

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/341722841>

Walking critical velocity percentage: oxygen consumption, step frequency and perceived effort

Article in *Revista Brasileira de Ciência e Movimento* · May 2020

DOI: 10.31501/rbcm.v28i1.10583

CITATIONS

0

READS

105

6 authors, including:



Marcos Franken

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

51 PUBLICATIONS 33 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Fernando Diefenthaler

Federal University of Santa Catarina

327 PUBLICATIONS 1,627 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Giovani Dos Santos Cunha

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

58 PUBLICATIONS 758 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Andreia Gomes Aires

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

8 PUBLICATIONS 110 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Sprint Exercise in Parkinson's disease Patients [View project](#)



Physical and technical-tactical aspects determining performance in judo athletes with visual impairment [View project](#)

Velocidade crítica na caminhada: consumo de oxigênio, frequência de passada e esforço percebido

Walking critical velocity percentage: oxygen consumption, step frequency and perceived effort

FRANKEN M, DIEFENTHAELER F, CUNHA GS, AIRES AG, BAPTISTA RR, PEYRÉ-TARTARUGA LA. Velocidade crítica na caminhada: consumo de oxigênio, frequência de passada e esforço percebido. *R. bras. Ci. e Mov* 2020;28(1):162-172.

RESUMO: A caminhada é frequentemente usada como método de exercício para melhora da aptidão cardiorrespiratória. Embora a velocidade crítica (VC) seja reconhecidamente um marcador prático de intensidade de treinamento, as respostas biomecânicas e energéticas em diferentes percentuais da VC na caminhada são pouco exploradas. O objetivo do presente estudo foi comparar o consumo de oxigênio (VO_2), o esforço percebido (EP) e a frequência de passadas (FP) entre os percentuais de 75, 80, 85, 90 e 100% da VC. Oito indivíduos do sexo masculino fisicamente ativos (idade: $26,9 \pm 2,4$ anos) realizaram dois testes máximos com durações de 6 e 9 min, em uma pista de 400 m, para a determinação da VC. Posteriormente, realizaram um teste incremental em esteira com 6 minutos de duração em cada um dos 5 estágios. As variáveis biomecânicas e energéticas aumentaram conforme o aumento de intensidade, exceto a FP e o VO_2 entre os percentuais de 85% e 90% da VC. As intensidades energéticas e perceptivas oscilaram entre $VO_2 = 16,7 \pm 2,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $EP = 10,5 \pm 1,3$ a 75% da VC, e $VO_2 = 35,8 \pm 5,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e $EP = 17,3 \pm 1,4$ a 100% da VC, respectivamente. O fato da FP e o VO_2 não apresentarem diferença entre os percentuais de 85 e 90% da VC, indica uma mesma zona de resposta fisiológica. Concluímos que as respostas biomecânicas e energéticas de caminhada são diferentes em percentuais da VC e devem ser consideradas na prescrição do treinamento cardiorrespiratório.

Palavras-chave: Caminhada; Locomoção; Taxa metabólica; Treinamento de resistência; Velocidade crítica.

ABSTRACT: Walking is often utilized as an exercise method to improve cardiorespiratory fitness. Although critical speed (CS) has been recognized as a practical marker of training intensity, biomechanical and energetic responses in different percentages of CS on walking are poorly explored. The aim of the present study was to compare oxygen consumption (VO_2), ratings of perceived exertion (RPE) and stride frequency (SF) between the percentages of 75, 80, 85, 90 and 100% of CS. Eight physically active male subjects (age: 26.9 ± 2.4 years) performed two maximum tests lasting 6 and 9 minutes, on a 400 m track, to determine the CS. Subsequently, they performed an incremental test on a treadmill lasting 6 minutes in each of the 5 stages. The biomechanical and energetic variables increased with increasing intensity, except for SF and VO_2 between the percentages at 85% and at 90% of CS. The energetic and perceptual intensities ranged between $VO_2 = 16.7 \pm 2.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ and $RPE = 10.5 \pm 1.3$ at 75% of CS, and $VO_2 = 35.8 \pm 5.7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ and $RPE = 17.3 \pm 1.4$ at 100% of CS, respectively. The unchanged FP and VO_2 values between the percentages at 85 and at 90% of CS, indicates the same zone of physiological response. We conclude that the biomechanical and energetic responses of walking are different at percentages of CS and it should be considered when prescribing cardiorespiratory training.

Key words: Walking; Locomotion; Metabolic rate; Endurance training; Critical velocity.

Marcos Franken^{1,2}
Fernando Diefenthaler³
Giovani S Cunha¹
Andréia G. Aires⁴
Rafael R. Baptista⁴
Leonardo A. Peyré-Tartaruga¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul

²Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

³Universidade Federal de Santa Catarina

⁴Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Introdução

A prescrição adequada de exercícios é fundamental para o envolvimento e aderência dos indivíduos em um estilo de vida fisicamente ativo e, portanto, uma importante estratégia para o aumento dos níveis de atividade física, garantindo a promoção da saúde e qualidade de vida. Para garantir que os efeitos benéficos da atividade física sejam atingidos, controlar a intensidade, duração e frequência do exercício físico é fundamental para melhora do condicionamento cardiorrespiratório¹. A avaliação de indicadores da aptidão cardiorrespiratória tem sido amplamente utilizada, pois proporciona uma prescrição adequada de intensidades de exercícios, não somente para atletas, mas também para indivíduos ativos, sedentários, inativos e populações especiais como idosos, obesos, diabéticos e hipertensos². Dentre as variáveis que são comumente utilizadas para a prescrição da intensidade do exercício em modalidades esportivas cíclicas, com predominância do metabolismo aeróbico, podemos citar a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigênio (VO_2) e o esforço percebido (EP)^{3,4}. O método considerado padrão-ouro para avaliação do condicionamento cardiorrespiratório ainda é o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). Ele expressa a capacidade do sistema cardiorrespiratório de fornecer sangue e oxigênio para a musculatura ativa, e destes músculos utilizarem o oxigênio e substratos energéticos para desempenhar trabalho durante exercício máximo⁵. Outra possibilidade é a utilização da velocidade crítica (VC), um parâmetro não-invasivo de avaliação que apresenta vantagens como a facilidade de aplicação na avaliação de um grande número de indivíduos, podendo ser realizada mesmo durante as sessões de treino e, principalmente, sem a necessidade da utilização de equipamentos de alto custo financeiro ou coleta de amostras sanguíneas⁶.

Um dos primeiros estudos a relacionar o termo potência crítica com VC foi abordado por Wakayoshi et al.⁷. Na ocasião, a modalidade esportiva estudada foi a natação, e o conceito de potência crítica foi confirmado como sendo a intensidade máxima de exercício realizado por um grupamento muscular por um longo período, sem que a exaustão fosse atingida. Durante algum tempo a premissa que afirmava que a VC seria sustentável por um longo período sem a ocorrência da exaustão foi aceita. Porém estudos posteriores que variaram e prolongaram a duração dos testes, utilizando a VC, constataram aumentos contínuos no limiar anaeróbico, no VO_2 , na FC e em diferentes tempos totais até a exaustão^{8,9}.

Dekerle et al.⁹, estudaram a concordância da VC e da máxima fase estável de lactato em voluntários do sexo masculino durante a corrida em esteira e encontraram resultados que sugerem que a VC situou-se a aproximadamente em 85% do VO_{2max} , enquanto que a intensidade correspondente a máxima fase estável de lactato situou-se em aproximadamente 74% do VO_{2max} , sugerindo que a VC pode estar situada acima da zona de intensidade aeróbia no teste realizado.

Partindo deste princípio, exercícios prescritos abordando a VC caracterizam-se por apresentar respostas fisiológicas distintas e sua utilização pode ser usada como limite entre os domínios de intensidade de exercício, pesado (abaixo da VC) e severo (acima da VC). Entretanto, há incertezas quanto a sua utilização para a prescrição das intensidades no treinamento de caminhada. Dessa forma, a possibilidade de se utilizar protocolos que avaliem a VC por meio da caminhada como forma de exercício parece constituir uma possibilidade interessante, por ser este o gesto motor mais utilizado pela população em geral. O *American College of Sports Medicine*¹⁰ não apresenta contraindicações à prática dessa atividade

para nenhuma população, desde que sejam respeitadas as características dos indivíduos na escolha das intensidades.

A prescrição do treinamento de caminhada e o controle da intensidade geralmente é baseado em percentuais da intensidade máxima determinada a partir de um teste progressivo de esforço máximo¹¹, o que muitas vezes é um fator limitante e de difícil acesso para populações impossibilitadas de executarem o padrão de corrida ou exercício em intensidade máxima, seja por motivos patológicos ou motores. Sendo assim, a prescrição do treinamento de caminhada baseado em velocidades próximas da VC pode ser uma alternativa em relação a prescrição baseada em intensidade máxima. O controle da intensidade baseado em VC é bastante prático e útil para profissionais da área da saúde que trabalham com indivíduos adultos com limitações articulares que não conseguem realizar o exercício em maiores velocidades e que necessitam realizar o exercício com baixo impacto.

Para o melhor de nosso conhecimento, não foram encontradas pesquisas que avaliassem as respostas fisiológicas e cinemáticas do exercício utilizando diferentes intensidades de treinamento relacionadas à VC na caminhada. Sendo assim, o objetivo geral deste estudo foi comparar as respostas de VO₂, EP e frequência de passadas (FP) entre 70, 75, 80, 85, 90 e 100% da VC de caminhada. Considerando as alterações entre a velocidade e as variáveis fisiológicas com a FP, espera-se que valores de VO₂, EP e variáveis cinemáticas apresentem diferenças apenas em percentuais da VC em que a respectiva velocidade se situe acima de transição entre caminhada e corrida.

Materiais e Métodos

Participaram deste estudo oito homens saudáveis e fisicamente ativos (idade: $26,88 \pm 2,42$ anos; massa corporal: $71,6 \pm 8,3$ kg; e estatura: $177,3 \pm 5,8$ cm), de forma intencional e por conveniência. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (n. 2007990). Foi recomendado aos voluntários que reduzissem os níveis de atividade física por um período mínimo de 24 horas antes de todas as avaliações. Foram utilizados como critérios de inclusão dos participantes deste estudo: não ser sedentário e possuir idade maior que 18 anos, e como critérios de exclusão: ter possuído alguma lesão nos membros inferiores ou tronco nos últimos 6 meses anteriores a realização da coleta de dados.

Os indivíduos passaram por 3 a 5 sessões de familiarização com a escala de 15 pontos de Borg¹². A escala era apresentada aos participantes ao longo das sessões de familiarização, em exercícios de diferentes intensidades, quando os indivíduos atribuíam um valor numérico na escala correspondente ao seu EP no instante solicitado.

Procedimentos experimentais

As avaliações foram realizadas durante três dias, separadas por, no mínimo, 24 horas de intervalo entre elas, em uma pista de atletismo de 400 m e em esteira rolante. Os participantes realizaram um aquecimento prévio de 800 m de caminhada em baixa intensidade no mesmo local da avaliação. De forma aleatória os indivíduos realizaram dois testes máximos com duração de 6 e 9 min na pista atlética de 400 m. A velocidade de caminhada (V_{CAM}) foi determinada pelo quociente entre a distância percorrida e o

tempo. A terceira avaliação foi realizada em esteira, com velocidades incrementais variando de 75 a 100% da VC calculada de acordo com os resultados obtidos nos dois testes máximos realizados anteriormente.

Determinação da velocidade crítica

Para a determinação da VC foram registradas as distâncias percorridas nas durações de 6 e 9 min¹³ sob máxima intensidade. Os dados de distância e tempo foram plotados em um modelo de regressão linear, o que resultou em uma reta cuja equação definiu o coeficiente angular cujo significado é a VC individual⁷.

Teste incremental

Os voluntários foram submetidos a um protocolo de caminhada realizado em esteira (Quinton Instruments-Seattle, EUA) com incrementos de velocidade a cada 6 min, para acompanhamento do VO₂, FP e EP. O teste utilizou os percentuais correspondentes a 75, 80, 85, 90 e 100% da VC, nessa ordem, calculados previamente para cada indivíduo.

Durante a realização do teste incremental, os indivíduos foram solicitados a reportar o esforço percebido de acordo com a escala de 15 pontos de Borg¹² a cada minuto. A FP foi definida como o número de ciclos de passadas em função do tempo, para isso mediu-se o tempo de execução de três ciclos de passada, obtendo-se assim o quociente entre o número de ciclos de passadas realizados e o tempo.

As variáveis ventilatórias foram avaliadas utilizando-se o equipamento de ergoespirometria (modelo CPX-D, Medical Graphics Corporation, EUA), previamente calibrado com amostra de gás de concentrações conhecidas. Para isto, utilizou-se um bocal e um oclusor nasal, limitando a respiração do indivíduo apenas pela boca, sendo possível mensurar seu consumo médio de oxigênio durante o teste.

Análise estatística

A normalidade na distribuição dos dados das variáveis numéricas foi verificada com a aplicação do teste de Shapiro-Wilk e a esfericidade dos dados foi verificada com o teste de Mauchly. Em seguida foram calculadas a média, desvio padrão e erro-padrão das variáveis EP, VO₂, V_{CAM} e FP. Entre os valores de V_{CAM}, FP, VO₂ e EP nos percentuais da VC foi aplicada uma ANOVA para medidas repetidas. Quando necessário, foi aplicada uma correção Epsilon de Greenhouse-Geisser. Os efeitos principais foram verificados por um teste *post-hoc* de Bonferroni. Os cálculos foram realizados no programa SPSS v 23.0 (SPSS Brasil, São Paulo, Brasil) e o nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores de velocidade média nos testes de 6 min, 9 min e na VC.

Tabela 1. Média e desvio padrão (DP) da velocidade média durante os testes de 6 min (V6) e 9 min (V9) e a velocidade crítica (VC) dos indivíduos (n = 8).

	V6 (km·h ⁻¹)	V9 (km·h ⁻¹)	VC (km·h ⁻¹)
Média	9,98	9,56	8,80
DP	0,56	0,32	0,28

Com relação aos valores médios de V_{CAM} e EP foram observadas diferenças significativas nos percentuais de 75, 80, 85, 90 e 100% da VC ($p < 0,05$) (Tabela 2). As variáveis de FP e de VO_2 aumentaram conforme o aumento da intensidade relativa ao percentual da VC, exceto entre os percentuais de 85% e 90% da VC ($p > 0,05$).

Tabela 2. Comparação dos valores de velocidade de caminhada (V_{CAM}), frequência média de ciclos de passadas (FP), consumo de oxigênio (VO_2) e esforço percebido (EP) nos percentuais da velocidade crítica (VC); n = 8.

	75% VC	80% VC	85% VC	90% VC	100% VC
V_{CAM}	6,48±0,25 ^{b,c,d,e}	6,95±0,26 ^{c,d,e}	7,42±0,26 ^{d,e}	7,89±0,26 ^e	8,80±0,28
FP	63,64±2,67 ^{b,c,d,e}	67,31±3,44 ^{c,d,e}	70,22±3,04 ^e	73,67±4,91 ^e	79,96±5,82
VO_2	16,66±2,50 ^{b,c,d,e}	19,54±3,00 ^{c,d,e}	23,81±4,82 ^e	26,92±4,50 ^e	35,80±5,73
EP	10,50±1,29 ^{b,c,d,e}	11,95±1,03 ^{c,d,e}	13,10±1,24 ^{d,e}	14,59±1,20 ^e	17,32±1,37

Valores apresentados em média ± desvio-padrão. ^b $p < 0,05$ comparado com a repetição a 80% da VC; ^c $p < 0,05$ comparado com a repetição a 85% da VC. ^d $p < 0,05$ comparado com a repetição a 90% da VC; ^e $p < 0,05$ comparado com a repetição a 100% da VC. V_{CAM} (km·h⁻¹); FP (ciclos·min⁻¹); VO_2 (ml·kg⁻¹·min⁻¹).

Discussão

O objetivo geral deste estudo foi comparar as respostas de VO_2 , EP e FP entre 70, 75, 80, 85, 90 e 100% da VC de caminhada. De acordo com os resultados, a caminhada realizada entre percentuais correspondentes a 85 e 90% da VC, em indivíduos fisicamente ativos, ocorre uma estabilização da FP e VO_2 , o que pode ser explicado pela fase de transição caminhada-corrída (velocidades entre 6,0 e 8,0 km·h⁻¹)¹⁴.

O aumento do EP observado com o aumento dos percentuais da VC pode ser explicado pela interação do sistema cardiorrespiratório e dos quimioceptores presentes na musculatura esquelética ativa, uma vez que a queda do pH sanguíneo causa uma acidose metabólica e conseqüentemente deflagra o início do aparecimento da fadiga. A fim de compensar estas mudanças o sistema nervoso aumenta a ventilação pulmonar, modificando o EP¹⁵. Considerando as diretrizes do *American College of Sports Medicine*¹⁶, que delimitam as intensidades dos exercícios em faixas de intensidade moderada, que correspondem aos valores de 46 a 64% do VO_{2max} e EP entre 12 e 13 pontos (escala de 6 a 20 pontos), e faixa de atividade aeróbia de intensidade vigorosa de 64 a 91% do VO_{2max} e EP entre 14 e 17 pontos, percebe-se pelos valores obtidos no presente estudo que os diferentes percentuais de VC podem ser associados a diferentes zonas de respostas fisiológicas. Uma destas zonas pode ser identificada quando os indivíduos realizaram o exercício no percentual correspondente a 85% da VC, no qual o EP observado foi de aproximadamente 13 pontos, sugerindo que os indivíduos provavelmente estariam realizando uma atividade de intensidade moderada. Este valor de EP mostrou-se diferente significativamente dos resultados encontrados para a intensidade correspondente a 90% da VC, no qual foi observado valores na ordem de 14 pontos,

sugerindo que nesta faixa a caminhada mostra-se como uma atividade de maior intensidade (intensidade vigorosa)¹⁶.

No percentual correspondente a 100% da VC, o EP observado registrou valores médios de 17 pontos, o que corrobora com a definição de VC, pois caracteriza-se como um exercício de intensidade próxima ao segundo limiar ventilatório. Pode-se também associar esta mudança no EP com a capacidade de trabalho anaeróbio, variável relacionada com a potência crítica, na qual ocorre um consumo do estoque de energia oriundo das reservas de fosfagênicos e também da glicólise anaeróbia. Neste tipo de exercício, sinais motores eferentes para os músculos em atividade geram estímulos aos parâmetros espaço-temporais para o controle neuromuscular do gesto esportivo, bem como atuam no controle extracelular da taxa metabólica a ser sustentada no exercício. Assim, o treinamento pode não somente propiciar a melhora do gesto motor, como também dos padrões de regulação e controle dos ajustes agudos ao desgaste energético¹⁷.

Ainda, os valores de FP e VO₂ não apresentaram diferença significativa entre os percentuais correspondentes a 85 e 90% da VC, que representaram uma V_{CAM} entre 7,0 e 8,0 km·h⁻¹ (Tabela 2). Achado este que pode estar relacionado com a fase de transição caminhada-corrída (velocidades entre 6,0 e 8,0 km·h⁻¹) conforme Minetti, Ardigo e Saibene¹⁴ e Hanna, Abernethy e Burgess-Limerick¹⁸, que verificaram a ocorrência de uma mudança no padrão de locomoção com o intuito de minimizar a demanda metabólica. Esta mudança provavelmente posiciona estas duas faixas de velocidade em zonas com respostas fisiológicas semelhantes. Provavelmente por isto os dados do presente estudo apresentam valores menores de VO₂ (Tabela 2) do que os encontrados na literatura^{9,19,20}.

A transição caminhada-corrída é algo que varia de indivíduo para indivíduo e é influenciada por aspectos antropométricos, de aptidão física entre outros. Da mesma forma que a velocidade autosselecionada de caminhada, que normalmente representa o ritmo mais econômico de deambulação. Os achados sobre as adaptações fisiológicas da prática da caminhada em ritmo autosselecionado apresentam uma ampla variabilidade e resultados controversos²¹⁻²⁴. Alguns estudos reportam que a velocidade autosselecionada é considerada inadequada para melhoria ou manutenção do condicionamento físico^{22,25,26}, pois muitas vezes encontra-se fora da zona alvo de treinamento. No entanto, outros estudos relatam que o ritmo autosselecionado é suficiente para gerar mudanças fisiológicas^{24,26}.

O ritmo autosselecionado é caracterizado por uma velocidade abaixo da fase de transição caminhada-corrída (6 km·h⁻¹), que ocorre a 8 km·h⁻¹ aproximadamente²⁵. Uma das formas de diferenciar o caminhar do correr consiste na determinação da fração de duração da passada em que cada pé permanece em contato com o solo, chamado de *duty factor*. Surge assim, a necessidade de se investigar as respostas fisiológicas e biomecânicas em velocidades próximas do ritmo autosselecionado, bem como, a utilização de parâmetros para o controle das sessões de treinamento na caminhada. Para futuros estudos sugere-se aplicar o conceito da VC em populações especiais e idosos onde o *duty factor* é reduzido e o mecanismo pendular pode afetar a economia de caminhada como observado em idosos¹¹, em indivíduos com doença de Parkinson²⁷, com insuficiência cardíaca²⁸ e doença pulmonar obstrutiva crônica²⁹.

No estudo de Krinski *et al.*²², verificou-se que a V_{CAM} no ritmo autosselecionado foi 5,96 ± 0,66 km·h⁻¹ e 5,41 ± 0,46 km·h⁻¹, para indivíduos fisicamente ativos, do sexo masculino e feminino, respectivamente.

Os autores concluíram que ambos os sexos autosselecionam um ritmo de caminhada considerado não efetivo para manutenção e melhora da aptidão cardiorrespiratória. Em contrapartida, Murtagh, Boreham, Murphy²³, encontraram valores de velocidade autosselecionada entre $5,6 \pm 0,61 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $6,44 \pm 0,68 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ao observar adultos caminhando em um parque público, e concluíram que a intensidade selecionada pelo grupo cumpria as recomendações para melhora do condicionamento cardiorrespiratório e atingiu as recomendações para intensidade moderada. No presente estudo, os indivíduos realizaram a caminhada em um ritmo acima do autosselecionado para indivíduos fisicamente ativos, sugerindo a possibilidade de utilização da VC como parâmetro de prescrição do treinamento aeróbico.

A prescrição e o controle da caminhada são importantes para a prática segura e eficiente da atividade física. Para isso, controlar a intensidade, duração e o gasto energético são indispensáveis para um correto aproveitamento dos benefícios fisiológicos do exercício. Neste sentido, sugerimos o controle da velocidade de caminhada de acordo com a massa corporal do praticante para a predição do gasto energético. Segundo Di Prampero³⁰ a potência metabólica necessária para realização da atividade é determinada pela potência mecânica gerada a partir da velocidade empregada e a massa corporal do indivíduo envolvido na tarefa. Deste modo, a eficiência mecânica pode ser melhorada por adaptações específicas na eficiência muscular, advindas do treinamento de caminhada³¹.

No presente estudo, os indivíduos tiveram que manter o padrão de caminhada durante todos os percentuais da VC, o que pode explicar a estabilização do comportamento da FP somente entre os percentuais correspondentes a 85 e 90% da VC, como uma estratégia de minimização do custo de energia, o que representa a adequação neuromuscular a uma nova situação de intensidade mais elevada de caminhada³². A estabilização da FP entre os percentuais correspondentes a 85 e 90% da VC, decorrente do processo de minimização do custo de energia, reflete a estratégia do sistema locomotor de limitar o trabalho mecânico interno nestas velocidades³³.

A utilização da FP como ferramenta para mensurar a intensidade do exercício foi investigada na revisão sistemática de Slaght et al.³⁴, que realizou uma pesquisa com 31 trabalhos envolvendo a utilização da cadência de passos na prescrição de atividade física de intensidade moderada. Relacionando os achados dos autores com as recomendações do *American College of Sports Medicine*¹⁶, que indica o acúmulo de pelo menos 150 min de atividade física por semana, a frequência de passada indicada para alcançar a intensidade moderada na caminhada deve ser de $50 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ para grande parte da população adulta, porém este valor pode variar em mais de $10 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ devido a diferenças de estatura dos indivíduos.

Para prescrição de atividades de intensidade vigorosa, Abel et al.³⁵, realizaram uma pesquisa envolvendo homens e mulheres para identificar os limiares de intensidade associados aos ciclos de passos. Os resultados apontaram valores de FP de $63 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ para homens desenvolvendo atividades vigorosas. Em nosso estudo encontramos valores de FP que variaram de 63 a $80 \text{ ciclos}\cdot\text{min}^{-1}$ (Tabela 2), podendo indicar que percentuais correspondentes a 75 e 100% da VC causam uma adaptação do sistema locomotor de forma adequada para realização de atividades físicas com intensidade vigorosa.

Mercier et al.³⁶ ao investigarem o efeito do tipo de locomoção nas respostas cardiorrespiratórias em velocidades acima e abaixo da velocidade de transição em sete adultos jovens, verificaram que a corrida acarretou em redução das respostas cardiorrespiratórias quando comparada ao caminhar na mesma

velocidade de transição de $2,16 \text{ ms}^{-1}$ (erro padrão de 0,04), equivalente a $7,77 \text{ kmh}^{-1}$. No entanto, ainda não estão claros quais mecanismos o indivíduo utiliza para controle e/ou otimização da demanda energética, nas intensidades de esforço de transição entre a caminhada e a corrida. Assim, torna-se extremamente importante avaliar as respostas fisiológicas e cinemáticas da caminhada em velocidades situadas tanto na transição entre caminhada e corrida, bem como acima dessa faixa de transição. Isso possibilitaria conhecer o impacto da prescrição dessas velocidades nas intensidades de esforço e padrão da técnica empregada.

As respostas fisiológicas e cinemáticas às demandas da intensidade situadas próximas ou similares a faixa de transição caminhada-corrida, não estão bem esclarecidas na literatura e estas poderiam coincidir com as intensidades prescritas por meio de percentuais da VC. Uma relação entre percentuais da VC, parâmetros cinemáticos, VO_2 e EP parece não ter sido investigada, ainda que esta se mostre como um parâmetro de fácil aplicação e útil para a prescrição e monitoramento das intensidades de treinamento na caminhada.

O presente estudo apresenta como limitação o reduzido número de indivíduos avaliados e a ausência dos valores de reprodutibilidade dos dados. Por outro lado, acreditamos que o estudo apresenta evidências que auxiliarão na prescrição de exercício, principalmente voltado a populações especiais que possuem dificuldades para aderir ao treinamento físico. Atualmente, o nível de sedentarismo é alto mesmo entre jovens, o que dificulta a realização do treinamento de corrida ou exercícios aeróbios de alta intensidade. Adicionalmente, a corrida apresenta um alto impacto nas articulações e requer um bom controle da técnica para evitar lesões. A caminhada por outro lado é um exercício com menor risco de lesão e mais indicado a indivíduos adultos que necessitam realizar exercício físico com baixo impacto nas articulações e/ou que estão em processo de reabilitação, retornando de um processo lesão, pós-operatório entre outros aspectos.

Conclusões

Com base nos resultados apresentados, os valores de EP, FP e VO_2 aumentaram conforme o aumento dos percentuais da VC na caminhada em indivíduos adultos, com exceção da FP e VO_2 entre os percentuais correspondentes a 85 e 90% da VC, o que pode representar uma mesma zona de resposta fisiológica. Programas de treinamento de caminhada que tenham como objetivo a melhora da aptidão cardiorrespiratória devem considerar estes ajustes biomecânicos, perceptivos e energéticos na prescrição e controle das cargas de treinamento em indivíduos adultos.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de pesquisa de FD e LAPT. Os autores também agradecem aos voluntários que participaram da coleta de dados.

Referências

1. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*. 2001;2;104(14):1694-740.
2. Neder JA, Jones PW, Nery LE, Whipp BJ. The effect of age on the power/duration relationship and the intensity-domain limits in sedentary men. *Eur J Appl Physiol*. 2000;82:326-32.
3. Garcin M, Billat V. Perceived exertion scales attest to both intensity and exercise duration. *Percept Mot Skills*. 2001;93(3):661-71.
4. Green JM, McLester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, Redden A. RPE-lactate dissociation during extended cycling. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(1-2):145-50.
5. Astrand PO, Rodahl. *Textbook of Work Physiology*, 3a. Ed. New York:MacGraw-Hill;412-485:1986.
6. Hill DW, Steward RPJR, Lane CJ. Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatr Exerc Sci*. 1995;7(3), 281-293.
7. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y, et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992;64(2):153-7.
8. Brickley G, Doust J, Williams CA.. Physiological responses during exercise to exhaustion at critical power. *Eur J Appl Physiol*. 2002;88(1-2):146-51.
9. Dekerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89(3-4):281-8.
10. American College of Sports Medicine (ACSM). *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(7):1334-1359.
11. Gomeñuka NA, Oliveira HB, da Silva ES, Passos-Monteiro E, da Rosa RG, Carvalho AR, et al. Nordic walking training in elderly, a randomized clinical trial. Part II: Biomechanical and metabolic adaptations. *Sports Med-Open*. 2020;6(1):1-9.
12. Borg GAV. *Escalas de Borg para a dor e esforço percebido*. São Paulo. Manole; 2000.
13. Enright PL, McBurnie MA, Bittner V, Tracy RP, McNamara R, Arnold A, et al. The 6-min Walk Test: A quick measure of functional status in elderly. *Chest*. 2003;123(2):387-98.
14. Minetti AE, Ardigo LP, Saibene F. The transition between walking and running in humans: metabolic and mechanical aspects at different gradients. *Acta Physiol Scand*. 1994;150(3):315-23.
15. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev*. 1996;24:35-71.
16. American College of Sports Medicine (ACSM). *Guidelines for exercise testing and prescription*, 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2006.

17. Ulmer HV. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia*. 1996;15;52(5):416-20.
18. Hanna A, Abernethy B, Neal RJ, Burgess-Limerick R. Triggers for the transition between human walking and running. *Energetics of human activity*; 2000.
19. Gomeñuka NA, Bona RL, da Rosa RG, Peyré-Tartaruga LA. Adaptations to changing speed, load, and gradient in human walking: cost of transport, optimal speed, and pendulum. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(3):e165-73.
20. Gomeñuka NA, Bona RL, da Rosa RG, Peyré-Tartaruga LA. The pendular mechanism does not determine the optimal speed of loaded walking on gradients. *Hum Mov Sci*. 2016;47:175-85.
21. Beaupied H, Multon F, Delamarche P. Does training have consequences for the walk-run transition speed? *Hum Mov Sci*. 2003;22(1):1-12.
22. Krinski K, Da Silva SG, Elsangedy HM, Colombo H, Buzzachera CF, Santos, BV, et al. Respostas fisiológicas durante a caminhada na esteira em ritmo auto-selecionado: Comparação entre os gêneros. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2009;11(3):307-313.
23. Murtagh EM, Boreham CA, Murphy MH. Speed and exercise intensity of recreational walkers. *Prev Med*. 2002;35(4):397-400.
24. Spelman CC, Pate RR, Macera CA, Ward DS. Selfselected exercise intensity of habitual walkers. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(10):1174-9.
25. Malatesta D, Simar D, Dauvilliers Y, Candau R, Ben Saad H, Préfaut C et al. Aerobic determinants of the decline in preferred walking speed in healthy, active 65- and 80-years-old. *Pflugers Arch*. 2004;447(6):915-21.
26. Hills AP, Byrne NM, Wearing S, Armstrong T. Validation of the intensity of walking for pleasure in obese adults. *Prev Med*. 2006;42(1):47-50.
27. Monteiro EP, Franzoni LT, Cubillos DM, de Oliveira Fagundes A, Carvalho AR, Oliveira HB, et al. Effects of Nordic walking training on functional parameters in Parkinson's disease: a randomized controlled clinical trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(3):351-8.
28. Figueiredo P, Ribeiro PA, Bona RL, Peyre-Tartaruga LA, Ribeiro JP. Ventilatory determinants of self-selected walking speed in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(3):415-9.
29. Sanseverino MA, Pecchiari M, Bona RL, Berton DC, de Queiroz FB, Gruet M, et al. Limiting factors in walking performance of subjects with COPD. *Respir Care*. 2018;63(3):301-10.
30. Di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med*. 1986;7(2):55-72.
31. Peyré-Tartaruga LA, Coertjens M. Locomotion as a powerful model to study integrative physiology: efficiency, economy, and power relationship. *Front Physiol*. 2018;11(9):1789.
32. Inman VT, Ralston HJ, Tood F. *Human walking*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1981.
33. Cavagna GA, Franzetti P. The determinants of the step frequency in walking in humans. *The J Physiol*. 1986;373(1):235-242.
34. Slaght J, Sénéchal M, Hrubeniuk TJ, Mayo A, Bouchard DR. Walking Cadence to Exercise at Moderate Intensity for Adults: A Systematic Review. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp)*. 2017.

35. Abel M, Hannon J, Mullineaux D, Beighle A. Determination of step rate thresholds corresponding to physical activity intensity classifications in adults. *J Phys Act Health*. 2011;8(1):45-51.
36. Mercier J, Le Gallais D, Durand M, Goudal C, Micallef JP, Préfaut C. Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;69(6):525-9.