

Aptidão cardiorrespiratória durante o teste cardiorrespiratório de esforço de indivíduos com amputação unilateral de membro inferior

Cardiorespiratory fitness during cardiopulmonary exercise testing in individuals with unilateral lower limb amputation

Roberto Miranda Ramos Costa¹ , Patrícia Marques Aroso Lisboa de Castro¹ , Mauro Augusto dos Santos^{2,3} , Míriam Raquel Meira Mainenti⁴ , Agnaldo José Lopes¹ , Patrícia dos Santos Vigário¹ 

1. Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
2. Instituto Nacional de Cardiologia (INC), Rio de Janeiro, RJ, Brasil
3. ACE Cardiologia do Exercício, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
4. Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

Introdução: A amputação de membros inferiores impacta na mobilidade dos indivíduos, podendo levar a uma baixa aptidão cardiorrespiratória. O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) é tradicionalmente utilizado para descrever a aptidão cardiorrespiratória. Contudo, a sua obtenção nem sempre é viável em populações com limitações funcionais e, por isso, análises em níveis submáximos de esforço podem ser uma estratégia eficiente. **Objetivo:** Testar a hipótese de que indivíduos com amputação unilateral de membro inferior possuem aptidão cardiorrespiratória menor em diferentes intensidades de esforço comparados a indivíduos sem amputação. **Métodos:** Estudo seccional com 6 indivíduos com amputação de membro inferior e 10 indivíduos sem amputação. A aptidão cardiorrespiratória foi investigada pelo teste de esforço cardiorrespiratório, sendo considerados: VO_{2pico} absoluto e relativo, limiar ventilatório 1 (LV1) e Ponto Ótimo Cardiorrespiratório (POC). **Resultados:** Os indivíduos amputados apresentaram menor VO_{2pico} absoluto e relativo que os não amputados. O valor absoluto do POC, o tempo e a carga, não se diferiram entre os grupos, porém o grupo com amputação apresentou o POC em um maior percentual do VO_{2pico} ($p = 0,007$) e em um menor VO_2 relativo e absoluto ($p = 0,004$ e $p = 0,009$, respectivamente). No LV1, não houve diferença entre os grupos no tempo, carga e percentual do VO_{2pico} , contudo os amputados apresentaram menor VO_2 relativo e absoluto ($p = 0,046$ e $p = 0,032$, respectivamente). **Conclusão:** Indivíduos com amputação de membro inferior apresentaram menor aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço quando comparados com indivíduos sem amputação, porém apresentaram a maior eficiência entre os sistemas respiratório e circulatório em um maior $\%VO_{2pico}$.

Palavras-chave: pessoa com deficiência; consumo de oxigênio; reabilitação.

ABSTRACT

Introduction: The lower limb amputation impacts the mobility of individuals, which can lead to low cardiorespiratory fitness. Maximum oxygen consumption (VO_{2max}) is traditionally used to describe cardiorespiratory fitness. However, its achievement is not always feasible in populations with functional limitations and, therefore, analysis at submaximal levels of effort can be an efficient strategy. **Objective:** To test the hypothesis that individuals with unilateral lower limb amputation have lower cardiorespiratory fitness at different effort intensities compared to individuals without amputation. **Methods:** Cross-sectional study with 6 individuals with lower limb amputation and 10 individuals without amputation. Cardiorespiratory fitness was investigated by the cardiopulmonary exercise test, considering absolute and relative VO_{2peak} , ventilatory threshold 1 (VT1) and Optimal Cardiorespiratory Point (POC). **Results:** The amputees had lower absolute and relative VO_{2peak} than non-amputates. The absolute value of POC, time and load did not differ between groups, but the group with amputation presented the POC in a higher percentage of VO_{2peak} ($p = 0.007$) and in a lower relative and absolute VO_2 ($p = 0.004$ and $p = 0.009$, respectively). In LV1, there was no difference between groups in time, load and percentage of VO_{2peak} , however amputees had lower relative and absolute VO_2 ($p = 0.046$ and $p = 0.032$, respectively). **Conclusion:** Individuals with lower limb amputation had lower cardiorespiratory fitness at different effort intensities when compared to individuals without amputation, but they had the highest efficiency between the respiratory and circulatory systems in a higher $\%VO_{2peak}$.

Keywords: disabled persons; oxygen consumption; rehabilitation.

Recebido em: 24 de junho de 2021; Aceito em: 29 de setembro de 2021.

Correspondência: Prof. Dra. Patrícia dos Santos Vigário, Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta (PPGCR/UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94 Bonsucesso 21041-020 Rio de Janeiro RJ, Brasil. patriciavigario@yahoo.com.br

Introdução

A amputação de membros inferiores cursa com problemas clínicos e funcionais que repercutem negativamente na mobilidade [1]. A mobilidade comprometida, associada ou não à inadaptação a próteses e órteses, e o número reduzido de equipamentos e espaços acessíveis para a prática de exercícios físicos contribuem para níveis diários inadequados de atividade física na população de indivíduos com amputação. Outros fatores que também contribuem para este processo são os problemas emocionais como baixas autoestima, autoimagem e autoconfiança [2,3]. Nesse contexto, sabe-se que um dos grandes problemas relacionados ao sedentarismo é o aumento do risco de morbimortalidade cardiovascular [4], pois indivíduos com amputações naturalmente já apresentam este risco aumentado [5].

Em contrapartida, uma boa aptidão cardiorrespiratória se associa a um melhor estado geral de saúde, sendo a medida direta do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) o padrão-ouro para a sua quantificação. O $VO_{2máx}$ é um preditor importante de mortalidade [6,7] e a sua obtenção depende da realização de um esforço máximo. Contudo, em indivíduos com limitações funcionais, tal nível de intensidade nem sempre é alcançado, sendo o esforço comumente interrompido por fatores periféricos [8] e limitando a interpretação e a aplicação dos resultados. Em situações como esta utiliza-se o consumo de oxigênio no pico do esforço (VO_{2pico}).

De forma a minimizar tal problemática, Ramos *et al.* [9] propuseram o Ponto Ótimo Cardiorrespiratório (POC), que é o menor valor do equivalente ventilatório de oxigênio durante o esforço. Reflete a economia ventilatória para a obtenção do oxigênio para atender as demandas metabólicas os músculos ativos durante o exercício. A análise do POC já foi descrita na população de homens e mulheres não-atletas, sem obesidade e sem doenças cardiorrespiratórias [9] e futebolistas adultos profissionais [10]. Mas interessante, em buscas previamente realizadas nas bases científicas de dados *PubMed/ Medline* e *SciELO*, não foram encontradas evidências sobre a sua aplicação em populações com limitações físicas, particularmente, em indivíduos com amputação.

A deficiência físico-motora é a segunda mais prevalente no Brasil [11]. Considerando as repercussões negativas no estado geral de saúde relacionadas ao baixo gasto energético comumente descrito em indivíduos com amputação [2], estratégias e medidas devem tomadas para a promoção do estilo de vida ativo nesse grupo. Nesse contexto, conhecer a aptidão cardiorrespiratória de pessoas com amputação é relevante, pois os profissionais que lidam diretamente com este público precisam conhecer as características e demandas fisiológicas para planejar e prescrever adequadamente os exercícios. Entendendo que o esforço máximo em indivíduos com limitações funcionais nem sempre é alcançado, o uso do POC pode ser uma boa estratégia, já que a sua análise é feita em intensidades submáximas. O estudo do POC em indivíduos com amputação será uma abordagem original na literatura científica, e poderá trazer subsídios para a realização de novos estudos nessa área de conhecimento. Nesse sentido,

o objetivo do presente estudo é testar a hipótese de que indivíduos com amputação unilateral de membro inferior possuem aptidão cardiorrespiratória menor em diferentes intensidades de esforço comparados a indivíduos sem amputação.

Métodos

Delineamento do estudo e amostra

Foi realizado um estudo observacional comparativo de corte transversal com a participação de 16 indivíduos divididos em dois grupos: com amputação (N = 6) e sem amputação (N = 10). O grupo com amputação foi composto por homens com idade igual ou maior a 18 anos, com amputação transtibial ou transfemoral unilateral e fisicamente ativos (todos praticantes recreacionais de paracanoagem, com tempo mínimo de três meses). A amostra foi selecionada por conveniência por se tratar da totalidade de participantes de um projeto socioesportivo da modalidade, no Rio de Janeiro, Brasil. As informações relativas à amputação dos participantes estão descritas na Tabela I. Foram excluídos do estudo indivíduos tabagistas e com limitações musculoesqueléticas que pudessem impossibilitar a realização do protocolo. Para fins de comparação, um grupo de indivíduos sem amputação também foi considerado respeitando os mesmos critérios de inclusão e exclusão, exceto a amputação e a prática de paracanoagem. O nível de atividade física no grupo de não-amputados foi investigado por meio do preenchimento do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) versão curta [12], sendo incluídos os indivíduos com classificação “ativo” ou “muito ativo” praticantes de exercícios aeróbios e de força. As variáveis de desfecho consideradas para a avaliação da aptidão cardiorrespiratória foram $VO_{2\text{pico}}$, limiar ventilatório 1 (LV1) e POC.

Tabela I - Variáveis relativas à amputação de cada participante do estudo

N	Tipo de amputação	Causa	Tempo de amputação (anos)
1	Transtibial	Acidente com veículo	13
2	Transtibial	Osteomielite	18
3	Transfemural	Acidente com veículo	5
4	Transtibial	Osteomielite	6
5	Transtibial	Osteomielite	7
6	Transtibial	Fratura exposta	16

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa institucional (CAAE: 17691113.1.0000.5235) e todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para a participação no estudo.

Teste cardiopulmonar de esforço

O teste cardiopulmonar de esforço (TCPE) foi realizado em um cicloergômetro para membros superiores (TopExcite; TechnoGym; Itália), em ambiente com tempe-

ratura ($\approx 22^{\circ}\text{C}$) e umidade controladas ($\approx 60\%$) [13]. O protocolo adotado foi de carga inicial de 20w e sucessivos incrementos de 5w a cada minuto, com ciclagem entre 50-60 rpm [14]. Os participantes foram encorajados verbalmente a realizar o máximo de esforço, sendo o TCPE interrompido por exaustão voluntária máxima ou no aparecimento de algum critério de acordo recomendações propostas pelo *American College Sports of Medicine* [15].

Durante o TCPE a análise metabólica dos gases respiratórios foi feita por meio de um analisador de gases (VO2000; MedGraphics; Brasil), no qual foram feitas as leituras da ventilação pulmonar (VE ; L/min) e das frações expiradas de oxigênio (FeO_2 ; %) e de gás carbônico (FeCO_2 ; %) para o cálculo das variáveis ventilatórias: consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO_2 ; $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ e L/min, respectivamente) e equivalentes ventilatórios de oxigênio (VE/VO_2) e de gás carbônico (VE/VCO_2). As informações foram registradas respiração-a-respiração e analisadas como a média de 30 segundos. Para fins de padronização, foi considerado como VO_2 de pico o maior valor apresentado na curva no último minuto do teste.

Limiar ventilatório 1 - LV1

Para a determinação do LV1, optou-se pela inspeção gráfica do comportamento dos equivalentes ventilatórios - VE/VO_2 e VE/VCO_2 . O LV1 foi definido como o ponto da curva em que houve um aumento na curva do VE/VO_2 , sem o concomitante aumento do VE/VCO_2 [16]. A análise do LV1 foi feita por dois avaliadores experientes, de forma independente, e em seguida foi verificada a concordância dos avaliadores em cada teste. Em caso de discordância, um terceiro avaliador foi consultado.

Ponto ótimo cardiorrespiratório (POC)

O POC foi definido como o menor valor na curva do VE/VO_2 durante o esforço, conforme descrito por Ramos *et al.* [9]. Foram considerados além do valor absoluto do VE/VO_2 , o valor do VO_2 (em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, em L/min, e em percentual em relação ao pico), a carga (w) e o tempo de esforço (min:s) referentes ao momento da identificação do POC.

Procedimentos estatísticos

Os resultados foram descritos por meio de mediana (valor mínimo-valor máximo). Tendo em vista o tamanho amostral dos subgrupos do estudo, optou-se pela utilização de procedimento estatístico não-paramétrico para as comparações entre os subgrupos. Desta forma, o teste de Mann-Whitney foi aplicado considerando o nível de significância estatística de 5%. As análises foram realizadas no pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0) (Armonk, NY: International Business Machines Corporation).

Resultados

Os grupos de indivíduos com amputação (N = 06) e sem amputação (N = 10) foram equiparáveis em relação à idade, massa corporal total, Índice de Massa Corporal e frequência semanal de prática de exercício físico (Tabela II) e estatisticamente diferentes quanto ao tempo de prática de exercício físico.

Tabela II - Características demográficas, antropométricas e de exercício físico dos subgrupos do estudo

	Indivíduos com amputação (N=06)	Indivíduos sem amputação (N=10)	Valor de P*
Idade (anos)	38,0 21-52	33,5 22-40	0,664
Massa corporal total (kg)	87,8 62,70-125,4	85,6 71,5-102	0,914
Índice de massa corporal (kg/m ²)	27,9 21,8-38,1	27,1 21,6-31,5	0,828
Tempo de prática de exercício físico (meses)	3 3-12	12 6-18	0,006
Frequência semanal de prática de exercício físico (dias/semana)	4 3-5	4 3-5	0,958

Dados apresentados como mediana (valor mínimo – valor máximo); *Teste de Mann-Whitney; significância estatística quando P-valor < 0,05

Os resultados relativos à capacidade cardiorrespiratória em esforço estão apresentados na Tabela III. No final do exercício, os grupos apresentaram tempo total e carga total de esforço semelhantes ($p = 0,386$ e $p = 0,785$, respectivamente). Ao analisarmos o $VO_{2\text{pico}}$, percebemos maior valor mediano entre os indivíduos sem amputação, tanto na análise absoluta quanto na relativa à massa corporal. Todos os participantes do estudo, independente do grupo, relataram a fadiga periférica (membros superiores) como motivo para interrupção do esforço.

O valor absoluto do POC, o tempo e a carga no momento da ocorrência não se diferiram entre os grupos ($p = 0,786$; $p = 0,212$ e $p = 0,240$, respectivamente), porém indivíduos com amputação apresentaram este ponto em um maior percentual do $VO_{2\text{pico}}$ ($p = 0,007$) e em um menor VO_2 relativo e absoluto ($p = 0,004$ e $p = 0,009$, respectivamente). Nos dois grupos o POC antecedeu à ocorrência do LV1.

O LV1 foi identificado em todos os participantes do grupo de amputados, enquanto no grupo de não-amputados, em 70%. Não houve diferença entre os grupos no que diz respeito ao tempo e carga no momento do alcance do LV1 ($p = 0,253$ e $p = 0,170$, respectivamente), e percentual do $VO_{2\text{pico}}$ ($p = 0,568$), contudo os amputados apresentaram menor VO_2 relativo e absoluto neste momento ($p = 0,046$ e $p = 0,032$, respectivamente).

Tabela III - Variáveis referentes ao teste de esforço cardiopulmonar dos subgrupos do estudo

	Indivíduos com amputação (N=06)	Indivíduos sem amputação (N=10)	Valor de P*
Tempo total de esforço (min:s)	17:59 (11:23-24:13)	17:30 (13:09-22:00)	0,386
Carga no final do esforço (w)	102,50 (70,00-135,00)	100,00 (80,00-125,00)	0,785
VO _{2pico} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	15,75 (6,06-19,65)	32,31 (25,39-39,71)	0,001
VO _{2pico} (L/min)	1,23 (0,70-1,46)	2,88 (2,01-4,01)	0,001
Tempo no POC (min:s)	4:03 (1:30-6:11)	2:49 (2:00-4:20)	0,212
Carga no POC (w)	37,50 (25,00-50,00)	32,50 (30,00-40,00)	0,240
Menor VE/ VO ₂ (POC)	15,30 (13,30-20,00)	15,30 (12,60-20,00)	0,786
VO ₂ no POC (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	7,07 (3,03-8,00)	9,03 (7,50-18,13)	0,004
VO ₂ no POC (L/min)	0,53 (0,35-0,81)	0,81 (0,60-1,60)	0,009
%VO ₂ de pico no POC (%)	45,83 (39,63-55,44)	28,55 (21,35-51,98)	0,007
Tempo no LV1 (min:s)	10:41 (6:51-15:05)	10:01 (3:19-14:26)	0,253
Carga no LV1 (w)	67,50 (40,00-90,00)	52,50 (30,00-75,00)	0,170
VO ₂ no LV1 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	9,24 (3,46-14,27)	16,27 (9,33-31,00)	0,046
VO ₂ no LV1 (L/min)	0,72 (0,40-1,06)	1,50 (0,72-2,73)	0,032
%VO ₂ de pico no LV1 (%)	57,85 (56,76-72,62)	56,45 (34,21-88,00)	0,568

POC = Ponto ótimo cardiorrespiratório; LV1 = Limiar ventilatório 1; *Teste de Mann-Whitney; significância estatística = 5%; Dados apresentados como (valor mínimo - valor máximo); *Teste de Mann-Whitney; significância estatística quando P-valor < 0,05

Discussão

O presente estudo teve como objetivo testar a hipótese de que indivíduos com amputação unilateral de membro inferior possuem aptidão cardiorrespiratória menor em diferentes intensidades de esforço comparados a indivíduos sem amputação. Os principais achados foram que o grupo com amputação apresentou menor VO_{2pico} para a mesma intensidade de esforço quando comparado ao grupo sem amputação, assim como o VO₂ em intensidades submáximas de esforço, isto é, no POC e no LV1. No entanto, o grupo com amputação alcançou o POC e o LV1 em valores percentuais do VO_{2pico} semelhantes ao grupo sem amputação.

O $VO_{2m\acute{a}x}$ é a variável que melhor representa a capacidade aeróbia de um indivíduo, sendo maiores valores associados a um menor risco de eventos cardiovasculares fatais e não-fatais [6,7]. No presente estudo, nos dois grupos investigados nenhum participante alcançou o $VO_{2m\acute{a}x}$. Isso pode estar relacionado ao tipo de ergômetro utilizado que, entre outros fatores influencia na resposta metabólica máxima [17,18]. Particularmente em relação ao cicloergômetro para membros superiores, sabe-se que: 1) mobiliza uma menor quantidade de grupamentos musculares quando comparado a outros ergômetros como a esteira rolante e a bicicleta ergométrica; e 2) o gestual do movimento é menos familiar que o gestual nos ergômetros anteriormente citados, além de não serem grupamentos musculares comumente utilizados em atividades do dia a dia, fato este que pode facilitar a interrupção do teste por fadiga muscular periférica. De fato, todos os participantes do estudo relataram a fadiga nos membros superiores como a principal causa para a interrupção do esforço. Esses fatores, em conjunto, podem ter contribuído para o alcance do VO_{2pico} ao invés do $VO_{2m\acute{a}x}$.

Em relação ao VO_{2pico} , observou-se que os indivíduos com amputação apresentaram valor mediano aproximadamente 50% menor que os indivíduos sem amputação, refletindo uma menor integridade dos sistemas respiratório, circulatório e muscular, determinantes da aptidão cardiorrespiratória [16]. Essa diferença foi percebida tanto na análise absoluta, em L/min, quanto relativa à massa corporal ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Para conseguirem atingir a mesma intensidade ao final do esforço, provavelmente os amputados lançaram mão de um percentual maior de contribuição do sistema anaeróbico glicolítico para geração de ATP, uma vez que o sistema aeróbico não se elevou tanto quanto o grupo de não amputados. Sabe-se que variáveis como idade, nível de atividade física diária e tamanho corporal influenciam o $VO_{2m\acute{a}x}$ [8]. Mesmo que os indivíduos amputados praticassem exercícios físicos recreacionalmente em média três vezes por semana, acredita-se que no dia a dia, em função da menor mobilidade comumente causada pela retirada do membro, estes indivíduos tenham um gasto energético menor, levando a uma menor aptidão cardiorrespiratória quando comparados com congêneres sem amputação. Recentemente, um estudo incluindo a participação de 72 indivíduos com amputações em membros inferiores – maior parte homens, com amputação a nível transtibial, e com idade média de 53,6 anos – demonstrou que 61% dos participantes não apresentavam o mínimo suficiente de atividade física diária para ser classificado como suficientemente ativo e 33% foi classificado como sedentário [3].

Considerando as intensidades submáximas do esforço, o presente estudo considerou os seguintes momentos: 1) POC e 2) LV1. O POC foi descrito pela primeira vez, em 2012, por uma equipe de pesquisadores brasileiros [9], seguindo a avaliação homens e mulheres saudáveis em esteira ergométrica. Os autores observaram que POC foi alcançado, em média, a 44% do $VO_{2m\acute{a}x}$ e antes do LV1. Em futebolistas profissionais, o POC foi alcançado entre 48,4% e 57% do $VO_{2m\acute{a}x}$, sendo esta variação relacionada à posição em campo – particularmente os goleiros alcançaram o POC em um maior percentual do $VO_{2m\acute{a}x}$ e um menor $VO_{2m\acute{a}x}$ [10]. No presente estudo, os amputa-

dos alcançaram o POC em um maior % do $VO_{2\text{pico}}$ em comparação aos não-amputados (mediana do grupo de amputados = 45,83; não amputados = 28,55), sendo os valores semelhantes aos descritos por Ramos *et al.* [9], que foi, em média de 44%. Entretanto, mesmo que tenha havido diferença, os dois grupos alcançaram o POC em um % do $VO_{2\text{pico}}$ próximo ao que se é reportado na literatura, isto é, entre 30 e 50% [9].

Valores de POC inferiores a 22, avaliados por meio do esforço realizado em cicloergômetro para membros inferiores por indivíduos saudáveis e com doenças crônicas, se mostraram associados a um menor risco de mortalidade [19]. Tomando isoladamente este valor como referência, poderíamos sugerir que os indivíduos amputados teriam um bom prognóstico clínico (POC mediano grupo = 15,30; menor valor = 13,3; maior valor = 20,0). No entanto, esse resultado deve ser interpretado com cautela considerando as seguintes questões: 1) os ajustes metabólicos durante o esforço físico são dependentes, entre outros, do ergômetro e do protocolo do esforço. Por isso, é possível que haja diferenças entre o POC obtido em esforços realizados com os membros superiores e inferiores, reflexo da quantidade de grupamentos musculares mobilizados e diferenças nos tipos de fibras [8] e 2) o grupo apresentou baixo $VO_{2\text{pico}}$, que é um indicativo de baixa aptidão cardiorrespiratória. Ramos e Araújo [19] avaliaram capacidade cardiorrespiratória máxima em cicloergômetro para membros inferiores de 3331 adultos com e sem doenças crônicas. Por meio da combinação entre o POC [estratificado em < 22 (baixo), 22-30 (médio) e > 30 (alto)] e o $VO_{2\text{máx}}$ [estratificado em < 15,75 (baixo); 15,76-30 (médio) e > 30 (alto) $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$] constatou-se por meio da análise da curva de sobrevida de Kaplan-Meier, que independente da classificação do POC (baixo, médio ou alto), quando na presença de um baixo $VO_{2\text{máx}}$, o risco de morte é maior (quanto maior o POC e menor o $VO_{2\text{máx}}$, maior a mortalidade).

Outra abordagem que ressalta a menor aptidão cardiorrespiratória nos amputados diz respeito ao LV1. O LV1 traduz o momento do esforço em que se inicia a transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio. A partir deste momento, o exercício deixa de ser quase que exclusivamente aeróbio e passa a ter um aumento na contribuição de mecanismos anaeróbios no processo de produção de energia [8]. Esforços progressivos realizados acima do LV1 se associam ao decréscimo da tolerância ao esforço [20].

No presente estudo, por mais que os indivíduos amputados tenham alcançado o LV1 em um percentual do $VO_{2\text{pico}}$ dentro do previsto para a população saudável, isto é, 50-60% [21] e semelhante ao grupo de não-amputados, este percentual não confere uma boa aptidão cardiorrespiratória ao grupo dado o valor do VO_2 no momento do LV1 (quase 50% menor que o grupo de não amputados). Pode-se sugerir que embora os amputados apresentem uma baixa aptidão cardiorrespiratória, parece que possuem tolerância semelhante aos não amputados no que diz respeito ao início da transição do metabolismo.

O presente estudo apresenta como limitação o pequeno tamanho amostral, que pode limitar a inferência dos achados. No entanto, que seja de conhecimento dos autores, esta é a primeira abordagem envolvendo a avaliação da aptidão cardiorrespi-

ratória em esforço de indivíduos com amputação de membro inferior, em diferentes intensidades. Especificamente, esta é a primeira investigação do POC nesta população: uma variável que reflete a eficiência da integração entre os sistemas cardiovascular e respiratório, e com boa aplicabilidade em populações que apresentem limitações funcionais que impeçam o alcance do esforço máximo [9].

Considerando que a amputação de membros inferiores se relaciona a uma menor participação em atividades físicas por razões que vão desde a falta de acessibilidade, materiais (próteses e órteses) e questões emocionais como problemas com a autoestima, autoimagem, autoconfiança e motivação [22], o conhecimento da aptidão cardiorrespiratória de indivíduos com amputação torna-se necessária e relevante no contexto da reabilitação. A utilização do VO_{2pico} , o LV1 e o POC como base para prescrição de exercícios permitem que os estímulos sejam efetivamente individualizados de acordo com as demandas e condições fisiológicas, fato este que favorecerá a ocorrência de adaptações crônicas mais consistentes.

Como perspectivas futuras espera-se a realização de estudos envolvendo, entre outros: 1) um maior tamanho amostral de modo a aumentar o poder das inferências, 2) a população de mulheres uma vez que as respostas metabólicas se diferem de acordo com o sexo; 3) a criação de pontos de corte para a classificação do POC envolvendo cicloergômetro para membros superiores.

Conclusão

Indivíduos com amputação unilateral de membro inferior apresentam menor aptidão cardiorrespiratória em diferentes intensidades de esforço quando comparados com indivíduos sem amputação.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fonte de financiamento

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) (edital E-26/203.256/2017) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Os autores também agradecem à Academia Paralímpica Brasileira, do Comitê Paralímpico Brasileiro (APB/CPB), pelo apoio científico.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Costa RMR, Vigário PS, Mainenti MRM. **Obtenção de dados:** Costa RMR, Castro PMLA; **Análise e interpretação dos dados:** Vigário PS, Mainenti MRM, Santos MA; **Análise estatística:** Vigário PS, Mainenti MRM; **Obtenção de financiamento:** Vigário PS; **Redação do manuscrito:** Costa RMR, Vigário PS, Mainenti MRM, Castro PMLA; **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Lopes AJ., Santos MA.

Referências

1. Esfandiari E, Yavari A, Karimi A, Masoumi M, Soroush M, Saeedi H. Long-term symptoms and function after war-related lower limb amputation: A national cross-sectional study. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2018;52(5):348–51. doi: 10.1016/j.aott.2017.04.00

2. Rimmer JH, Schiller W, Chen MD. Effects of disability-associated low energy expenditure deconditioning syndrome. *Exerc Sport Sci Rev* 2012;40(1):22-9. doi: 10.1097/JES.0b013e31823b8b82
3. Langford J, Dillon MP, Granger CL, Barr C. Physical activity participation amongst individuals with lower limb amputation. *Disabil Rehabil* 2019;41(9):1063-70. doi: 10.1080/09638288.2017.1422031
4. Mok A, Khaw KT, Luben R, Wareham N, Brage S. Physical activity trajectories and mortality: population based cohort study. *BMJ* 2019;365:l2323. doi: /10.1136/bmj.l2323
5. Mundell BF, Luetmer MT, Kremers HM, Visscher S, Hoppe KM, Kaufman KR. The risk of major cardiovascular events for adults with transfemoral amputation. *J Neuroeng Rehabil* 2018;15(1):58. doi: 10.1186/s12984-018-0400-0
6. Khan H, Kunutsor S, Rauramaa R, Savonen K, Kalogeropoulos AP, Georgiopoulou VV, et al. Cardiorespiratory fitness and risk of heart failure: A population-based follow-up study. *Eur J Heart Fail* 2014;16(2):180-8. doi: 10.1111/ejhf.37
7. Kunutsor SK, Kurl S, Khan H, Zaccardi F, Laukkanen JA. Associations of cardiovascular and all-cause mortality events with oxygen uptake at ventilatory threshold. *Int J Cardiol* 2017;1(236):444-50. doi: 10.1016/j.ijcard.2017.01.156
8. American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167(2):211-77. doi: 10.1164/rccm.167.2.211. Erratum in: *Am J Respir Crit Care Med* 2003 May 15;1451-2.
9. Ramos PS, Ricardo DR, Araújo CGS. Cardiorespiratory optimal point: A submaximal variable of the Cardiopulmonary Exercise Testing. *Arq Bras Cardiol* 2012;99(5):988-96. doi: /10.1371/journal.pone.0104932
10. Silva CGS, Castro CLB, Franca JF, Bottino A, Myers J, Araújo CGS. Ponto ótimo cardiorrespiratório em futebolistas profissionais: uma nova variável submáxima do exercício. *Int J Cardiovasc Sci* 2018;31(4):323-32. doi: 10.5935/2359-4802.20180030
11. IBGE. Censo demográfico: 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência [Internet]. Rio de Janeiro, 2012. [cited 2021 Sept 29]. Available from: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf
12. Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Rev Bras Ativ Fís Saúde* 2012;6(2):5-18. doi: 10.12820/rbafs.v.6n2p5-18
13. Yazbek PJ, Carvalho RT, Sabbag LMS, Battistella LR. Ergoespirometria. Teste de Esforço Cardiopulmonar, Metodologia e Interpretação. *Arq Bras Cardiol* 1998;71(5):719-24. doi: 10.1590/s0066-782x1998001100014
14. Campos LFCC. Comparação entre métodos para mensuração da potência aeróbia em atletas tetraplégicos [Dissertação]. São Paulo: Faculdade de Educação Física da UNICAMP; 2013.
15. ACSM. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018.
16. Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis*;129(2 Pt 2):S35-40. doi: /10.1164/arrd.1984.129.2P2.S35
17. Miranda EF, Malaguti C, Corso SD. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs. *J Bras Pneumol* 2011;37(3):380-8. doi: 10.1590/s1806-37132011000300016
18. Wasserman K, Hansen J, Sue DY, Casaburi R, Whipp B. Principles of exercise testing and interpretation. 3 ed. Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins; 1999.
19. Ramos PS, Araújo CGS. Cardiorespiratory optimal point during exercise testing as a predictor of all-cause mortality. *Rev Port Cardiol* 2017;36(4):261-9. doi: 10.1016/j.repce.2016.09.011
20. Sullivan MJL, Bishop SR, Pivik J. The Pain catastrophizing scale: development and validation. *Psychol Assess* 1995;4(7):524-32. doi: /10.1037/1040-3590.7.4.524
21. Roca J, Whipp BJ, Agustí AGN, Anderson SD, Casaburi R, Cotes JE, et al. Clinical exercise testing with reference to lung diseases: Indications, standardization and interpretation strategies. *Eur Respir J* 1997;10(11):2662-89. doi: 10.1183/09031936.97.10112662
22. Miller MJ, Jones J, Anderson CB, Christiansen CL. Factors influencing participation in physical activity after dysvascular amputation: a qualitative meta-synthesis. *Disabil Rehabil* 2019;41(26):3141-50. doi: 10.1080/09638288.2018.1492031

