, p. 1441-7, Jun 2013.

CUNHA, F. A. et al. The relationship between oxygen uptake reserve and heart rate reserve is affected by intensity and duration during aerobic exercise at constant work rate. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 36, n. 6, p. 839-47, Dec 2011.

CUNHA, F. A. et al. Influence of cardiopulmonary exercise testing protocol and resting VO(2) assessment on %HR(max), %HRR, %VO(2max) and %VO(2)R relationships. **Int J Sports Med**, v. 31, n. 5, p. 319-26, May 2010.

CUNHA, F. A. et al. Metabolic equivalent concept in apparently healthy men: a re-examination of the standard oxygen uptake value of 3.5 mL.kg⁻¹.min⁻¹. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 38, n. 11, p. 1115-9, Nov 2013.

CUNHA, F. A. et al. Influence of exercise modality on agreement between gas exchange and heart rate variability thresholds. **Braz J Med Biol Res**, v. 47, n. 8, p. 706-14, Aug 2014.

DALLECK, L. C.; KRAVITZ, L. Relationship Between %Heart Rate Reserve And %VO2 Reserve During Elliptical Crosstrainer Exercise. **J Sports Sci Med**, v. 5, n. 4, p. 662-71, 2006.

DAVENPORT, M. H. et al. Development and validation of exercise target heart rate zones for overweight and obese pregnant women. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 33, n. 5, p. 984-9, Oct 2008.

DIONNE, I. J. et al. Age-related differences in metabolic adaptations following resistance training in women. **Exp Gerontol**, v. 39, n. 1, p. 133-8, Jan 2004.

DOLEZAL, B. A.; POTTEIGER, J. A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. **J Appl Physiol** (1985), v. 85, n. 2, p. 695-700, Aug 1998.

DRESSENDORFER, R. H. et al. Resting oxygen uptake in coronary artery disease. Influence of chronic beta-blockade. **Chest**, v. 104, n. 4, p. 1269-72, Oct 1993.

EKELUND, U. et al. Moderate to vigorous physical activity and sedentary time and cardiometabolic risk factors in children and adolescents. **JAMA**, v. 307, n. 7, p. 704-12, Feb 15 2012.

FLETCHER, G. F. et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 128, n. 8, p. 873-934, Aug 20 2013.

FRANKENFIELD, D. Validation of an equation for resting metabolic rate in older obese, critically ill patients. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 35, n. 2, p. 264-9, Mar 2011.

FRANKENFIELD, D. C.; COLEMAN, A. An evaluation of a handheld indirect calorimeter against a standard calorimeter in obese and nonobese adults. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 37, n. 5, p. 652-8, Sep 2013.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, Jul 2011.

GILLIAT-WIMBERLY, M. et al. Effects of habitual physical activity on the resting metabolic rates and body compositions of women aged 35 to 50 years. **J Am Diet Assoc**, v. 101, n. 10, p. 1181-8, Oct 2001.

GORAN, M. I.; POEHLMAN, E. T. Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. **Am J Physiol**, v. 263, n. 5 Pt 1, p. E950-7, Nov 1992.

GUNN, S. M. et al. Determining energy expenditure during some household and garden tasks. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 5, p. 895-902, May 2002.

GUNN, S. M. et al. The energy cost of household and garden activities in 55- to 65-year-old males. **Eur J Appl Physiol**, v. 94, n. 4, p. 476-86, Jul 2005.

GUNN, S. M. et al. Measurement and prediction of energy expenditure in males during household and garden tasks. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, n. 1, p. 61-70, Jan 2004.

HASKELL, W. L. et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Circulation**, v. 116, n. 9, p. 1081-93, Aug 28 2007.

HILL, J. O. et al. Meal size and thermic response to food in male subjects as a function of maximum aerobic capacity. **Metabolism**, v. 33, n. 8, p. 743-9, Aug 1984.

HOWLEY, E. T. You asked for it: question authority. **ACSM Health Fitness J**, v. 4, p. 6-8, 2000.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R., JR.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, n. 9, p. 1292-301, Sep 1995.

HUI, S. S.; CHAN, J. W. The relationship between heart rate reserve and oxygen uptake reserve in children and adolescents. **Res Q Exerc Sport**, v. 77, n. 1, p. 41-9, Mar 2006.

HUNTER, G. R. et al. Combined aerobic and strength training and energy expenditure in older women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 7, p. 1386-93, Jul 2013.

HUNTER, G. R. et al. Resistance training conserves fat-free mass and resting energy expenditure following weight loss. **Obesity (Silver Spring)**, v. 16, n. 5, p. 1045-51, May 2008.

HUNTER, G. R. et al. Exercise Training and Energy Expenditure following Weight Loss. **Med Sci Sports Exerc**, v. 47, n. 9, p. 1950-7, Sep 2015.

HUNTER, G. R. et al. Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. **J Appl Physiol (1985)**, v. 89, n. 3, p. 977-84, Sep 2000.

JETTE, M.; SIDNEY, K.; BLUMCHEN, G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. **Clin Cardiol**, v. 13, n. 8, p. 555-65, Aug 1990.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Med**, v. 29, n. 6, p. 373-86, Jun 2000.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **J Sports Sci**, v. 14, n. 4, p. 321-7, Aug 1996.

JUNG, R. T.; SHETTY, P. S.; JAMES, W. P. The effect of beta-adrenergic blockade on metabolic rate and peripheral thyroid metabolism in obesity. **Eur J Clin Invest**, v. 10, n. 3, p. 179-82, Jun 1980.

KOZEY, S. et al. Errors in MET estimates of physical activities using $3.5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ as the baseline oxygen consumption. **J Phys Act Health**, v. 7, n. 4, p. 508-16, Jul 2010.

KREMS, C. et al. Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in body composition. **Eur J Clin Nutr**, v. 59, n. 2, p. 255-62, Feb 2005.

KWAN, M.; WOO, J.; KWOK, T. The standard oxygen consumption value equivalent to one metabolic equivalent (3.5 ml/min/kg) is not appropriate for elderly people. **Int J Food Sci Nutr**, v. 55, n. 3, p. 179-82, May 2004.

LAAKSONEN, D. E. et al. Low levels of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. **Diabetes Care**, v. 25, n. 9, p. 1612-8, Sep 2002.

LAZZER, S. et al. Assessment of energy expenditure associated with physical activities in free-living obese and nonobese adolescents. **Am J Clin Nutr**, v. 78, n. 3, p. 471-9, Sep 2003.

LEBLANC, J. et al. Hormonal factors in reduced postprandial heat production of exercise-trained subjects. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**, v. 56, n. 3, p. 772-6, Mar 1984.

LEE, M. et al. Determining metabolic equivalent values of physical activities for persons with paraplegia. **Disabil Rehabil**, v. 32, n. 4, p. 336-43, 2010.

LEMMER, J. T. et al. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 4, p. 532-41, Apr 2001.

LOUNANA, J. et al. Relationship between %HRmax, %HR reserve, %VO₂max, and %VO₂ reserve in elite cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v. 39, n. 2, p. 350-7, Feb 2007.

MARANHAO NETO GDE, A.; PONCE DE LEON, A. C.; FARINATTI PDE, T. [Cross-cultural equivalence of three scales used to estimate cardiorespiratory fitness in the elderly]. **Cad Saude Publica**, v. 24, n. 11, p. 2499-510, Nov 2008.

MATTHEWS, C. E. et al. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 3, p. 486-93, Mar 1999.

MELLECKER, R. R.; MCMANUS, A. M. Measurement of resting energy expenditure in healthy children. **JPEN J Parenter Enteral Nutr**, v. 33, n. 6, p. 640-5, Nov-Dec 2009.

MEZZANI, A. et al. Unreliability of the %VO₂ reserve versus %heart rate reserve relationship for aerobic effort relative intensity assessment in chronic heart failure patients on or off beta-blocking therapy. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**, v. 14, n. 1, p. 92-8, Feb 2007.

MONTEIRO, W. D. et al. Physiological strain to prolonged exercise bouts at the walk-run transition speeds depends on locomotion mode in healthy untrained men. **Scand J Med Sci Sports**, May 27 2016.

MONTENEGRO, R. et al. Does prefrontal cortex transcranial direct current stimulation influence the oxygen uptake at rest and post-exercise? **Int J Sports Med**, v. 35, n. 6, p. 459-64, Jun 2014.

MONTENEGRO, R. A. et al. Prefrontal cortex transcranial direct current stimulation associated with aerobic exercise change aspects of appetite sensation in overweight adults. **Appetite**, v. 58, n. 1, p. 333-8, Feb 2012.

MYERS, J. et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **N Engl J Med**, v. 346, n. 11, p. 793-801, Mar 14 2002.

NIELSEN, S. et al. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 24, n. 9, p. 1153-7, Sep 2000.

OGDEN, C. L. et al. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004. **JAMA**, v. 295, n. 13, p. 1549-55, Apr 5 2006.

OSHIMA, S. et al. Fat-free mass can be utilized to assess resting energy expenditure for male athletes of different body size. **J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)**, v. 57, n. 6, p. 394-400, 2011.

PAOLI, A. et al. High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) influences resting energy expenditure and respiratory ratio in non-dieting individuals. **J Transl Med**, v. 10, p. 237, Nov 24 2012.

PINET, B. M. et al. Exercise intensity prescription in obese individuals. **Obesity (Silver Spring)**, v. 16, n. 9, p. 2088-95, Sep 2008.

POEHLMAN, E. T.; DANFORTH, E., JR. Endurance training increases metabolic rate and norepinephrine appearance rate in older individuals. **Am J Physiol**, v. 261, n. 2 Pt 1, p. E233-9, Aug 1991.

POEHLMAN, E. T.; MELBY, C. L.; BADYLAK, S. F. Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in highly trained and untrained males. **Am J Clin Nutr**, v. 47, n. 5, p. 793-8, May 1988.

_____. Relation of age and physical exercise status on metabolic rate in younger and older healthy men. **J Gerontol**, v. 46, n. 2, p. B54-8, Mar 1991.

POEHLMAN, E. T. et al. Aerobic fitness and resting energy expenditure in young adult males. **Metabolism**, v. 38, n. 1, p. 85-90, Jan 1989.

PRATLEY, R. et al. Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 76, n. 1, p. 133-7, Jan 1994.

REEVES, M. M. et al. Reducing the time period of steady state does not affect the accuracy of energy expenditure measurements by indirect calorimetry. **J Appl Physiol (1985)**, v. 97, n. 1, p. 130-4, Jul 2004.

ROEMMICH, J. N. et al. Pubertal alterations in growth and body composition. V. Energy expenditure, adiposity, and fat distribution. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 279, n. 6, p. E1426-36, Dec 2000.

SAMMARCO, R. et al. Resting energy expenditure in adult patients with Crohn's disease. **Clin Nutr**, Jan 22 2016.

SAVAGE, P. D.; TOTH, M. J.; ADES, P. A. A re-examination of the metabolic equivalent concept in individuals with coronary heart disease. **J Cardiopulm Rehabil Prev**, v. 27, n. 3, p. 143-8, May-Jun 2007.

SERGI, G. et al. Resting VO₂, maximal VO₂ and metabolic equivalents in free-living healthy elderly women. **Clin Nutr**, v. 29, n. 1, p. 84-8, Feb 2010.

SERRA, M. C.; HAFER-MACKO, C. E.; RYAN, A. S. Reduced Resting Metabolic Rate in Adults with Hemiparetic Chronic Stroke. **J Neurol Neurophysiol**, v. 6, n. 6, Dec 22 2015.

SWAIN, D. P.; FRANKLIN, B. A. Comparison of cardioprotective benefits of vigorous versus moderate intensity aerobic exercise. **Am J Cardiol**, v. 97, n. 1, p. 141-7, Jan 1 2006.

SWAIN, D. P.; LEUTHOLTZ, B. C. Heart rate reserve is equivalent to %VO₂ reserve, not to %VO₂max. **Med Sci Sports Exerc**, v. 29, n. 3, p. 410-4, Mar 1997.

SWAIN, D. P. et al. Relationship between % heart rate reserve and % VO₂ reserve in treadmill exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 2, p. 318-21, Feb 1998.

TAGUCHI, M. et al. Resting energy expenditure can be assessed by fat-free mass in female athletes regardless of body size. **J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)**, v. 57, n. 1, p. 22-9, 2011.

TOTH, M. J. Comparing energy expenditure data among individuals differing in body size and composition: statistical and physiological considerations. **Curr Opin Clin Nutr Metab Care**, v. 4, n. 5, p. 391-7, Sep 2001.

TREUTH, M. S. et al. Fitness and energy expenditure after strength training in obese prepubertal girls. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 7, p. 1130-6, Jul 1998.

VAN PELT, R. E. et al. Age-related decline in RMR in physically active men: relation to exercise volume and energy intake. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 281, n. 3, p. E633-9, Sep 2001.

VAN PELT, R. E. et al. Regular exercise and the age-related decline in resting metabolic rate in women. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 82, n. 10, p. 3208-12, Oct 1997.

VASCONCELLOS, F. et al. Health markers in obese adolescents improved by a 12-week recreational soccer program: a randomised controlled trial. **J Sports Sci**, v. 34, n. 6, p. 564-75, 2016.

WAHRLICH, V. et al. Validation of the VO₂₀₀₀ calorimeter for measuring resting metabolic rate. **Clin Nutr**, v. 25, n. 4, p. 687-92, Aug 2006.

WASSERMAN, K. et al. **Measurements during integrative cardiopulmonary exercise testing. In: Principles of Exercise Testing and Interpretation (2nd ed) 2nd.** Philadelphia, PA: Lea & Febiger; 59-69, 1994.

WILMS, B. et al. Correction factors for the calculation of metabolic equivalents (MET) in overweight to extremely obese subjects. **Int J Obes (Lond)**, v. 38, n. 11, p. 1383-7, Nov 2014.

WITHERS, R. T. et al. Self-selected exercise intensity during household/garden activities and walking in 55 to 65-year-old females. **Eur J Appl Physiol**, v. 97, n. 4, p. 494-504, Jul 2006.

YOSHIGA, C. C.; HIGUCHI, M.; OKA, J. Lower heart rate response to ergometry rowing than to treadmill running in older men. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 23, n. 1, p. 58-61, Jan 2003.

ANEXO 1**Anamnese**

Nome: _____ Data de Nascimento: ____/____/____

Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q)

O bom senso é seu melhor guia ao responder estas questões. Queira ler as questões com extremo cuidado e responder cada uma delas com honestidade: checar SIM ou NÃO.

1. Algum médico já disse que você possui algum problema de coração e que só deveria realizar atividade física supervisionada por profissionais de saúde?

NÃO () SIM () – Descreva:

2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?

NÃO () SIM () – Descreva:

3. No último mês você sentiu dores no peito quando praticava atividade física?

NÃO () SIM () – Descreva:

4. Você apresenta desequilíbrio devido a tontura e/ou perda da consciência?

NÃO () SIM () – Descreva:

5. Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física?

NÃO () SIM () – Descreva:

6. Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração?

NÃO () SIM () – Descreva:

7. Você está a par de alguma outra razão pela qual não deveria realizar uma atividade física?

NÃO () SIM () – Descreva:

Histórico de Atividade Física:

Você pratica alguma atividade física? SIM () NÃO ()

Caso a resposta seja *SIM*:

Tempo (meses) _____

Frequência Semanal _____

Duração (min.sessão⁻¹) _____

Li, compreendi e completei este questionário. Todas as dúvidas que eu tinha foram respondidas de uma maneira plenamente satisfatória.

Assinatura: _____

Testemunha: _____

ANEXO 2

Termo de Informação e Consentimento

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa, cujo principal objetivo reside em investigar a acurácia dos equivalentes metabólicos (METs) para prescrição do exercício aeróbio a partir do valor estimado e medido para 1-MET. Para tanto, serão necessárias um total de 2 à 3 visitas. A seguir, são explicados, todos os procedimentos envolvidos no estudo. É muito importante que você entenda tudo o que está escrito. Leia atentamente o texto e, mediante qualquer dúvida, não hesite em questionar-nos.

1ª Visita: Destinada à avaliação da composição corporal, medidas em repouso de consumo de oxigênio (VO_2), consistindo em uma duração de 60 min. Previamente à realização das medidas, as seguintes instruções padronizadas serão fornecidas aos indivíduos: a) não praticarem qualquer tipo de atividade física no dia anterior a medida; b) não consumirem bebidas alcoólicas, coladas ou com cafeína nas 24 horas precedentes ao teste; c) jejum de pelo menos 6h; d) durante a ida ao laboratório, realizar o mínimo de esforço.

2ª: Destinadas à medida da aptidão cardiorrespiratória por meio de teste cardiopulmonar de exercício máximo (TCPE) em esteira rolante. A visita levará 1h de duração. Previamente à realização do TCPE, os sujeitos serão orientados a: a) não praticarem qualquer tipo de esforço físico no dia anterior (24h); b) não consumirem bebidas alcoólicas, coladas ou com cafeína nas 8 horas precedentes ao teste; c) não ingerir alimentos 3h antes do teste.

3ª Visita: Será destinada ao protocolo submáximo de treinamento em esteira rolante com duração de 30 min (fase específica) Previamente à realização dos testes, os sujeitos serão orientados a: a) não praticarem qualquer tipo de esforço físico no dia anterior (24h); b) não consumirem bebidas alcoólicas, coladas ou com cafeína nas 8 horas precedentes ao teste; c) não ingerir alimentos 3h antes do teste.

Observações finais

1 - Durante o período destinado à coleta de dados, não será permitido aos voluntários realizar exercícios além dos requisitados nos experimentos. Além disso, diariamente antes de iniciar a tomada de dados, os indivíduos deverão informar aos avaliadores qualquer modificação ocorrida em sua rotina de atividades, bem como qualquer sintoma de dor ou incômodo evidenciado.

2 - Os dados obtidos nesta investigação serão confidenciais, não sendo comunicados a outras pessoas sem a sua permissão, a não ser para fins acadêmicos, incluindo a publicação de trabalhos científicos, onde será preservado o seu anonimato.

3 - Em estudos dessa natureza podem ocorrer dores ou desconfortos. Caso aconteçam quaisquer problemas durante a coleta de dados, você receberá toda assistência, inclusive médica, caso necessário.

4 - Todos os voluntários terão acesso aos dados de sua participação na pesquisa.

5 - Lembre-se que sua participação é voluntária e a qualquer momento, antes ou durante sua realização, se assim o desejar, você poderá desistir sem qualquer ônus a sua pessoa.

6 - Estando ciente do conteúdo dessa forma e aceitando as condições de sua realização, solicitamos que assine esse termo de consentimento.

Rio de Janeiro , _____ de _____ de _____.

Voluntário

Avaliador

ANEXO 3

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PEDRO ERNESTO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



Rio de Janeiro, 08 de Fevereiro de 2012

Do: Comitê de Ética em Pesquisa
Prof.: Wille Oigman
Para: Aut. Felipe Amorim da Cunha /Orient. Prof. Paulo de Tarso Veras Farinatti
Registro CEP/HUPE: 3082/2011 (este número deverá ser citado nas correspondências referentes ao projeto)
CAAE: 0222.0.228.000-11

O Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto, após avaliação, considerou o projeto, "EFEITOS DE SESSÕES ISOCALÓRICAS DE EXERCÍCIO AERÓBIO SOBRE A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA" aprovado, encontrando-se este dentro dos padrões éticos da pesquisa em seres humanos, conforme Resolução n.º196 sobre pesquisa envolvendo seres humanos de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O pesquisador deverá informar ao Comitê de Ética qualquer acontecimento ocorrido no decorrer da pesquisa.

O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que ao término da pesquisa encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto.

Prof. Wille Oigman
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
HUPE/UERJ

ANEXO 4

Formato Final do Artigo Submetido ao International Journal of Sports Medicine (IJSM)

Manuscript submitted to editorial office



Standardized MET value underestimates the energy cost of treadmill running in men

Journal:	<i>International Journal of Sports Medicine</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Training & Testing
Key word:	aerobic exercise, energy expenditure, resting metabolic rate, compendium of physical activities, intensity classification
Abstract:	<p>Compare the reference metabolic equivalent (MET) value and observed resting VO₂ for defining cardiorespiratory fitness (CRF) and characterizing the energy cost of treadmill running. A heterogeneous cohort of 114 healthy men volunteered to participate. In Part 1 of the study, 100 men visited the laboratory twice for assessment of resting VO₂ and CRF (VO₂max). In Part 2, a further 14 men also completed these assessments plus a 30-min bout of running at 8.0 km·h⁻¹ (8.3 METs according to the Compendium of Physical Activities). Mean observed resting VO₂ values of 3.28 (Part 1) and 3.07 (Part 2) mL·kg⁻¹·min⁻¹ were lower than the reference MET value of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (P < 0.001 and P = 0.005, respectively). Resting VO₂ was positively correlated with CRF (R = 0.68, P < 0.001). The CRF and energy cost of treadmill running were consequently underestimated when calculated using the reference MET value only for those with low CRF (P = 0.005 to P < 0.001). In conclusion, the reference MET value considerably overestimated observed resting VO₂ in men with low CRF, resulting in underestimations of cardiorespiratory fitness, exercise intensity prescription, and the energy cost of running.</p>

SCHOLARONE™
Manuscripts

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

TITLE PAGE

Standardized MET value underestimates the energy cost of treadmill running in men

Running Head: Metabolic equivalents in exercise prescription

For Peer Review

Abstract

Compare the reference metabolic equivalent (MET) value and observed resting VO_2 for defining cardiorespiratory fitness (CRF) and characterizing the energy cost of treadmill running. A heterogeneous cohort of 114 healthy men volunteered to participate. In Part 1 of the study, 100 men visited the laboratory twice for assessment of resting VO_2 and CRF ($\text{VO}_{2\text{max}}$). In Part 2, a further 14 men also completed these assessments plus a 30-min bout of running at $8.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (8.3 METs according to the Compendium of Physical Activities). Mean observed resting VO_2 values of 3.28 (Part 1) and 3.07 (Part 2) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ were lower than the reference MET value of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P < 0.001$ and $P = 0.005$, respectively). Resting VO_2 was positively correlated with CRF ($R = 0.68$, $P < 0.001$). The CRF and energy cost of treadmill running were consequently underestimated when calculated using the reference MET value only for those with low CRF ($P = 0.005$ to $P < 0.001$). In conclusion, the reference MET value considerably overestimated observed resting VO_2 in men with low CRF, resulting in underestimations of cardiorespiratory fitness, exercise intensity prescription, and the energy cost of running.

Keywords: aerobic exercise; energy expenditure; resting metabolic rate; compendium of physical activities; intensity classification.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Introduction

The metabolic equivalent (MET) has been used in various important applications relating to exercise and health, such as defining levels of cardiorespiratory fitness [16], prescribing physical exercise [11], and quantifying the energy cost of a wide variety of physical activities [1,2]. By convention, one MET is defined as a resting oxygen uptake (VO_2) of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. A potential limitation in the application of this reference MET value, is that it seems to have been derived from the observed resting VO_2 of a single 40-year-old man with a body mass of approximately 70 kg [7,14,27]. There is a growing body of empirical evidence that the reference MET value significantly overestimates mean resting VO_2 in healthy adults [7,10,18]. A study involving 642 women and 127 men aged 18-74 years, for example, observed that the mean resting VO_2 of $2.56 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ was 29% lower than the reference MET value [7]. Errors when employing the reference MET value for different practical applications are therefore likely to occur. However, the extent of such errors has not been established.

Another issue is that a large inter-individual variation in resting VO_2 has been observed. Age, sex, and body composition are well-established in explaining some of this variation [4,23,26], but a factor that could help identify unexplained variance that has received little attention is cardiorespiratory fitness. Kozey et al. [18] categorized 118 men and 134 women according to quintiles of cardiorespiratory fitness. The mean \pm SD resting VO_2 of $2.7 \pm 0.28 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ observed in the lowest fitness quintile was 18% lower than the $3.3 \pm 0.39 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ in the highest fitness quintile, and 23% lower than the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. A limitation of this study, however, is that $\text{VO}_{2\text{max}}$ was not directly assessed, but estimated using an equation proposed by Matthews et al. [21] based on age, height, sex, body mass, and a self-reported indicator of physical activity status. Further support for the influence of cardiorespiratory fitness on resting VO_2 comes from a study that directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ in a group of 26 highly trained cyclists with mean \pm SD $\text{VO}_{2\text{max}}$ of $70.9 \pm 1.2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ [20]. The observed mean \pm SD resting VO_2 of $4.3 \pm 0.2 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ was 29% higher than the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. To our knowledge, however, the relationship between directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ and resting VO_2 in a heterogeneous cohort has not been investigated.

Errors of overestimation and underestimation of resting VO_2 have clear potential to influence the categorization of cardiorespiratory fitness and determination of energy cost of treadmill running. Hence the main purpose of the present study was to compare the reference MET value and observed resting VO_2

1
2
3 with respect to these applications and the extent to which cardiorespiratory fitness is associated with
4 resting VO_2 . We hypothesized that the resting VO_2 would be lower than the standard value in individuals
5 with low cardiorespiratory fitness, therefore resulting in underestimations of the classification of
6 cardiorespiratory fitness, exercise intensity prescription, and energy cost of running.
7
8

9 10 11 **Materials and methods**

12 13 14 *Participants*

15
16
17 A total of 114 healthy men volunteered to participate in the study. Exclusion criteria were: a) use of
18 medication that influencing the cardiovascular or metabolic responses to exercise; b) smoking or use of
19 ergogenic substances that could affect exercise performance; and c) any cardiovascular, respiratory, bone,
20 muscle, or joint problems that could compromise the safety of physical exercise. The study was
21 performed in accordance with the ethical standards required by the journal [12] and was approved by
22 institutional ethics committee board (reference 3082/2011). All participants provided written informed
23 consent.
24
25

26 27 28 29 30 31 *Procedures*

32
33
34 In the first part of the study, 100 participants visited the laboratory on two occasions. During the first visit
35 resting VO_2 was determined, anthropometric measurements were taken, and participants were
36 familiarized with the equipment and test protocols. On the second visit a maximal cardiopulmonary
37 exercise test (CPET) for determining $\text{VO}_{2\text{max}}$ was performed. The first part of the study allowed to
38 compare the reference MET value vs. observed resting VO_2 and to investigate the association between
39 resting VO_2 and cardiorespiratory fitness. In the second part of the experiment, another 14 participants
40 performed the same procedures as in the first part, plus one additional visit involving a submaximal
41 exercise bout with continuous work rate. This allowed to investigate the accuracy of reference MET value
42 to determine the energy expenditure of the submaximal running as proposed by the Compendium of
43 Physical Activities. All running tests were performed on the same motorized treadmill (InbramedTM Super
44 ATL, Porto Alegre, RS, Brazil).
45
46
47
48
49
50

51 52 53 54 55 56 *Resting VO_2 assessment*

1
2
3 The resting VO_2 was determined in accordance with the recommendations of Compher et al. [8]:
4 abstention of physical exercise, alcohol, soft drinks and caffeine in the 24 h preceding the assessment,
5 fasting for 8 h preceding the assessment, and minimum effort when travelling to the laboratory. In the
6 laboratory, the participants laid in a calm thermoneutral environment (mean \pm SD temperature, $22.5 \pm$
7 1.5°C) for an acclimation period of 10-min, after which the VO_2 was measured for 30-min in a supine
8 position. The resting VO_2 was taken as the average of the last 5 min of steady-state data (i.e. coefficient
9 of variation $\leq 10\%$ during 5 min), since this time period has been previously shown to elicit a VO_2 steady-
10 state and high test-retest reliability [9].
11
12
13
14
15
16

17 18 19 *Maximal and submaximal exercise tests*

20
21 A ramp protocol was used to determine the $\text{VO}_{2\text{max}}$. The workload increments were individualized to
22 elicit each subject's limit of tolerance in 8-12 min [6]. The tests were considered maximal if at least three
23 of the four following criteria were satisfied: a) maximum voluntary exhaustion defined by attaining a 10
24 on the Borg CR-10 scale; b) 90% of predicted HR_{max} [$220 - \text{age}$] or presence of heart rate plateau (ΔHR
25 between two consecutive work rates $\leq 4 \text{ beats}\cdot\text{min}^{-1}$); c) presence of VO_2 plateau (ΔVO_2 between two
26 consecutive work rates of less than $2.1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); and d) maximal respiratory exchange ratio
27 ($\text{RER}_{\text{max}} > 1.10$ [15]). Based on the $\text{VO}_{2\text{max}}$ values, observed and reference MET_{max} values were
28 calculated (i.e. observed $\text{MET}_{\text{max}} = \text{VO}_{2\text{max}} + \text{resting } \text{VO}_2$ in $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; reference $\text{MET}_{\text{max}} = \text{VO}_{2\text{max}} +$
29 $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).
30
31
32
33
34
35
36
37
38

39
40 Seventy-two hours after performing the maximal CPET, a subgroup of 14 participants performed a 30-
41 min bout of running at $8.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, which is an exercise intensity equivalent to 8.3 METs according to the
42 Compendium of Physical Activities [1]. The treadmill grade was set at 1%, which has been found to
43 reflect the energetic cost of outdoor, level overground running [17]. The running bout was preceded by a
44 5-min warm-up at $5.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and 1% grade. The intensity classification for treadmill running was
45 calculated from two different methods: a) observed METs = average VO_2 during exercise $+ \text{resting } \text{VO}_2$
46 in $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; and b) reference METs: average VO_2 during exercise $+ 3.5$ in $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. The energy
47 cost of the running bout was calculated by the following formula: energy cost (kcal) = intensity
48 classification based on observed or reference METs \times body mass in kg \times duration in hours [1]. To negate
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 the confounding effects of the initial (fast) VO_2 on-kinetics, the data for the first 3-min of the running
4
5 bout were omitted from all analyses [18].
6

7
8 Expired gases were collected during the maximal CPET and 30-min running bout using a VO2000
9
10 analyser (Medical Graphics™, Saint Louis, MO, USA) and a silicone face mask (Hans Rudolph™,
11
12 Kansas, MO, USA). The gas analysers and pneumotacograph were calibrated according to the
13
14 manufacturer's instructions. Immediately prior to each exercise bout, the gas analysers were calibrated
15
16 using a certified standard mixture of oxygen (17.01%) and carbon dioxide (5.00%), balanced with
17
18 nitrogen (AGA™, Rio de Janeiro, RJ, Brazil). The flows and volumes of the pneumotacograph were
19
20 calibrated using a syringe graduated for a 3 L capacity (Hans Rudolph™, Kansas, MO, USA). Heart rate
21
22 was measured continuously using a cardiotachometer (RS800cx, Polar™, Kempele, Finland) and beat-by-
23
24 beat data were 30-s stationary time-averaged.

25 26 *Statistical analyses*

27
28 All statistical analyses were performed using Statistica 10 software (StatSoft™, Tulsa, OK, USA).
29
30 Descriptive sample statistics are reported as the mean and standard deviation (SD). One-sample t tests
31
32 were used to test the null hypotheses that there were no mean differences between the MET value and
33
34 observed resting VO_2 , MET_{max} , MET exercise intensity classification, and the energy cost of the running
35
36 bout. The Pearson correlation was used to determine the relationship between $\text{VO}_{2\text{max}}$ and observed
37
38 resting VO_2 . In addition, the median $\text{VO}_{2\text{max}}$ value was used as the criterion to categorize participants into
39
40 low and high cardiorespiratory fitness groups to investigate the influence of cardiorespiratory fitness on
41
42 the differences between the reference MET value and observed resting VO_2 [lower cardiorespiratory
43
44 fitness (1st part of the study: $n = 48$, $\text{VO}_{2\text{max}} < 50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 2nd part of the study:
45
46 $n = 7$, $\text{VO}_{2\text{max}} < 43.3.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and higher cardiorespiratory fitness (1st part of the study:
47
48 $n = 52$, $\text{VO}_{2\text{max}} \geq 50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 2nd part of the study: $n = 7$; $\text{VO}_{2\text{max}} \geq 43.3 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$].

49 50 **Results**

51
52 Sample descriptive statistics for age, anthropometric variables, resting VO_2 , and CPET outcomes are
53
54 shown in Table 1. The mean observed resting VO_2 of 3.28 (95% CI = 3.18 to 3.36) and 3.07 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
55
56 (95% CI = 2.79 to 3.34) for the 1st and 2nd parts of the study were significantly lower than the reference
57
58
59
60

1
2
3 MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (mean difference = 0.22, 95% CI = 0.14 to 0.30, $t = 5.2$, $P < 0.001$ and
4 mean difference = 0.43, 95% CI = 0.15 to 0.70, $t = 3.3$, $P = 0.005$, respectively). With regard to the
5 groups with lower cardiorespiratory fitness, the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ was
6 significantly higher than the mean observed resting VO_2 values of 3.06 (mean difference = 0.44, 95% CI
7 = 0.32 to 0.55, $t = 7.7$, $P < 0.001$) and 2.67 (mean difference = 0.83, 95% CI = 0.60 to 1.05, $t = 9.0$, $P <$
8 0.001) $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ determined during the 1st and 2nd parts of the study, respectively. However, no
9 statistically significant difference was detected between the reference MET value and observed resting
10 VO_2 values for the groups with higher cardiorespiratory fitness (1st part of the study: $P = 0.867$; 2nd part of
11 the study $P = 0.778$).

12
13
14
15
16
17
18
19
20
21 INSERT TABLE 1

22
23
24 Figure 1 shows the relationship between $\text{VO}_{2\text{max}}$ and resting VO_2 , which was strongly positively
25 correlated in the 1st part of the study ($R = 0.68$; $P < 0.001$).

26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

31
32 Table 2 shows the MET_{max} and the exercise intensity classification and energy cost of the 30-min running
33 bout, calculated from the reference MET value and observed resting VO_2 . Overall, the values for MET_{max} ,
34 exercise intensity, and energy cost of treadmill running were significantly underestimated when derived
35 from the reference MET value of $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($P = 0.005$ to $P < 0.001$), especially for the groups
36 with lower cardiorespiratory fitness. In the 1st part of the study, for example, the mean difference between
37 reference vs. observed MET_{max} values increased from 7% (mean difference: 1.0 MET; $P < 0.001$) to 12%
38 (mean difference: 1.7 METs; $P < 0.001$) when considering all participants vs. only the lower
39 cardiorespiratory fitness group. In the 2nd part of the study, the level of underestimation of the observed
40 exercise intensity and energy cost increased substantially from 14% (mean difference: 1.3 METs; $P =$
41 0.007) to 24% (mean difference: 2.6 METs; $P = 0.007$) and 15% (mean difference: 62 kcals; $P = 0.005$)
42 to 24% (mean difference: 101 kcals; $P = 0.001$) (see Table 2). Unlike the lower cardiorespiratory fitness
43 group, there was no significant difference between the reference and observed MET intensities ($P =$
44 0.674) and energy cost of the treadmill running bout ($P = 0.679$) for the higher cardiorespiratory fitness
45 group.

INSERT TABLE 2

Discussion

The present study compared the reference MET value and observed resting VO_2 for defining cardiorespiratory fitness, prescribing exercise intensity, and quantifying the energy cost of treadmill running in a heterogeneous cohort of healthy men. The extent to which cardiorespiratory fitness explained variance in resting VO_2 also was investigated. The main finding was that the reference MET value of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ overestimated resting VO_2 in men with low cardiorespiratory fitness, which resulted in underestimations of cardiorespiratory fitness, exercise intensity prescription, and the energy cost of running.

The findings of the present study concur with previous studies [7,10,18] that one MET is not equivalent to a resting VO_2 of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ in heterogeneous adult cohorts. In fact, 74 (65%) of the 114 participants in the present study had observed resting VO_2 values lower than 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. There was, however, a strong positive correlation between directly assessed $\text{VO}_{2\text{max}}$ and observed resting VO_2 , meaning that overestimation errors in resting VO_2 tended to mostly affect those with low cardiorespiratory fitness.

The MET system has been used in research for defining levels of cardiorespiratory fitness as MET_{max} values, particularly with respect to evaluating its prognostic value in predicting cardiovascular risk [3,22].

The MET_{max} is quantified using tables of the energy cost of running based upon treadmill speed and slope and dividing by the reference MET value of 3.5 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. The findings of the present study revealed that MET_{max} was significantly underestimated in low cardiorespiratory groups when calculated from the widely accepted reference MET value. The same limitation of the MET system was reported within the context of exercise prescription, where the adoption of the reference MET value resulted in unacceptably large underestimation errors for treadmill running intensity and energy cost compared to when the observed resting VO_2 was used. These errors therefore mostly affect low fitness individuals, which are the least likely to be meeting physical exercise recommendations for promoting health.

Another issue is the large inter-individual variation in observed resting VO_2 identified in previous research [7,10,18], as well as the participants in the present study (see Table 1). Byrne et al. [7] reported

1
2
3 that 62% of this variation could be explained by differences in fat mass and fat-free mass, whilst age
4 explained only 14%. Additionally, BMI was strongly positively correlated with fat mass ($r^2 = 0.93$, $P <$
5 0.001), and the variance in resting VO_2 was also well explained by a combination of BMI, age and
6 gender. These findings were not supported by Cunha et al. [10], however, as BMI explained only 0.15%
7 of the variance in the resting VO_2 of 125 healthy men. A question therefore arises as to what additional
8 factors might explain the unexplained variance. One factor is cardiorespiratory fitness, which is thought
9 to potentiate the energy requirements of tissue thereby increasing resting metabolic rate (RMR) and
10 resting VO_2 [24,25]. Poehlman et al. [24], for example, compared the RMR and resting VO_2 of 18 healthy
11 men aged 18 to 37 yr, who were classified as either trained ($n = 9$, $VO_{2max} = 70.5 \pm 1.8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) or
12 untrained ($n = 9$, $VO_{2max} = 53.0 \pm 2.4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). The authors observed a higher RMR (i.e. 9%) and
13 resting VO_2 (i.e. 18%) in the trained vs. untrained participants (i.e. 1.29 vs. 1.17 $\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ and ~ 3.69 vs.
14 $3.01 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectively). This effect persisted even when participants were matched for body fat
15 content. These authors subsequently observed a strong positive correlation between RMR and VO_{2max} ($r =$
16 0.77 and $P < 0.01$) in 28 healthy men, aged 19 to 36 yr, and a wide VO_{2max} range of 40 to 80 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
17 [25]. Our findings concur with those studies; however, other studies reported conflicting findings
18 [5,13,19], which might be accounted for two methodological issues: a) small sample sizes and insufficient
19 statistical power to detect correlations between resting VO_2 and VO_{2max} ; and b) failure to investigate a
20 wide range of cardiorespiratory fitness levels. Indeed, the sample sizes of 14 and 8 participants adopted
21 by LeBlanc et al. [19] and Hill et al. [13], respectively, are limited for investigating associations between
22 resting VO_2 and cardiorespiratory fitness. In a cross-sectional study designed to determine the
23 relationship between RMR and VO_{2max} , Broeder et al. [5] included 69 men exhibiting a wide range of
24 cardiorespiratory fitness (32.8 to 78.1 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). A significant positive correlation was observed
25 between VO_{2max} and RMR when expressed in $\text{kJ}\cdot\text{kg}$ total body weight $\cdot\text{hr}^{-1}$ ($r = 0.68$ and $P < 0.001$), but
26 not when expressed relative to $\text{kJ}\cdot\text{kg}$ fat-free mass $\cdot\text{hr}^{-1}$ ($r = 0.04$ and $P < 0.75$). In addition, there were no
27 significant differences in RMR between high fitness, moderate fitness, and low fitness groups. Even so, it
28 is feasible that the lack of a statistically significant difference in RMR between the three groups was due
29 to the limited range in VO_{2max} between the low vs. moderate fitness groups (i.e. only $\sim 10 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
30 or 19% [41.1 ± 0.6 vs. $51.0 \pm 0.6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$]). In the present study the difference between low and
31 high cardiorespiratory groups with respect to minimum and maximum values of VO_{2max} were $\sim 35\%$ (32.5
32 vs. $50.0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) and $\sim 26\%$ (49.7 vs. $67.1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), respectively (see Table 1).
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 In conclusion, the reference MET value of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ overestimated resting VO₂ in a relatively
4 large group of apparently healthy men, aged 18-38 years. In a practical context, the reference MET value
5 demonstrated relatively poor accuracy in defining cardiorespiratory fitness, prescribing exercise intensity,
6 and quantifying the energy cost of treadmill running in men with low cardiorespiratory fitness, causing
7 underestimation errors with respect to these three applications. On the other hand, minimal errors were
8 observed in participants with high cardiorespiratory fitness. Further research needs to be conducted to
9 investigate the applicability of the reference MET value in specific populations.
10
11
12
13
14

15 16 17 **Conflict of Interest**

18
19
20 The authors report no conflict of interest.
21

22 23 **References**

- 24
25
26 1. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Jr., Tudor-Locke C, Greer
27 JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second
28 update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43: 1575-1581
29
30
31 2. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR, Jr., Montoye HJ, Sallis JF, Paffenbarger RS,
32 Jr. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical
33 activities. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25: 71-80
34
35
36 3. Blair SN, Kohl HW, 3rd, Barlow CE, Paffenbarger RS, Jr., Gibbons LW, Macera CA. Changes
37 in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men.
38 *JAMA* 1995; 273: 1093-1098
39
40
41 4. Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, Heller M, Gluer CC,
42 Heymsfield SB, Muller MJ. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated
43 decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 993-1001
44
45
46 5. Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS, Wilmore JH. The effects of aerobic fitness on resting
47 metabolic rate. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 795-801
48
49
50 6. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the
51 exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983; 55: 1558-1564
52
53
54 7. Byrne NM, Hills AP, Hunter GR, Weinsier RL, Schutz Y. Metabolic equivalent: one size does
55 not fit all. *J Appl Physiol* 2005; 99: 1112-1119
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

8. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc* 2006; 106: 881-903
9. Cunha FA, Midgley AW, Monteiro W, Freire R, Lima T, Farinatti PT. How long does it take to achieve steady state for an accurate assessment of resting VO(2) in healthy men? *Eur J Appl Physiol* 2013; 113: 1441-1447
10. Cunha FA, Midgley AW, Montenegro R, Oliveira RB, Farinatti PT. Metabolic equivalent concept in apparently healthy men: a re-examination of the standard oxygen uptake value of 3.5 mL.kg(-1).min(-1). *Appl Physiol Nutr Metab* 2013; 38: 1115-1119
11. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, Swain DP. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43: 1334-1359
12. Harriss DJ, Atkinson G. Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research: 2016 Update. *Int J Sports Med* 2015; 36: 1121-1124
13. Hill JO, Heymsfield SB, McMannus C, 3rd, DiGirolamo M. Meal size and thermic response to food in male subjects as a function of maximum aerobic capacity. *Metabolism* 1984; 33: 743-749
14. Howley ET. You asked for it: question authority. *ACSM Health Fitness J* 2000; 4: 6-8
15. Howley ET, Bassett DR, Jr., Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1292-1301
16. Jette M, Sidney K, Blumchen G. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol* 1990; 13: 555-565
17. Jones AM, Doust JH. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. *J Sports Sci* 1996; 14: 321-327
18. Kozey S, Lyden K, Staudenmayer J, Freedson P. Errors in MET estimates of physical activities using 3.5 ml x kg(-1) x min(-1) as the baseline oxygen consumption. *J Phys Act Health* 2010; 7: 508-516

- 1
2
3 19. LeBlanc J, Diamond P, Cote J, Labrie A. Hormonal factors in reduced postprandial heat
4 production of exercise-trained subjects. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1984; 56:
5 772-776
6
7
8 20. Lounana J, Campion F, Noakes TD, Medelli J. Relationship between %HRmax, %HR reserve,
9 %VO2max, and %VO2 reserve in elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 350-357
10
11 21. Matthews CE, Heil DP, Freedson PS, Pastides H. Classification of cardiorespiratory fitness
12 without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 486-493
13
14 22. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and
15 mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 2002; 346: 793-801
16
17 23. Nielsen S, Hensrud DD, Romanski S, Levine JA, Burguera B, Jensen MD. Body composition
18 and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid. *Int J*
19 *Obes Relat Metab Disord* 2000; 24: 1153-1157
20
21 24. Poehlman ET, Melby CL, Badylak SF. Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in
22 highly trained and untrained males. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 793-798
23
24 25. Poehlman ET, Melby CL, Badylak SF, Calles J. Aerobic fitness and resting energy expenditure
25 in young adult males. *Metabolism* 1989; 38: 85-90
26
27 26. Toth MJ. Comparing energy expenditure data among individuals differing in body size and
28 composition: statistical and physiological considerations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001;
29 4: 391-397
30
31 27. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Measurements during integrative
32 cardiopulmonary exercise testing. In: *Principles of Exercise Testing and Interpretation* (2nd ed)
33 2nd ed: Philadelphia, PA: Lea & Febiger; 59-69; 1994
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

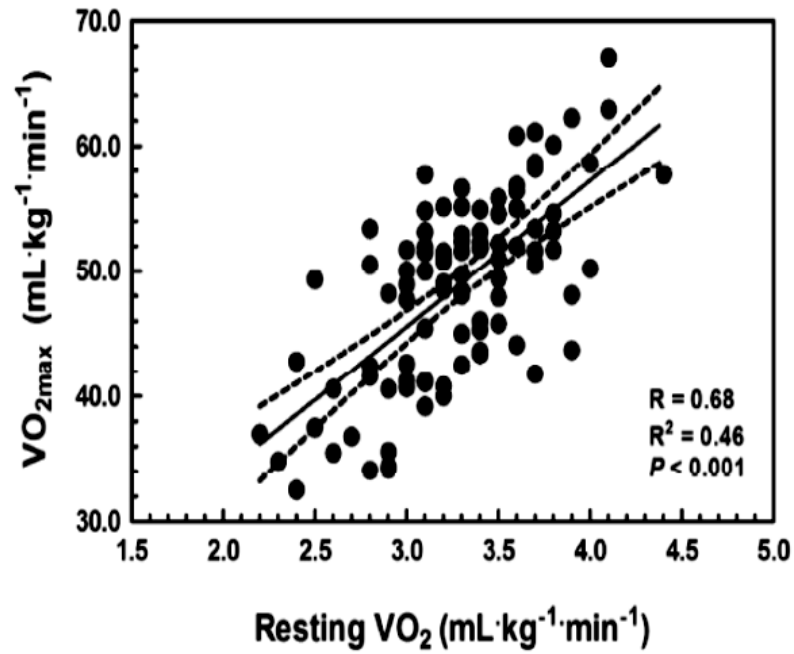
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Figure legends

Figure 1. Relationship between maximal and resting VO_2 values in the 1st part of the study (N = 100). The dashed lines represent the 95 limits of agreement of the best-fit line. Each point represents an individual participant. Pearson correlation coefficient is given.

For Peer Review

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60



136x94mm (300 x 300 DPI)

Review

Table 1. Mean \pm SD (range) participant characteristics.

	Variable	1 st part of study (n = 100)	2 nd part of study (n = 14)	
Anthropometric assessment	Age – All participants (yr)	24 \pm 5 (18-38)	25 \pm 6 (18-36)	
	Age – lower CRF (yr)	24 \pm 5 (18-36)	30 \pm 4 (23-36)	
	Age – higher CRF (yr)	24 \pm 6 (18-38)	26 \pm 5 (18-30)	
	Height – All participants (cm)	177.0 \pm 8.2 (160.8-201.5)	177.3 \pm 7.4 (165.6-188.8)	
	Height – lower CRF (cm)	176.8 \pm 7.7 (160.8-192.3)	177.2 \pm 10.1 (165.6-188.8)	
	Height – higher CRF (cm)	177.1 \pm (162.9-201.5)	177.4 \pm 4.0 (169.8-183.0)	
	Body mass – All participants (kg)	75.1 \pm 10.2 (52.6-110.9)	74.2 \pm 9.0 (61.9-87.7)	
	Body mass – lower CRF (kg)	77.9 \pm 10.9 (52.6-110.9)	76.8 \pm 9.8 (62.0-87.7)	
	Body mass – higher CRF (kg)	72.4 \pm 8.7 (54.4-100.8)	71.7 \pm 8.1 (61.9-79.6)	
	Body mass index – All participants (kg m ⁻²)	23.9 \pm 2.5 (19.3-33.8)	23.6 \pm 2.5 (19.6-28.2)	
Resting assessment	Body mass index – lower CRF (kg m ⁻²)	24.8 \pm 2.7 (19.3-33.8)	24.5 \pm 2.7 (20.6-28.2)	
	Body mass index – higher (kg m ⁻²)	23.1 \pm 1.3 (19.6-27.3)	22.7 \pm 2.0 (19.6-24.8)	
	Resting oxygen uptake – All participants (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.3 \pm 0.4 (2.2 – 4.4) *	3.1 \pm 0.5 (2.3-3.8) *	
	Resting oxygen uptake – lower CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.1 \pm 0.4 (2.2-3.9) *†	2.7 \pm 0.2 (2.3-2.9) *†	
	Resting oxygen uptake – higher CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	3.5 \pm 0.3 (2.8-4.4)	3.5 \pm 0.3 (3.0-3.8)	
	Maximal cardiopulmonary exercise test	Maximal oxygen uptake – All participants (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	48.9 \pm 7.3 (32.5-67.1)	45.6 \pm 6.8 (35.3-56.6)
		Maximal oxygen uptake – lower CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	42.8 \pm 4.9 (32.5-49.7)	40.0 \pm 3.0 (35.3-42.0)
		Maximal oxygen uptake – higher CRF (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	54.4 \pm 3.8 (50.0-67.1)	51.2 \pm 4.1 (43.6-56.6)

CRF = cardiorespiratory fitness. * Significantly lower than the reference MET value of 3.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ ($P < 0.01$). † Significantly lower than the observed resting VO₂ for the higher CRF group ($P < 0.001$).

Table 2. Sample mean \pm SD MET_{max}, MET intensity, and energy cost of running computed from the reference MET value and observed resting VO₂ values. The mean difference (Mean diff), confidence interval (95% CI), and test statistic t (t-test) between the reference vs. observed outcomes also are included.

Variable	Sample size (n)	Reference	Observed	Reference-Observed differences			
		Mean \pm SD (range)	Mean \pm SD (range)	Mean diff	95% CI	t-test	P-values
Maximal cardiopulmonary exercise test							
MET _{max} – All participants	(100)	13.9 \pm 2.1 (9.3-19.2)	14.9 \pm 1.7 (11.2-19.7)	1.0	0.6, 1.4	5.3	< 0.001
MET _{max} – lower CRF group	(48)	12.2 \pm 1.4 (9.3-14.2)	13.9 \pm 1.9 (10.4-19.7)	1.7	1.2, 2.3	2.3	< 0.001
MET _{max} – higher CRF group	(52)	15.5 \pm 1.1 (14.3-19.2)	16.4 \pm 2.2 (12.6-26.6)	0.9	0.1, 1.6	2.5	0.019
30-min running bout at 8.0 km·h⁻¹							
MET intensity – All participants	(14)	8.3	9.5 \pm 1.8 (7.3-13.5)	1.3	0.4, 2.3	3.2	0.007
MET intensity – lower CRF group	(7)	8.3	10.7 \pm 1.5 (9.4-13.5)	2.6	1.6, 3.6	6.1	< 0.001
MET intensity – higher CRF group	(7)	8.3	8.2 \pm 0.9 (7.3-9.7)	0.1	-0.5, 0.7	0.4	0.718
Energy cost (kcal) – All participants	(14)	302 \pm 44 (241-352)	354 \pm 90 (237-522)	53	17, 88	3.1	0.008
Energy cost (kcal) – lower CRF group	(7)	313 \pm 49 (241-352)	414 \pm 82 (301-522)	101	57, 145	5.6	0.001
Energy cost (kcal) – higher CRF group	(7)	291 \pm 38 (243-340)	295 \pm 49 (237-386)	4	-20, 28	0.4	0.679

CRF = cardiorespiratory fitness.