



Artigo Original

Original Article



**Associação de variáveis antropométricas e cardiorrespiratórias com consumo de oxigênio de pico segundo características da lesão medular: um estudo seccional preliminar**

***Association of Anthropometric and Cardiorespiratory Variables with Peak Oxygen Consumption According to Spinal Cord Injury Characteristics: A Preliminary Cross-Sectional Study***

Kátia Prenda de Souza<sup>1</sup> MSc; Míriam Raquel Meira Mainenti<sup>2</sup> PhD; Patrícia dos Santos Vigário<sup>§1</sup> PhD

Recebido em: 30 de abril de 2024. Aceito em: 25 de junho de 2024.

Publicado online em: 09 de julho de 2024.

DOI: 10.37310/ref.v93i1.2980

**Resumo**

**Introdução:** A estimativa do consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) deve incluir variáveis que representem as características da população avaliada.

**Objetivo:** Examinar a associação de variáveis antropométricas, de esforço cardiorrespiratório e de características específicas da lesão medular (LM) com o  $VO_{2pico}$  em homens.

**Métodos:** Estudo observacional seccional com nove homens com LM alta incompleta: tetraplegia (grupo TETRA) e 08 com LM baixa completa: paraplegia (grupo PARA). A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada pelo teste cardiopulmonar de esforço em cicloergômetro para membros superiores, sendo considerados no pico do esforço:  $VO_{2pico}$  (L/min), carga (w) e frequência cardíaca (bpm). Para a composição corporal foram considerados: somatório de 4 dobras cutâneas (mm), massa corporal total (kg) e perímetro muscular de braço (cm). Como variável relativa à LM foi considerado o nível/altura da LM (grupo). Um modelo de regressão linear multivariado com método "Backward" ( $\alpha=5\%$ ) foi feito para a determinação do  $VO_{2pico}$  (IBM SPSS 27.0).

**Resultados:** As variáveis antropométricas consideradas não se correlacionaram com o  $VO_{2pico}$ . A análise multivariada resultou no modelo  $F(2,14) = 25,25; p < 0,001; R^2 = 0,783$ , com a equação:  $VO_{2pico} = 0,134 + 0,256 * \text{grupo}$  (TETRA=0; PARA=1) +  $0,014 * \text{carga (w)}$ , sendo a carga a variável mais importante para a determinação do  $VO_{2pico}$ .

**Conclusão:** Neste estudo preliminar, a carga e a altura/nível da LM foram as variáveis que melhor determinaram o  $VO_{2pico}$ , enquanto as variáveis antropométricas não se correlacionaram com o  $VO_{2pico}$ .

**Palavras-chave:** deficiência física, aptidão cardiorrespiratória, composição corporal, reabilitação.

**Pontos Chave**

- As variáveis antropométricas não se mostraram correlacionadas ao  $VO_{2pico}$  e portanto, não foram incluídas no modelo multivariado.
- A carga no pico do esforço e o nível/altura da lesão foram as variáveis que estiveram associadas ao  $VO_{2pico}$ .
- A carga foi a variável mais importante para a determinação do  $VO_{2pico}$ .

<sup>§</sup>Autor correspondente: Patrícia dos Santos Vigário – ORCID: 0000-0001-6097-1456; e-mail: [patriciavigario@yahoo.com.br](mailto:patriciavigario@yahoo.com.br)

Afiliações: <sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação; Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM);

<sup>2</sup>Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx).

### Abstract

**Introduction:** The estimation of peak oxygen uptake ( $VO_{2peak}$ ) should include variables that represent the characteristics of the population evaluated.

**Objective:** To examine the association of anthropometric variables, cardiorespiratory exertion, and specific characteristics of spinal cord injury (SCI) with  $VO_{2peak}$  in men.

**Methods:** Observational cross-sectional study with nine men with incomplete upper SCI: tetraplegia (TETRA group) and 08 with complete low SCI: paraplegia (PARA group). Cardiorespiratory fitness was assessed by the cardiopulmonary exercise test on a cycle ergometer for the upper limbs, and the following were considered at peak exertion:  $VO_{2peak}$  (L/min), load (w) and heart rate (bpm). For body composition, the following were considered: sum of 4 skinfolds (mm), total body mass (kg) and arm muscle circumference (cm). The SCI level/height (group) was considered as a variable related to SCI. A multivariate linear regression model with the "Backward" method ( $\alpha=5\%$ ) was used to determine  $VO_{2peak}$  (IBM SPSS 27.0).

**Results:** The anthropometric variables considered did not correlate with  $VO_{2peak}$ . Multivariate analysis resulted in model  $F(2,14) = 25,25; p < 0.001; R^2 = 0.783$ , with the equation:  $VO_{2peak} = 0.134 + 0.256 * \text{group}$  (TETRA=0; PARA=1) +  $0.014 * \text{load (w)}$ , with load being the most important variable for determining  $VO_{2peak}$ .

**Conclusion:** In this preliminary study, load and height/level of LM were the variables that best determined  $VO_{2peak}$ , while anthropometric variables did not correlate with  $VO_{2peak}$ .

**Keywords:** physical disability, cardiorespiratory fitness, body composition, rehabilitation.

### Key Points

- Anthropometric variables were not correlated with  $VO_{2peak}$  and were therefore not included in the multivariate model.
- Peak load and injury level/height were the variables that were associated with  $VO_{2peak}$ .
- Load was the most important variable for determining  $VO_{2peak}$ .

## Associação de variáveis antropométricas e cardiorrespiratórias com consumo de oxigênio de pico segundo características da lesão medular: um estudo seccional preliminar

### Introdução

A lesão medular (LM) causa repercussões na saúde física e emocional (1-3), em aspectos socioeconômicos e na qualidade de vida dos indivíduos (4,5). As complicações cardiovasculares relacionadas ao comprometimento no controle autonômico cardíaco são a principal causa de morte em pessoas com LM(5). Isso ocorre, pois, as fibras simpáticas que inervam o coração possuem origem na medula espinhal e, dessa forma, na presença de uma lesão as trocas de informações entre a periferia e o sistema nervoso autônomo ficam comprometidas. Draghici & Taylor(6) destacaram que as alterações no controle autonômico cardíaco podem acontecer independentemente do nível/altura da lesão e da sua completude(6). Como consequência,

pessoas com LM apresentam, por exemplo, menor frequência cardíaca em esforço, menor pressão arterial e menor consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ )(7,8).

O  $VO_{2máx}$  é a variável que melhor representa a aptidão aeróbia do indivíduo, pois traduz a integração entre os sistemas cardiovascular, respiratório e muscular(9). O nível de atividade física, a composição corporal, a idade e o sexo estão entre os fatores que influenciam diretamente o  $VO_{2máx}$ (10,11), sendo que baixos valores de  $VO_{2máx}$  estão descritos na literatura como preditores de morbimortalidade cardiovascular(12). Em populações com doenças específicas e/ou condições limitantes, como na LM, o alcance do  $VO_{2máx}$  esforço nem sempre é possível devido às limitações físicas, biomecânicas e/ou fisiológicas do avaliado. Por isso, o consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) é frequentemente

utilizado, sendo este definido como o maior valor de consumo de O<sub>2</sub> durante um esforço progressivo(13).

O teste cardiopulmonar de esforço (TCPE) até a exaustão voluntária máxima é o método padrão-ouro utilizado para a obtenção do VO<sub>2máx</sub> e do VO<sub>2pico</sub>(14). A sua aplicabilidade inclui, entre outros, a avaliação global da capacidade cardiorrespiratória em esforço, o fornecimento de informações para a prescrição de exercícios físicos e a orientação em programas de reabilitação(15).

Pelo fato do TCPE exigir profissionais qualificados, ambiente controlado e equipamentos sofisticados para a sua realização(13), o acesso a toda a população é restrito. Tendo estas e outras considerações em vista, o VO<sub>2máx</sub> é frequentemente estimado por meio de equações que buscam, pelo meio indireto, atender as características da população que está sob investigação, de modo que o valor estimado se assemelhe ao valor real.

Considerando que o VO<sub>2máx</sub> assim como o VO<sub>2pico</sub>, em geral, é menor nas pessoas com LM quando comparadas às pessoas sem LM, conhecê-lo é relevante para possível estratificação de risco cardiovascular, assim como a avaliação dos efeitos do treinamento físico sobre o sistema cardiorrespiratório. Sabendo-se que o nível/altura da LM interfere diretamente na funcionalidade e na composição corporal dos indivíduos(16), e estas por sua vez estão relacionadas ao VO<sub>2pico</sub>(17), o objetivo do presente estudo foi examinar a associação de variáveis antropométricas, de esforço cardiorrespiratório e de características específicas da lesão medular (LM) com o VO<sub>2pico</sub> em homens.

## Métodos

### *Desenho de estudo e amostra*

Um estudo observacional do tipo seccional foi conduzido com homens com LM, sendo 09 com LM alta incompleta: tetraplegia (quarta à sétima vértebra cervical; grupo TETRA) e 08 com LM baixa completa: paraplegia (primeira vértebra torácica à segunda vértebra

lombbar; grupo PARA). Todos os participantes tinham idade maior ou igual a 18 anos, eram fisicamente ativos com o tempo mínimo de seis meses de prática esportiva recreacional (rugby em cadeira de rodas no grupo TETRA e basquete em cadeira de rodas no grupo PARA) e foram selecionados por conveniência em duas associações de esportes para pessoas com deficiência no Rio de Janeiro, Brasil. Como critérios de exclusão foram considerados: tabagistas, usuários de substâncias influenciem a resposta da frequência cardíaca em repouso ou durante o esforço, tal como betabloqueadores, simpatomiméticos e simpatolíticos, e aqueles que apresentavam dor ou limitação musculoesquelética incapacitante para a realização do teste cardiopulmonar de esforço (TCPE).

### *Aspectos éticos*

O estudo foi conduzido de acordo com a Resolução N°466/ 2012 do Conselho Nacional de Saúde, e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional (CAAE: 37041520.4.0000.5235). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes da participação no estudo.

### *Variáveis de estudo*

A variável desfecho foi o VO<sub>2pico</sub> e as variáveis de exposição foram as medidas antropométricas e os componentes do teste cardiopulmonar.

### *Procedimentos de coleta de dados*

#### **Teste Cardiopulmonar de Esforço - TCPE**

Para a avaliação da aptidão cardiorrespiratória (VO<sub>2max</sub>, F e VO<sub>2pico</sub> em esforço foi realizado um TCPE com intensidade crescente, em um cicloergômetro para membros superiores (TopExcite; TechnoGym; Itália). Todos os testes foram realizados no período da manhã, em um laboratório com temperatura e umidade segundo as recomendações propostas(18). Os participantes foram orientados quanto aos procedimentos pré-teste, incluindo o uso de vestimentas confortáveis, a realização da última refeição – leve – pelo menos 2-3h antes do teste, e a

não realização exercícios físicos extenuantes e o não consumo de bebida alcoólica nas 24h prévias ao dia do teste(13).

A carga inicial do cicloergômetro foi ajustada em 20w, a cada minuto de esforço houve um incremento de 2w ou 5w (de acordo com a funcionalidade dos membros superiores dos participantes) e a ciclagem foi mantida entre 50-60rpm(19). Houve incentivo verbal para o alcance do esforço máximo e o teste foi interrompido por exaustão ou pelo aparecimento de um dos critérios definidos pelo *American College of Sports Medicine*(20).

Ao longo de todo o teste, os participantes permaneceram conectados a um analisador metabólico de gases ventilatórios (VO2000; MedGraphics; Brasil) que permitiu a leitura da ventilação pulmonar (VE; L/min) e das frações expiradas de oxigênio ( $FeO_2$ ; %) e de gás carbônico ( $FeCO_2$ ; %). As informações foram registradas respiração-a-respiração e plotadas como a média de 30 segundos. Os registros eletrocardiográficos foram coletados e armazenados em tempo real utilizando-se o protocolo de 12 derivações (*software* Ergomet; Micromed; Brasil). Para tal, foram utilizados eletrodos de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) descartáveis (3M; Brasil).

As seguintes variáveis foram consideradas: (i) consumo absoluto de oxigênio no pico do esforço ( $VO_{2pico}$ ; L/min), caracterizado como o maior valor na curva de  $VO_2$  no último minuto do teste – considerado na análise como variável dependente, e (ii) carga (potência; w) e frequência cardíaca ( $FC_{pico}$ ; bpm) no pico do esforço – consideradas como variáveis independentes.

### Variáveis antropométricas

Foram realizadas as seguintes medidas antropométricas: massa corporal total em uma balança de base alargada, tipo plataforma, para o uso de cadeira de rodas (Micheletti; São Paulo; Brasil; 100g), estatura com os indivíduos deitados em decúbito dorsal, sendo feita a leitura da distância entre o vértex e a planta dos pés (fita métrica flexível; CESCORF; Rio Grande do Sul; Brasil; 0,1cm), perímetro de

braço relaxado (fita métrica flexível; CESCORF; Rio Grande do Sul; Brasil; 0,1cm) e dobras cutâneas de tríceps, bíceps, subescapular e suprailíaca (plicômetro científico CESCORF; Rio Grande do Sul; Brasil; 0,1mm)(21). Foram calculados a perímetro muscular do braço (PMB; cm) pela fórmula:  $PB - [\pi \times DC(TRI)]$ , onde PB = perímetro de braço relaxado, DC(TRI) = dobra cutânea de tríceps(22) e o somatório das quatro dobras cutâneas (mm). Todas as variáveis antropométricas medidas e calculadas foram consideradas na análise como independentes.

### Análise estatística

Os resultados foram descritos pelo cálculo da média  $\pm$  desvio-padrão e valores mínimo e máximo. A normalidade das variáveis foi verificada pelo teste de Shapiro Wilk. As comparações entre os grupos TETRA (=0) e PARA (=1) foram feitas com o teste T-Student e o tamanho de efeito (TDE) calculado pelo g de Hedges. Para a classificação do TDE utilizou-se a proposta descrita por Sawilowsky(23):  $\leq 0,01$  = muito pequeno;  $> 0,01$  TDE  $\leq 0,2$  = pequeno;  $> 0,2$  TDE  $\leq 0,5$  = médio;  $> 0,5$  TDE  $\leq 0,8$  = grande;  $> 0,8$  TDE  $\leq 1,2$  = muito grande, e  $> 1,2$  = imenso.

Para a determinação do  $VO_{2pico}$  foi feito um modelo de regressão linear multivariado, com o método *Backward*. Foram testadas no modelo as variáveis independentes que na análise bivariada com o  $VO_{2pico}$  apresentaram correlação classificada como moderada ou superior (coeficiente de correlação de Pearson  $\geq 0,5$ )(24). Todas as análises foram realizadas no programa estatístico IBM SPSS *Statistics for Windows* versão 27.0 (Armonk, NY: IBM Corp.), considerando significativo quando  $p < 0,05$ .

## Resultados

Os grupos se mostraram semelhantes em relação à idade (TETRA=34,4 $\pm$ 7,5; mínimo=25; máximo=47 anos; PARA = 42,4 $\pm$ 8,2; mínimo=25; máximo=50 anos;  $p=0,05$ ) e ao tempo de LM (TETRA= 12,2 $\pm$ 5,7; mínimo=4; máximo=24 anos; PARA 8,6 $\pm$ 7,5; mínimo=3; máximo=26

anos;  $p=0,280$ ). Os grupos se diferiram em relação à massa corporal total, somatório de quatro dobras cutâneas e perímetro muscular de braço, com menores valores médios para o grupo TETR, com TDE classificados como muito grande ou imenso (Tabela 1).

Na Tabela 2 estão apresentadas às variáveis relativas à capacidade cardiorrespiratória. O grupo TETRA apresentou menores valores médios de FC<sub>pico</sub> ( $p=0,009$ ), VO<sub>2pico</sub> ( $p=0,004$ ) e carga ( $p=0,042$ ), com TDE classificados como muito grande ou imenso.

Após a análise de correlação bivariada entre as variáveis independentes e o VO<sub>2pico</sub>, as seguintes foram testadas no modelo de

regressão multivariado: grupo, carga no final do esforço e FC no final do esforço. A análise resultou em dois modelos estatisticamente significativos e optou-se pela escolha do mais parcimonioso, isto é, com menor número de variáveis independentes e erro:  $F(2,14) = 25,25$ ;  $p < 0,001$ ;  $R^2=0,783$ . A tolerância mostrou que o modelo atendeu ao pressuposto da colinearidade (valor de tolerância= 0,753). A equação resultante foi:  $VO_{2pico} = 0,134 + 0,256 * \text{grupo (TETRA=0; PARA =1)} + 0,014 * \text{carga (w)}$  (Tabela 3). Pela análise dos coeficientes  $\beta$  padronizados, observou-se que a carga ( $\beta=0,686$ ) foi aproximadamente duas vezes mais importante que o grupo ( $\beta=0,314$ ) na determinação do VO<sub>2pico</sub>.

**Tabela 1** – Características antropométricas dos participantes do estudo de acordo com o nível/ altura da lesão medular

	<b>TETRA</b> <b>(n=09)</b>	<b>PARA</b> <b>(n=08)</b>	<b>P</b>	<b>TDE</b>
Massa corporal total (kg)	67,7 ± 9,2 50,7 – 80,1	80,8 ± 14,9 58,9 – 100,2	<b>0,042</b>	-1,025
Estatura (cm)	179,7 ± 5,7 171 – 188,5	174,8 ± 7,2 164 – 184	0,135	0,729
Somatório de 4 dobras cutâneas (mm)	30,9 ± 10,2 16,5 – 47,7	57,2 ± 18,8 34 – 97,5	<b>0,004</b>	-1,636
Perímetro muscular de braço (cm)	28,2 ± 4,6 21,8 – 34,2	33,9 ± 4,0 28,7 – 39,7	<b>0,019</b>	-1,249

*P*: *p*-valor resultado do teste *t*-Student; **TDE**: tamanho do efeito estimado pelo *g* de Hedges; Nível de significância estatística = 5%.

**Tabela 2** – Variáveis relativas à capacidade cardiorrespiratória no pico do esforço dos participantes do estudo

	<b>TETRA</b> <b>(n=09)</b>	<b>PARA</b> <b>(n=08)</b>	<b>P</b>	<b>TDE</b>
FC <sub>pico</sub> (bpm)	121,8 ± 27,4 82 - 167	155,6 ± 16,8 127 – 179	<b>0,009</b>	-1,393
VO <sub>2pico</sub> (L/min)	0,7 ± 0,2 0,2 – 0,9	1,2 ± 0,4 0,9 – 2,3	<b>0,004</b>	-1,547
Carga (w)	42,6 ± 13,5 22 - 60	63,1 ± 23,9 45 - 120	<b>0,042</b>	-1,023

FC<sub>pico</sub>: frequência cardíaca de pico; VO<sub>2pico</sub>: consumo absoluto de oxigênio de pico; *P*: *p*-valor resultado do teste *t*-Student; **TDE**: tamanho do efeito estimado pelo *g* de Hedges; Nível de significância estatística = 5%.

**Tabela 3** – Regressão linear multivariada modelo *backward* para determinação do  $VO_{2pico}$  a partir das variáveis consideradas no estudo

	Coeficientes $\beta$ não- padronizados		Coeficientes $\beta$ padronizados	Intervalo de confiança de 95% para o Beta		<i>t</i>	<i>P</i>
	$\beta$	Erro- padrão		Limite inferior	Limite superior		
Constante	0,134	0,139	-	-0,164	0,433	0,964	0,351
Grupo	0,256	0,117	0,314	0,005	0,508	2,187	<b>0,046</b>
Carga	0,014	0,003	0,686	0,007	0,020	4,779	<b>&lt;0,001</b>

$\beta$ : coeficiente beta resultante da regressão linear multivariada; *t*: teste *t* ( $H_1: \beta \neq 0$ ); *P*: *p*-valor resultante do teste *t* de Student.

## Discussão

Os principais achados foram: (i) As variáveis antropométricas não se mostraram correlacionadas ao  $VO_{2pico}$  e, portanto, não foram incluídas no modelo multivariado; (ii) A carga no pico do esforço e o nível/altura da lesão foram as variáveis que estiveram associadas ao  $VO_{2pico}$  e (iii) A carga foi a variável mais importante para a determinação do  $VO_{2pico}$ .

Recentemente, Lee *et al.*(25) realizaram um estudo para a predição do  $VO_{2max}$  em homens paraplégicos (n=26) a partir de variáveis antropométricas(25). Dentre as variáveis consideradas no estudo – estatura, massa corporal, percentual de gordura, Índice de Massa Corporal e massa muscular de braço – somente a massa corporal (junto à idade) foi preditora do  $VO_{2max}$ . Ressalta-se, no entanto, que a amostra foi homogênea quanto ao nível/ altura da LM, isto é, foi composta somente por pessoas com LM baixa – entre a segunda vértebra torácica e a quinta vértebra lombar –, diferentemente do presente estudo cujos participantes apresentavam LM baixa e alta.

No presente estudo, os grupos PARA e TETRA foram estatisticamente diferentes quanto às variáveis antropométricas consideradas, demonstrando haver uma associação entre a altura/ nível da LM e repercussões na composição corporal(26). Indiscutivelmente, o impacto da altura/ nível da LM não se restringe à composição corporal, abrangendo outros sistemas e

órgãos, além da funcionalidade global da pessoa com LM(27). Dessa forma, pode-se supor que a altura/ nível da LM quando se mostra relacionada com a determinação do  $VO_{2pico}$  englobe, de certa forma, as variáveis antropométricas além de outras que eventualmente podem determinar o  $VO_{2pico}$ .

Em indivíduos sem LM, uma das fórmulas mais usadas para a estimativa do  $VO_{2max}$  e prescrição do treinamento físico tem como variáveis predictoras a velocidade e inclinação ao final de um teste máximo em esteira [ $VO_{2max} = (0,2 \times \text{velocidade}) + (0,9 \times \text{velocidade} \times \text{inclinação}) + 3,5$ ](20). Em protocolos utilizando cicloergômetros para membros inferiores, a carga também é descrita como variável preditora do  $VO_{2max}$  juntamente com a massa corporal total em diversas equações, incluindo as propostas por Astrand & Rodahl(28), pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte(29) e por Balke & Ware(30). De fato, existe uma associação entre a intensidade (carga) e o consumo de oxigênio durante o exercício físico aeróbio, isto é, quanto maior o esforço, maiores são as demandas metabólicas e a necessidade de ressíntese de ATP.

O nível/altura da LM associa-se positivamente com as limitações causadas nos diversos órgãos e sistemas, ou seja, quanto mais altos os segmentos acometidos, maiores as repercussões. Herrmann *et al.*(31) compararam a funcionalidade de indivíduos com tetraplegia e paraplegia por

meio da aplicação da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF) e encontraram que as limitações funcionais e de participação eram maiores nos indivíduos com tetraplegia. Em relação à aptidão cardiorrespiratória, assim como observado no presente estudo, Jason *et al.*(32) observaram menor capacidade cardiorrespiratória em esforço em indivíduos com tetraplegia (n=22) quando comparados aos indivíduos com tetraplegia (n=16). Resultados semelhantes também foram descritos por Hooker *et al.*(33) e Leicht *et al.*(34) e reforçam que a altura/nível da lesão é um fator importante na determinação de diferenças no consumo de oxigênio.

Uma das formas de minimizar os efeitos deletérios da LM em múltiplos cenários é por meio da prática de exercícios físicos. Miller & Herbert(35) destacam que pacientes que dão início à reabilitação com exercícios físicos logo no primeiro ano após a LM apresentam uma grande economia financeira devido a um menor número de internações e a uma menor dependência com serviços de assistência médica. O sedentarismo, que geralmente possui alta prevalência nessa população, é outro fator que contribui para o aumento do risco de complicações e menor sobrevida. A avaliação do VO<sub>2pico</sub> antes e durante a rotina de treinamento é uma estratégia que desejavelmente deve ser adotada para não somente se conhecer o nível inicial de condicionamento aeróbio, como também acompanhar as respostas crônicas ao treinamento.

#### *Pontos fortes e limitações do estudo*

O presente estudo tem como limitação os seguintes pontos: (i) a realização do TCPE em um cicloergômetro para membros superiores, cuja mecânica do movimento de ciclagem não representa o movimento realizado no cotidiano para a propulsão da cadeira de rodas; (ii) a não realização de um re-teste para a verificação da reprodutibilidade dos resultados encontrados no TCPE; (iii) o tamanho da amostra, fato este que pode limitar o poder do estudo e (iv) a não validação da equação

gerada. No entanto, como uma abordagem preliminar traz *insights* para que novos estudos que sejam realizados considerando as limitações aqui apresentadas, além de apresentar aplicabilidade prática na abordagem da capacidade cardiorrespiratória de indivíduos com LM.

## **Conclusão**

O objetivo do estudo foi investigar a relação entre variáveis antropométricas, de esforço cardiorrespiratório e características relacionadas à LM na determinação do VO<sub>2pico</sub> em homens com LM. A carga no pico do esforço e a altura/nível da LM foram as variáveis que se apresentaram como preditivas do VO<sub>2pico</sub> em homens, enquanto as variáveis antropométricas não se mostraram correlacionadas ao VO<sub>2pico</sub>.

Em termos práticos, a utilização da carga no pico do esforço e a altura/nível da LM na equação apresentada permite que o VO<sub>2pico</sub> em homens com LM seja determinado de uma forma prática, rápida e com baixo custo financeiro, por não demandar equipamentos específicos e sofisticados, além de profissionais especializados para a realização do TCPE.

#### *Agradecimentos*

Os autores também agradecem à Academia Paralímpica Brasileira, do Comitê Paralímpico Brasileiro (APB/CPB), pelo apoio científico.

#### *Declaração de conflito de interesses*

Nenhum conflito de interesses em relação ao presente estudo.

#### *Declaração de financiamento*

Este estudo foi apoiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ, No. E-26/211.104/2021 e N° E-26/203.256/2017) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal (CAPES, Finance Code 001; N° 88881.708719/2022-01, e N° 88887.708718/2022-00).

## **Referências**

1. Wecht JM, Harel NY, Guest J, Kirshblum SC, Forrest GF, Bloom O, *et al.* Cardiovascular Autonomic Dysfunction in Spinal Cord Injury: Epidemiology,

- Diagnosis, and Management. *Seminars in neurology*. 2020;40(5): 550–559. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713885>.
2. Budd MA, Gater DRJ, Channell I. Psychosocial Consequences of Spinal Cord Injury: A Narrative Review. *Journal of personalized medicine*. 2022;12(7). <https://doi.org/10.3390/jpm12071178>.
  3. Ahuja CS, Wilson JR, Nori S, Kotter MRN, Druschel C, Curt A, et al. Traumatic spinal cord injury. *Nature reviews. Disease primers*. 2017;3: 17018. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.18>.
  4. Quadri SA, Farooqui M, Ikram A, Zafar A, Khan MA, Suriya SS, et al. Recent update on basic mechanisms of spinal cord injury. *Neurosurgical review*. 2020;43(2): 425–441. <https://doi.org/10.1007/s10143-018-1008-3>.
  5. Phillips AA, Krassioukov A V. Contemporary Cardiovascular Concerns after Spinal Cord Injury: Mechanisms, Maladaptations, and Management. *Journal of neurotrauma*. 2015;32(24): 1927–1942. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.3903>.
  6. Draghici AE, Taylor JA. Baroreflex autonomic control in human spinal cord injury: Physiology, measurement, and potential alterations. *Autonomic neuroscience : basic & clinical*. 2018;209: 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2017.08.007>.
  7. Gee CM, West CR, Krassioukov A V. Boosting in Elite Athletes with Spinal Cord Injury: A Critical Review of Physiology and Testing Procedures. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 2015;45(8): 1133–1142. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0340-9>.
  8. Hunt C, Moman R, Peterson A, Wilson R, Covington S, Mustafa R, et al. Prevalence of chronic pain after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Regional anesthesia and pain medicine*. 2021;46(4): 328–336. <https://doi.org/10.1136/rapm-2020-101960>.
  9. Adachi H. Cardiopulmonary Exercise Test. *International heart journal*. 2017;58(5): 654–665. <https://doi.org/10.1536/ihj.17-264>.
  10. Rossi Neto JM, Tebexreni AS, Alves ANF, Smanio PEP, de Abreu FB, Thomazi MC, et al. Cardiorespiratory fitness data from 18,189 participants who underwent treadmill cardiopulmonary exercise testing in a Brazilian population. *PloS one*. 2019;14(1): e0209897. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209897>.
  11. Hackett DA. Lung Function and Respiratory Muscle Adaptations of Endurance- and Strength-Trained Males. *Sports (Basel, Switzerland)*. 2020;8(12). <https://doi.org/10.3390/sports8120160>.
  12. Khan H, Jaffar N, Rauramaa R, Kurl S, Savonen K, Laukkanen JA. Cardiorespiratory fitness and nonfatalcardiovascular events: A population-based follow-up study. *American heart journal*. 2017;184: 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2016.10.019>.
  13. Glaab T, Taube C. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respiratory research*. 2022;23(1): 9. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01895-6>.
  14. Ferguson M, Shulman M. Cardiopulmonary Exercise Testing and Other Tests of Functional Capacity. *Current anesthesiology reports*. 2022;12(1): 26–33. <https://doi.org/10.1007/s40140-021-00499-6>.
  15. DeCato TW, Haverkamp H, Hegewald MJ. Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET). *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2020;201(1): P1–P2. <https://doi.org/10.1164/rccm.2011P1>.
  16. McMillan DW, Nash MS, Gater DRJ, Valderrábano RJ. Neurogenic Obesity and Skeletal Pathology in Spinal Cord Injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*. 2021;27(1): 57–67. <https://doi.org/10.46292/sci20-00035>.
  17. Tweedy SM, Beckman EM, Geraghty TJ, Theisen D, Perret C, Harvey LA, et al. Exercise and sports science Australia (ESSA) position statement on exercise and spinal cord injury. *Journal of science and medicine in sport*. 2017;20(2): 108–115. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.02.001>.

18. Winkert K, Kirsten J. Cardiopulmonary exercise testing – methodological aspects. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin/German Journal of Sports Medicine*. 2022;73(5): 184–188. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2022.538>.
19. Campos LFCC de. *Comparação entre métodos para mensuração da potência aeróbia em atletas tetraplégicos*. Universidade Estadual de Campinas; 2013.
20. American College of Sports Medicine. *Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. 8th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2011.
21. ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry). *International Standards for Anthropometric Assessment*. Australia: ISAK; 2001.
22. Gurney JM, Jelliffe DB. Arm anthropometry in nutritional assessment: nomogram for rapid calculation of muscle circumference and cross-sectional muscle and fat areas. *The American journal of clinical nutrition*. 1973;26(9): 912–915. <https://doi.org/10.1093/ajcn/26.9.912>.
23. Sawilowsky SS. New Effect Size Rules of Thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*. 2009;8(2): 597–599. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1257035100>.
24. Hinkle DE, Wiersma W JS. *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin; 2003.
25. Lee BS, Bae JH, Choi YJ, Lee JA. Predicting Maximum Oxygen Uptake from Non-Exercise and Submaximal Exercise Tests in Paraplegic Men with Spinal Cord Injury. *Healthcare (Basel, Switzerland)*. 2023;11(5). <https://doi.org/10.3390/healthcare11050763>.
26. Raguindin PF, Bertolo A, Zeh RM, Fränkl G, Itodo OA, Capossela S, et al. Body Composition According to Spinal Cord Injury Level: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*. 2021;10(17). <https://doi.org/10.3390/jcm10173911>.
27. Guest J, Datta N, Jimshelishvili G, Gater DRJ. Pathophysiology, Classification and Comorbidities after Traumatic Spinal Cord Injury. *Journal of personalized medicine*. 2022;12(7). <https://doi.org/10.3390/jpm12071126>.
28. Åstrand P, Rodahl K. *Textbook of work physiology*. New York, NY, US: McGraw-Hill; 1986.
29. American College of Sports Medicine. *Guidelines for exercise testing and exercise prescription*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1980.
30. Balke B, Ware RW. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *United States Armed Forces medical journal*. 1959;10(6): 675–688.
31. Herrmann KH, Kirchberger I, Biering-Sørensen F, Cieza A. Differences in functioning of individuals with tetraplegia and paraplegia according to the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). *Spinal cord*. 2011;49(4): 534–543. <https://doi.org/10.1038/sc.2010.156>.
32. Au JS, Sithamparapillai A, Currie KD, Krassioukov A V, MacDonald MJ, Hicks AL. Assessing Ventilatory Threshold in Individuals With Motor-Complete Spinal Cord Injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2018;99(10): 1991–1997. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.05.015>.
33. Hooker SP, Greenwood JD, Hatae DT, Husson RP, Matthiesen TL, Waters AR. Oxygen uptake and heart rate relationship in persons with spinal cord injury. *Medicine and science in sports and exercise*. 1993;25(10): 1115–1119.
34. Leicht CA, Bishop NC, Goosey-Tolfrey VL. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2012;22(6): 729–736. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01328.x>.
35. Miller LE, Herbert WG. Health and economic benefits of physical activity for patients with spinal cord injury. *Clinic Economics and outcomes research: CEOR*. 2016;8: 551–558. <https://doi.org/10.2147/CEOR.S115103>.