

Respostas Cardiorrespiratórias e Perceptivas para as mesmas Velocidades de Caminhada e Corrida

Cardiorespiratory and Perceptual Responses to Walking and Running at the same Speed

Wallace David Monteiro^{1,2} e Claudio Gil Soares de Araújo^{3,4}

Instituto de Ciências da Atividade Física (ICAF / Aeronáutica)¹; Universidade Salgado de Oliveira (UNIVERSO)²; Clínica de Medicina do Exercício (CLINIMEX)³; Universidade Gama Filho (UGF)⁴, Rio de Janeiro - Brasil

Resumo

Fundamento: É possível que diferentes formas de locomoção, quando executadas a uma mesma velocidade, influenciem de forma distinta as respostas fisiológicas e perceptivas ao esforço.

Objetivo: Comparar as respostas cardiorrespiratórias e de percepção subjetiva ao esforço, ao caminhar e ao correr nas mesmas velocidades, determinadas a partir da velocidade de transição caminhada-corrída (VTCC)

Métodos: A partir de uma amostra inicial de 453 sujeitos em serviço militar obrigatório, foram selecionados 12 homens adultos jovens e criteriosamente homogeneizados quanto ao sexo, idade, características antropométricas, condição aeróbica e experiência em exercícios na esteira rolante. Em sessões preliminares, foi determinada individualmente a VTCC. Posteriormente, em três dias diferentes, os sujeitos caminharam e correram, em ordem balanceada, em cada uma das seguintes velocidades: VTCC, VTCC - 0,5 km/h e VTCC + 0,5 km/h, com obtenção de medidas de gases expirados, da frequência cardíaca (FC) e da percepção de esforço.

Resultados: O protocolo para detecção da VTCC mostrou-se altamente reprodutível ($r=0,92$; $p<0,05$). Na intensidade acima da VTCC, a percepção do esforço, a FC e as variáveis ventilatórias VE, VO_2 , VCO_2 e R apresentaram valores maiores na caminhada em relação à corrida ($p<0,05$), enquanto na VTCC, e 0,5 km/h abaixo desta, a forma de locomoção não influenciou nas variáveis cardiorrespiratórias e perceptivas ($p>0,05$).

Conclusão: A caminhada em velocidades acima da VTCC tende a ser mais estressante do ponto de vista fisiológico e perceptivo. Parece conveniente determinar individualmente a VTCC e padronizar a forma de locomoção para a uma prescrição mais fisiológica e fidedigna da intensidade dos exercícios aeróbicos. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(3) : 418-425)

Palavras-chave: Caminhada, corrida, consumo de oxigênio, frequência cardíaca, exercício.

Summary

Background: It is possible that different forms of locomotion, when carried out at the same speed, may have a distinct influence on the physiological and perceptual responses to exercise.

Objective: To compare the cardiorespiratory responses and the subjective perception of the effort to walk and run at the same speed, as determined from the walk-run transition speed (WRTS).

Methods: From an initial sample of 453 subjects enrolled in the compulsory military service, 12 young adult men were selected and carefully homogenized as to age, sex, anthropometric characteristics, aerobic condition and experience in a treadmill. In preliminary sessions, the individual WRTS was determined. Thereafter, on three different days, the subjects walked and ran in balanced order, in each of the following speeds: WRTS; WRTS - 0.5 km/h; WRTS + 0.5 km/h, so as to obtain exhaled gases, heart rate (HR) and perception of effort measurements.

Results: The protocol for WRTS detection was highly reproducible ($r = 0.92$, $p < 0.05$). In an intensity of exercise above the WRTS, the perceived effort, the HR, and the ventilatory variables—VE, VO_2 , VCO_2 , and R—showed higher values during walking than during running ($p < 0.05$), whereas at the WRTS and at the speed of 0.5 km/h below WRTS, the form of locomotion did not affect the cardiorespiratory and perceptual variables ($p > 0.05$).

Conclusion: Walking at a speed above the WRTS tends to be more stressful to the subject, from a physiological and perceptual point of view. It seems appropriate to individualize the WRTS and standardize the form of locomotion for determining a more accurate and physiological intensity of the aerobic exercises. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(3) : 389-395)

Key words: Walking; running; oxygen consumption; heart rate; exercise.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Claudio Gil Soares de Araújo •

Rua Siqueira Campos, 93/101 – Copacabana - 22071-030 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

E-mail: cgil@cardiol.br, cgaraujo@iis.com.br

Artigo recebido em 09/09/08; revisado recebido em 11/11/08; aceito em 11/11/08.

Introdução

O gasto energético do exercício varia de acordo com a sua característica¹. O homem, por ser bípede, utiliza somente a caminhada e a corrida como formas naturais de ambulação. Quando a velocidade de deslocamento é aumentada, atingimos um momento crítico em que mudamos da caminhada para a corrida, caracterizando a velocidade de transição caminhada-corrída (VTCC). Vários fatores influenciam a VTCC, e entre eles destacam-se as características antropométricas, o nível de condicionamento físico, a duração da atividade e a percepção da intensidade do esforço.

Mas o que faz exatamente com que um indivíduo opte por caminhar ou correr em uma dada velocidade? A resposta para essa pergunta está longe de ser respondida²⁻⁶. Independentemente do mecanismo responsável pela VTCC, o conhecimento das respostas fisiológicas na caminhada e na corrida, em velocidades próximas da VTCC, pode fornecer dados importantes para a prescrição de exercícios aeróbios em sujeitos saudáveis, bem como em portadores de doenças cardiovasculares. Isso se torna prático quando é necessário combinar a caminhada e a corrida em intervalos específicos de tempo na mesma sessão de exercícios. A análise dessas alternativas torna-se ainda mais relevante para sujeitos que tendem a apresentar um consumo máximo de oxigênio entre 6 e 10 METs, nos quais caminhar implica em um esforço pequeno, enquanto o correr representa um esforço acima do limiar anaeróbio ventilatório (LV).

Infelizmente, poucos experimentos investigaram as respostas fisiológicas obtidas logo acima ou abaixo da VTCC⁷⁻⁹. Além disso, limitações metodológicas dos estudos dificultam inferências sobre o assunto. Entre as principais, destacam-se a falta de reprodutibilidade do protocolo para detecção da VTCC, o reduzido número de sujeitos das amostras e a variabilidade de suas características antropométricas, além do reduzido tempo de monitorização das atividades^{7,10}. Considerando tais limitações, objetivou-se neste estudo comparar as respostas de variáveis cardiorrespiratórias e de percepção ao esforço na caminhada e na corrida, na VTCC, bem como em níveis discretamente acima e abaixo desta, em amostra cuidadosamente homogeneizada quanto ao sexo, características antropométricas, condição aeróbia e adaptação ao trabalho em esteira rolante.

Métodos

Amostra

Para homogeneizar a amostra, consideraram-se homens com idades entre 18 e 19 anos, que prestavam serviço militar obrigatório. A partir do quantitativo de 453 sujeitos, aptos por avaliação médica para a prática de atividade física, selecionaram-se aqueles que situavam-se na faixa entre os percentis 35 e 65 do grupo para estatura. A seguir, identificaram-se aqueles com valores de massa corporal mais próximos ao valor mediano do grupo, totalizando 53 voluntários. Posteriormente, foram excluídos aqueles que participassem de esporte competitivo ou ainda que fossem habituados ao treinamento em esteira rolante. Em seguida, foram excluídos 12 sujeitos que apresentaram comprimentos

de membros inferiores mais extremos no grupo. Dentre os remanescentes, foram identificados 24 voluntários com valores mais homogêneos de condição aeróbia, obtidos em teste de campo (usando a mesma estratégia: mediana \pm 12). Além de selecionar os indivíduos a serem encaminhados para o teste cardiopulmonar de exercício, o teste de campo objetivou eliminar uma possível influência do LV na detecção da VTCC. Para ter certeza que os integrantes da amostra atingiram a VTCC abaixo da velocidade de LV, identificamos, inicialmente, os sujeitos cujo LV situava-se acima de 9 METs no teste de campo. Considerando que o LV em não atletas geralmente ocorre entre 60% e 70% do consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}), os integrantes do estudo deveriam apresentar, ao menos, valores de potência aeróbia máxima entre 14 e 16 METs, o que implicaria na cobertura de distâncias entre 2.700 e 3.200 m no teste de campo de 12 minutos¹¹.

Para os 24 sujeitos então selecionados, foi realizado um treinamento para adaptação a esteira rolante, composto por 15 minutos executados em dois dias distintos, conforme adaptação da proposta original de Wall e Charteris^{12,13}. Por fim, realizou-se um teste cardiopulmonar de exercício máximo, utilizando-se o protocolo em rampa, a partir do qual foram selecionados 12 sujeitos dentre os que atenderam aos critérios de teste máximo, com resultados de VO_{2pico} e LV mais próximos do valor mediano exibido pelo grupo. Dessa forma, foram selecionados 12 sujeitos criteriosamente homogeneizados quanto aos seguintes aspectos (mínimo e máximo): a) gênero e idade: homens de $18,6 \pm 0,5$ anos (18 a 19); b) massa corporal de $66,4 \pm 1,1$ kg (64 a 68); c) estatura de $174,5 \pm 1,4$ cm (174 a 176); d) comprimentos de membros inferiores de $83,3 \pm 1,2$ cm (81 a 85,4); e) VO_{2pico} de $52,2 \pm 2,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ (50 e 57,1); f) LV de $39,8 \pm 2,6$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ (36,5 e 45,6). Anteriormente à participação no experimento, os voluntários assinaram um termo de consentimento livre esclarecido e o protocolo do estudo foi aprovado pelo comitê de ética institucional.

Variáveis monitorizadas

As variáveis cardiorrespiratórias acompanhadas foram: consumo de oxigênio (VO_2), ventilação pulmonar (VE) e produção de gás carbônico (VCO_2), obtidas através do analisador metabólico Medical Graphics modelo GPX/D (Saint Louis, Estados Unidos), além da frequência cardíaca (FC), aferida pelo monitor Polar modelo Accurex Plus, (Kempele, Finlândia). Foram ainda calculados o pulso de oxigênio (pulso de O_2), os equivalentes ventilatórios de oxigênio (VE/VO_2) e de gás carbônico (VE/VCO_2), e a razão de troca respiratória (R). Os dados foram monitorizados continuamente e suas médias registradas a cada minuto de exercício.

A percepção ao esforço foi avaliada através da escala de Borg CR10, adotando-se valores separados para as percepções geral e local do esforço a cada minuto de exercício. Para a percepção local do esforço, após instruções padronizadas sobre a forma adequada para quantificar o esforço percebido¹⁴, o avaliado foi solicitado a dar uma nota referente aos sintomas verificados nos membros inferiores. Devido à impossibilidade de expressar verbalmente os valores da escala de Borg, por causa do aparato usado na medida das variáveis ventilatórias, o avaliador passava uma régua sobre os valores da escala, situada

à frente da esteira, e o avaliado apontava o valor referente ao esforço percebido no momento.

Determinação da VTCC individual

Como a identificação da VTCC é protocolo-dependente^{7,10}, inicialmente determinamos sua reprodutibilidade, a partir da aplicação em três dias separados por 48 horas. Após aquecimento de dois minutos a 4,5 km/h, o protocolo iniciava com uma velocidade de 5,5 km/h, que era incrementada a cada 15 segundos em 0,1 km/h. Depois de atingida a VTCC, o sujeito prosseguia no protocolo por mais um minuto e trinta segundos. Finalmente, a velocidade era reduzida para 4,5 km/h por dois minutos e o protocolo finalizado. Para identificar o instante exato no qual cada voluntário modificava a forma de locomoção, os testes foram filmados e a VTCC determinada com auxílio de um videoteipe, permitindo identificar o momento exato em que o indivíduo, espontaneamente, passava a exibir, de modo definitivo, a fase de vôo que caracteriza a corrida.

Avaliação das respostas nas diferentes formas de locomoção

Nessa etapa, os sujeitos foram instruídos a caminharem e a correrem, durante oito minutos, em intensidade de esforço correspondente à VTCC individual, bem como em velocidades equivalentes à $\pm 0,5$ km/h da mesma. A opção por esse tempo de monitorização das locomoções deveu-se ao fato dos indivíduos terem extrema dificuldade em permanecer caminhando acima da VTCC, quando ultrapassados oito minutos. Dessa forma, para padronizar a comparação das variáveis investigadas, o mesmo tempo de atividade foi aplicado para todas as velocidades e locomoções. As variáveis cardiorrespiratórias foram monitorizadas continuamente e arquivadas ao final de cada minuto de atividade. Quanto ao esforço percebido, os sujeitos foram solicitados a indicá-lo ao final de cada minuto de atividade. Para efeito de comparação, utilizou-se o valor médio para os oito minutos de atividade. Em adendo, visando estabilizar os valores do R, inicialmente os sujeitos caminharam a 5 km/h durante dois minutos. A partir daí, a velocidade e locomoção selecionadas para cada dia foram aplicadas. A coleta de dados foi realizada em três dias, nos quais os sujeitos executaram duas atividades em cada visita, com intervalo de uma hora, minimizando a possibilidade de fadiga. A ordem de realização das diversas atividades foi balanceada. Nos distintos dias de teste, para cada voluntário, os dados foram coletados nos mesmos horários e os sujeitos usaram sempre o mesmo calçado desportivo.

Tratamento estatístico

Para determinar a reprodutibilidade do protocolo na detecção da VTCC, foi utilizado o coeficiente de correlação intraclasse. Para comparar as diferenças em cada uma das respostas cardiorrespiratórias e de percepção geral e local do esforço nas situações de caminhada e corrida, nas três velocidades estudadas, utilizou-se uma ANOVA de medidas repetidas de uma entrada acompanhada de verificação *post hoc* de Bonferroni ($p < 0,05$). O software STATISTICA for Windows versão 6.0, Statsoft Incorporation (Tulsa, Estados

Unidos) foi utilizado para todas as análises dos dados. As figuras foram preparadas no GraphPad Prism 5 (San Diego, Estados Unidos).

Resultados

Na detecção da VTCC, observaram-se valores médios muito similares nos três dias de testes, refletindo uma baixa variabilidade interdias (8,2 km/h, 8,1 km/h e 8,1 km/h, respectivamente; $p > 0,05$). Em adendo, o protocolo mostrou-se altamente reprodutível, tendo apresentado um coeficiente de correlação intraclasse de 0,92 ($p < 0,05$).

As respostas fisiológicas ao esforço diferiram nas velocidades e formas de locomoção investigadas. As percepções do esforço local e geral também mostraram comportamentos distintos (figura 1), tendendo a serem mais altas para a caminhada, especialmente acima da VTCC ($p < 0,05$). Os resultados para percepção local do esforço foram sistematicamente superiores àqueles relatados para a percepção geral ($p < 0,05$).

As respostas de FC e VO_2 aumentaram com o incremento das velocidades. Contudo, diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre as locomoções foram apontadas somente acima da VTCC (figuras 2 e 3). Nessa velocidade, a FC mostrou-se cerca

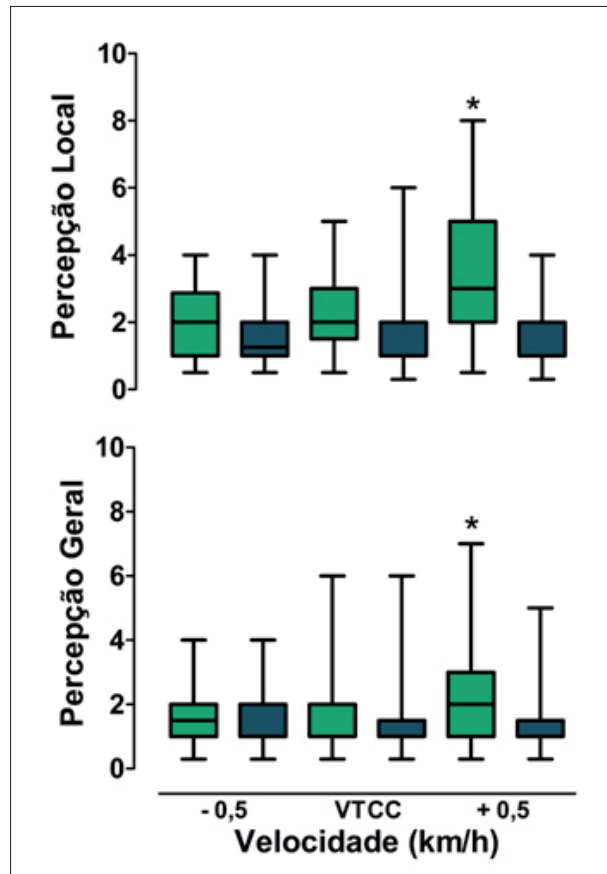


Fig. 1 - Valores para escala de Borg (média \pm desvio-padrão) nas percepções geral e local do esforço relatadas na velocidade de transição caminhada-corrída (VTCC), bem como em velocidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma. * $p < 0,05$.

de 20 bpm maior na caminhada do que na corrida, enquanto o VO_2 mostrou-se superior em $5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Quando comparadas a menor e a maior velocidade investigadas, verificou-se que a FC aumentou, em média, apenas 2,5% na corrida e 22% na caminhada. A mesma análise para o VO_2 permite observar que, na velocidade de 0,5 km/h abaixo da transição, o consumo de oxigênio é cerca de $3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ menor para a caminhada (7%), enquanto na velocidade de 0,5 km/h acima da velocidade de VTCC, a corrida economiza 15% de oxigênio.

No que diz respeito às respostas de VE e VCO_2 , os dados para a velocidade acima da transição mostraram-se significativamente maiores ($p < 0,05$) que os obtidos nas outras intensidades estudadas (figura 4), com comportamentos semelhantes aqueles observados para a FC e o VO_2 . Já para os equivalentes ventilatórios de O_2 e CO_2 (figura 5) observaram-se valores muito similares para caminhada e corrida nas duas menores velocidades estudadas, além de aumentos

importantes a favor da caminhada na velocidade acima da transição ($p < 0,05$).

O pulso de O_2 não apresentou diferença significativa entre a caminhada e a corrida em nenhuma das três velocidades estudadas ($p > 0,05$) (figura 6), ainda que tenha sido observada uma tendência a valores progressivamente maiores quando a velocidade era incrementada nas duas formas de locomoção. Para todas as velocidades investigadas, a caminhada apresentou sistematicamente valores de R superiores aos verificados na corrida, embora uma diferença significativa ($p < 0,05$) tenha sido verificada a favor da caminhada apenas com a velocidade mais alta (figura 7).

Discussão

Os componentes de uma prescrição de exercícios incluem a seleção da modalidade, a intensidade do esforço, a duração da atividade, a frequência semanal e a forma de progressão do exercício^{15,16}. Esses componentes são aplicados para desenvolver prescrições em sujeitos de todas as idades, capacidades funcionais e condições clínicas¹⁷⁻²⁰. Apesar da importância de todos os componentes, a intensidade do

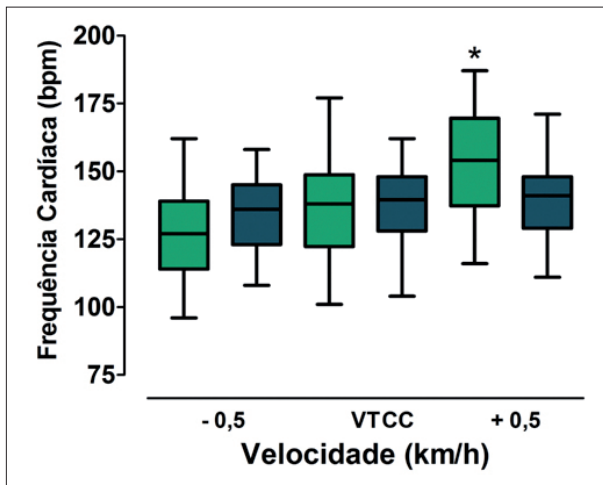


Fig. 2 - Valores de FC (média \pm desvio-padrão) obtidos na VTCC, bem como em velocidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma. * $p < 0,05$.

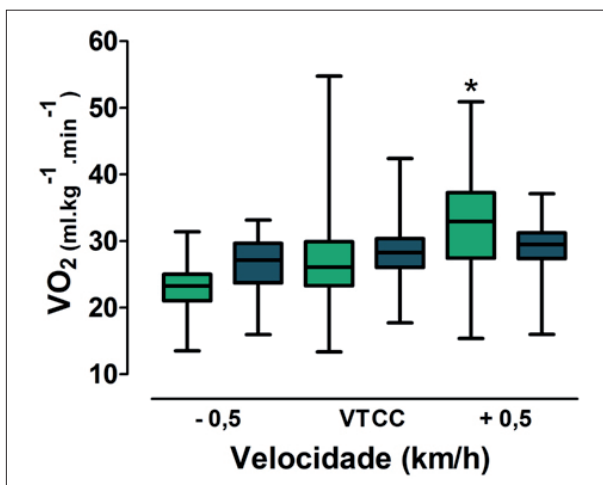


Fig. 3 - Valores de VO_2 (média \pm desvio-padrão) obtidos na VTCC, bem como em velocidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma. * $p < 0,05$.

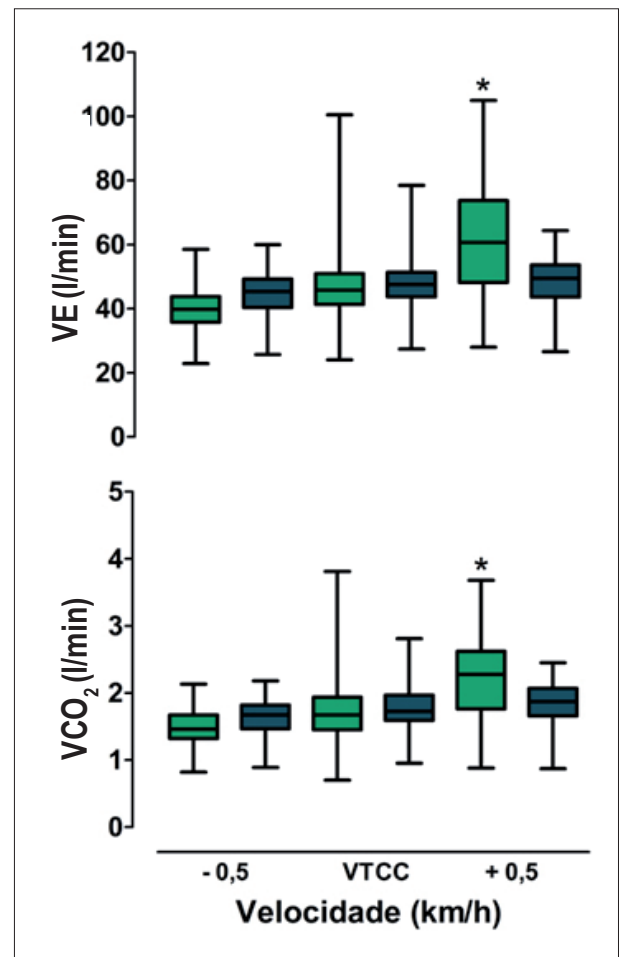


Fig. 4 - Valores de VE e VCO_2 (média \pm desvio-padrão) obtidos na VTCC, bem como em velocidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma. * $p < 0,05$.

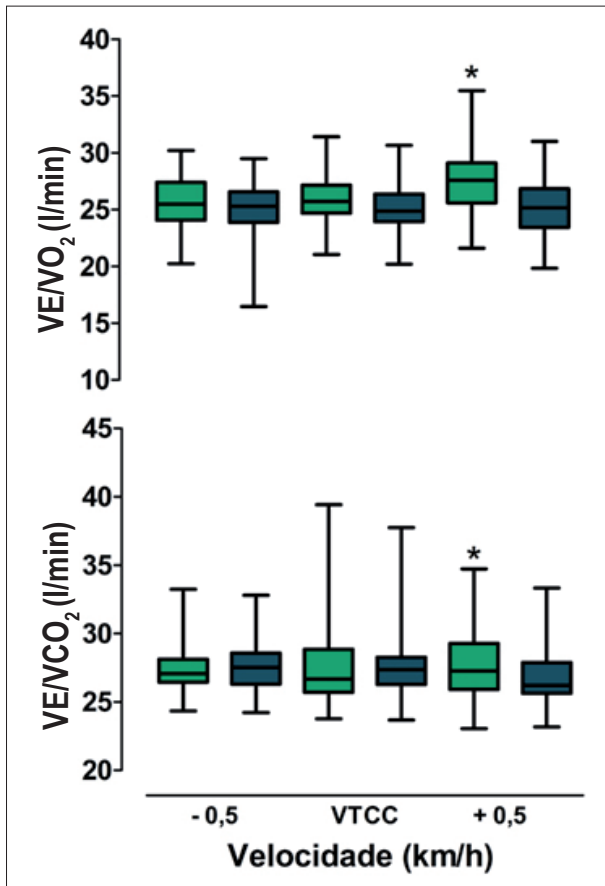


Fig. 5 - Valores para os equivalentes ventilatórios de O_2 e CO_2 (média \pm desvio-padrão) obtidos na VTCC, bem como em velocidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma. * $p < 0,05$.

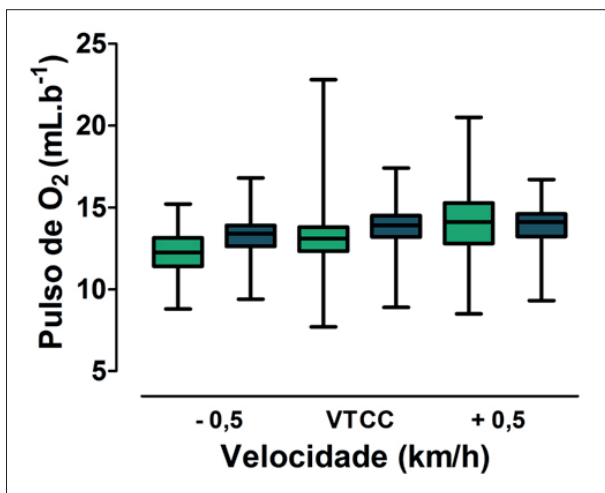


Fig. 6 - Valores de pulso de O_2 (média \pm desvio-padrão) obtidos na VTCC, bem como em intensidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma.

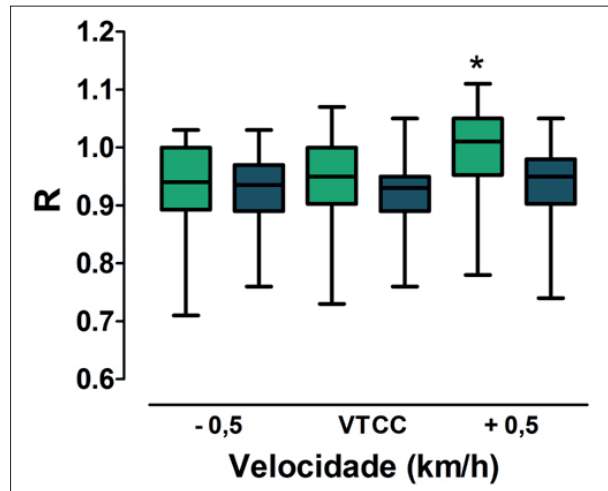


Fig. 7 - Valores de R (média \pm desvio-padrão) obtidos na VTCC, bem como em velocidades abaixo (-0,5 km/h) e acima (+0,5 km/h) da mesma. * $p < 0,05$.

esforço é um dos mais difíceis de quantificar. Tratando-se de forma de locomoção, a seleção da modalidade apropriada aparece como o primeiro elemento a ser definido, uma vez que pode influenciar na intensidade do esforço.

Antes de discutir os resultados obtidos, cabe destacar a influência dos protocolos para obtenção das variáveis, quando determinadas a partir da VTCC. Em protocolos contínuos, com estágios inferiores a quatro minutos, as respostas ao esforço podem se comportar diferentemente daquelas obtidas em protocolos que utilizam esforços de intensidade constante com estágios mais prolongados^{7,21}. No caso dos protocolos com estágios mais longos, podem ser computados os valores das variáveis durante todo o tempo de monitorização. A partir daí, os valores dessas variáveis são comparados para verificar a existência de diferenças entre as duas formas de locomoção^{8,9}. Tal procedimento permite o estudo em condições mais reais de prescrição de exercícios e, por isso, optou-se por essa estratégia para acompanhar as respostas na caminhada e corrida, investigando os valores médios das variáveis cardiorrespiratórias e perceptivas em oito minutos.

O único experimento que investigou variáveis ventilatórias na caminhada e corrida a partir da determinação da VTCC foi realizado por Mercier e cols.⁹, acompanhando sete sujeitos por quatro minutos na VTCC e em velocidades correspondentes a 0,5 e 1 km/h acima e abaixo desta. Não foram encontradas diferenças para VO_2 , VE, FC, VE/VO_2 e R na VTCC, bem como a 0,5 km/h acima da VTCC, o mesmo não ocorrendo com o VO_2 , VE e FC a 0,5 km/h abaixo da VTCC. Nas velocidades correspondentes a ± 1 km/h, todas as variáveis exibiram diferenças entre a caminhada e a corrida. Contudo, o reduzido número de sujeitos, bem como suas características antropométricas e de aptidão cardiorrespiratória heterogêneas, limitam seus resultados. Em adição, cada forma

de locomoção foi acompanhada por apenas quatro minutos, o que representa um intervalo de tempo curto para obtenção de estabilidade das variáveis cardiorrespiratórias, especialmente nas intensidades acima da VTCC. Por fim, não foram relatados os dados referentes à reprodutibilidade do protocolo para detecção da VTCC, o que limita a realização de inferências consistentes a partir do estudo.

Brisswalter e Mottet⁸ também investigaram as relações entre o custo energético em velocidades impostas e escolhidas a partir da VTCC. Como os objetivos do estudo centraram-se na demanda energética, o único dado proveniente da medida de gases expirados foi o VO_2 na corrida e caminhada. Esse experimento apresentou problemas metodológicos semelhantes aos verificados por Mercier e cols.⁹, o que também reduz a consistência dos seus resultados.

Os dados deste estudo se contrapõem aos exibidos por Mercier e cols.⁹ Na presente investigação, foram obtidos dados semelhantes para as variáveis cardiorrespiratórias estudadas a 0,5 km/h abaixo da VTCC, o mesmo não ocorrendo a 0,5 km/h acima da VTCC. Nessa velocidade, diferenças significativas foram observadas nas variáveis ventilatórias (com exceção ao pulso de O_2) e na FC entre a caminhada e a corrida. A exceção encontrada para o pulso de O_2 pode ser explicada pelo aumento similar do VO_2 e da FC, fazendo com que a relação entre essas variáveis permanecesse basicamente constante nas velocidades estudadas.

Além das respostas cardiorrespiratórias, nosso estudo acompanhou a percepção geral e local do esforço. Nas duas formas de percepção, observou-se um valor maior na caminhada em relação à corrida acima da VTCC, corroborando os dados verificados para FC e variáveis ventilatórias. Em todas as velocidades, a percepção local apresentou escores mais elevados do que a percepção geral para a caminhada, sugerindo forte influência de fatores periféricos nessa forma de locomoção^{3,5}. Acima da VTCC, as respostas para VO_2 , FC e VE foram mais altas na caminhada do que na corrida, possivelmente por um maior recrutamento dos músculos do tronco e dos membros superiores com o incremento da velocidade nessa locomoção, aumentando também o trabalho excêntrico para a realização do movimento⁵. É possível que haja uma relação entre a maior percepção local de esforço e o maior incremento das variáveis cardiorrespiratórias. Prilutsky e Gregor³ avaliaram diversos músculos da perna durante caminhada e corrida em velocidades entre 55% e 145% da VTCC, através da EMG, observando que a ação dos músculos flexores foi maior durante a caminhada do que durante a corrida acima da VTCC. Já o VO_2 mais baixo durante a corrida nas velocidades mais altas pode ser uma consequência da energia elástica armazenada durante a fase de apoio da corrida^{22,23}, o que não ocorre na caminhada²⁴.

Três aspectos parecem explicar as diferenças entre o presente estudo e o conduzido por Mercier e cols.⁹. O primeiro refere-se à seleção amostral. A amostra do estudo supracitado foi reduzida e heterogênea quanto ao gênero, características antropométricas, condição aeróbia e experiência no trabalho em esteira rolante. A cuidadosa homogeneização dessas características neste estudo pode ter contribuído para um maior controle das medidas obtidas, já que as mesmas podem afetar as respostas cardiorrespiratórias

ao esforço. A diferença no protocolo para detecção da VTCC também podem ter influenciado nas diferenças de resultados. Apenas um experimento apresentou dados da reprodutibilidade do protocolo para detecção da VTCC, no qual se verificou coeficiente intraclasse de 0,72 para a VTCC determinada em diferentes dias⁷. No presente estudo, verificou-se alta reprodutibilidade do protocolo para detecção da VTCC, que exibiu coeficiente de correlação intraclasse de 0,92, valor superior ao reportado na literatura.

Por fim, destacamos a diferença do tempo de monitorização das variáveis entre os estudos. Nossos dados foram acompanhados durante oito minutos, enquanto Mercier e cols.⁹ acompanharam apenas quatro minutos, o que pode não ter sido suficiente para estabilização das medidas, notadamente em velocidades acima da VTCC. Um detalhe importante a destacar diz respeito à tolerância ao esforço quando caminhando a velocidade de 1 km/h acima da VTCC. Em nosso experimento, os sujeitos já relatavam cansaço acentuado para a caminhada após o quarto minuto a 0,5 km/h acima da VTCC, tendo que ser extremamente motivados para continuarem até o final do oitavo minuto. Um estudo piloto mostrou que não havia estabilidade de medidas e que era extremamente difícil fazer com que os voluntários permanecessem por mais do que quatro ou cinco minutos a 1 km/h acima da VTCC caminhando. Do ponto de vista aplicado, isso implica dizer que caminhar rápido a velocidades acima da VTCC pode não ser uma boa estratégia para realização do exercício, devido ao rápido aumento das respostas cardiorrespiratórias e perceptivas ao esforço.

Se por um lado caminhar é a locomoção mais apropriada para a fase inicial de programas de reabilitação cardíaca, a inclusão posterior da corrida é bastante comum e recomendada. Todavia, para aqueles que não se enquadram nesses dois extremos, a opção por uma ou outra atividade pode trazer implicações nas possibilidades de tolerância do esforço²⁵. Os resultados deste estudo chamam atenção para o impacto que a escolha da forma de locomoção pode trazer na quantificação da intensidade do exercício. A percepção do esforço, maior na caminhada em todas as velocidades investigadas, alerta para a importância do acompanhamento de fatores periféricos, conjuntamente aos dados metabólicos. Nesse sentido, a escala de Borg voltada à percepção local do esforço pode auxiliar no acompanhamento da intensidade do exercício. Em adição, pequenas variações na velocidade nas diferentes locomoções podem provocar distintas respostas ao esforço. No presente estudo, uma variação de aproximadamente 15% na velocidade e forma de locomoção representou diferenças individuais de até 50% no VO_2 medido durante o exercício (figura 3). Para alguns sujeitos, a FC variou em até 25 bpm entre a corrida e a caminhada na mesma velocidade. Já variações da velocidade de corrida ao redor da VTCC não afetaram significativamente as respostas de FC, podendo até ser mais conveniente do ponto de vista locomotor para alguns sujeitos (figura 2).

Os dados da presente investigação também sugerem implicações quanto ao gasto energético da atividade. O uso de equações para prescrever o exercício com base no dispêndio de energia pode ser relativamente útil em atividades submáximas, padronizadas e realizadas em

condições de *steady-state*. Contudo, a adoção de equações dessa natureza não se aplica a uma faixa de velocidade onde ocorre a transição entre a caminhada e a corrida, mais tipicamente entre 6 e 8 km/h. Nesse caso, para uma mesma forma de locomoção, a variabilidade individual no VO_2 e consequentemente no gasto energético, pode chegar a 20%, dificultando o uso de equações preditivas¹. A opção por caminhar ou correr na mesma velocidade, traz implicações distintas na demanda energética, conforme indicam os dados do VO_2 deste estudo, destacando a influência diferenciada da locomoção, quando o exercício é realizado em velocidades acima ou abaixo da VTCC. Em intensidades abaixo, ou mesmo na VTCC, a corrida tende a apresentar valores ligeiramente superiores aos da caminhada. Todavia, ao ultrapassar a VTCC a caminhada passa a ter maior influência sobre o VO_2 , e consequentemente, sobre o dispêndio de energia em relação à corrida. Esses achados ressaltam a importância da escolha da forma de locomoção em programas de exercício para reabilitação cardíaca, nos quais os sujeitos se exercitam em intensidade próximas a VTCC, com implicações clínicas e maior segurança na prescrição da atividade^{1,26}.

Outro aspecto a ser destacado é a relevância da forma de locomoção no comportamento da VE e dos equivalentes ventilatórios de O_2 e CO_2 . Acima da VTCC, foi observado grande incremento desses indicadores na caminhada em relação à corrida, o que pode trazer implicações para os sujeitos que possuem restrições cardiorrespiratórias²⁷⁻²⁹. Tal fato reforça ainda mais a necessidade de selecionar corretamente a forma de locomoção para a prescrição do exercício nesses indivíduos.

A utilização do substrato energético também parece ser influenciada pela forma de locomoção. Nas velocidades investigadas, a caminhada tendeu a apresentar valores sistematicamente mais elevados de R do que a corrida, sendo a diferença significativa ($p < 0.05$) acima da VTCC. Quanto à influência da forma de locomoção na fadiga, ao final dos oito minutos de caminhada, o VO_2 ultrapassava o obtido no LV, o mesmo não ocorrendo na corrida. Esses achados também apontam para a importância da seleção adequada da locomoção na prescrição do exercício, notadamente nos programas de 20 a 60 minutos, preconizados para o aprimoramento da condição aeróbia¹. Logo, a detecção da

VTCC pode ser uma estratégia recomendada para determinar limites em que a caminhada pode ser realizada em uma sessão de exercício aeróbio, principalmente para sujeitos que necessitam de maiores cuidados quanto ao controle das variáveis fisiológicas durante o esforço.

Conclusão

A partir de uma amostra homogênea quanto ao sexo, idade, características antropométricas, condição aeróbica e experiência no trabalho em esteira rolante, verificou-se que a 0,5 km/h acima da VTCC, as percepções geral e local do esforço, bem como as respostas de FC, VO_2 , VE, VCO_2 e R apresentaram valores superiores para a caminhada em relação à corrida, demonstrando a influência da forma de locomoção nos indicadores de intensidade relativa ao esforço, utilização do substrato energético e tolerância à fadiga. Na VTCC, ou a 0,5 km/h abaixo desta, a forma de locomoção não induziu diferenças significativas sobre as variáveis cardiorrespiratórias e de percepção ao esforço investigadas. Esses dados reforçam a importância da seleção adequada da forma de locomoção na prescrição do exercício aeróbio. Contudo, devido ao tempo de monitorização relativamente curto nas velocidades investigadas, não é possível extrapolar com precisão nossos achados para sessões de exercícios destinadas ao aumento da aptidão cardiorrespiratória com durações superiores a 30 minutos. Estudos futuros devem ser conduzidos com maior tempo de acompanhamento das variáveis, para determinar mais detalhadamente a influência da forma de locomoção na prescrição do exercício aeróbio para não-atletas.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado pelo CNPq.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de Doutorado de Wallace David Monteiro pela Universidade Gama Filho.

Referências

1. ACSM's. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ed. Philadelphia: Williams & Wilkins; 2006.
2. Hreljac A. Determinants of the gait transition speed during human locomotion: kinematic factors. J Biomech. 1995; 28 (6): 669-77.
3. Prilutsky BI, Gregor RJ. Swing and support-related muscle actions differentially trigger human walk-run and run-walk-transitions. J Exp Biol. 2001; 204: 2277-87.
4. Saibene F, Minetti AE. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. Eur J Appl Physiol. 2003; 88 (4-5): 297-316.
5. Segers V, Lenoir M, Aerts P, De Clercq D. Influence of M. tibialis anterior fatigue on the walk-to-run and run-to-walk transition in non-steady state locomotion. Gait Posture. 2007; 25(4):639-47.
6. Thorstesson A, Roberthson H. Adaptations to changing speed in human locomotion: speed of transition between walking and running. Acta Physiol Scand. 1987; 131: 211-4.
7. Hanna A, Albernety B, Neal RJ, Burgess-Limerick R. Triggers of the transition between human walking and running. In: WA S, (ed). Energetics of human activity. Champaign: Human Kinetics; 2000. p. 124-64.
8. Brisswalter J, Mottet D. Energy cost and stride duration variability at preferred

- transition gait speed between walking and running. *Can J Appl Physiol.* 1996; 21 (6): 471-80.
9. Mercier J, Le Gallais D, Durand M, Goudal C, Micallef JP, Prefaut C. Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *Eur J Appl Physiol.* 1994; 69: 525-9.
 10. Monteiro WD, Araujo CGS. Transição caminhada-corrída: considerações fisiológicas e perspectivas para estudos futuros. *Rev Bras Med Esporte.* 2001; 7: 207-22.
 11. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *JAMA.* 1968; 203 (3): 201-4.
 12. Wall JC, Charteris J. The process of habituation to treadmill walking at different velocities. *Ergonomics.* 1980; 23 (5): 425-35.
 13. Wall JC, Charteris J. A kinematic study of long-term habituation to treadmill walking. *Ergonomics.* 1981; 24 (7): 531-42.
 14. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics; 1998.
 15. Araújo CGS, Carvalho T, Castro CL, Costa RV, Moraes RS, Oliveira Filho JA, et al. Normatização dos equipamentos e técnicas da reabilitação cardiovascular supervisionada. *Arq Bras Cardiol.* 2004; 83 (5): 448-52.
 16. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretriz de reabilitação cardíaca. *Arq Bras Cardiol.* 2005; 84 (5): 431-40.
 17. Giada F, Biffi A, Agostoni P, Anedda A, Belardinelli R, Carlon R, et al. Exercise prescription for the prevention and treatment of cardiovascular diseases: part I. *J Cardiovasc Med.* 2008; 9: 529-44.
 18. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation.* 2007; 116 (9): 1081-93.
 19. Myers J. Principles of exercise prescription for patients with chronic heart failure. *Heart Fail Rev.* 2008; 13 (1): 61-8.
 20. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation.* 2007; 116 (9): 1094-105.
 21. de Araújo CGS. Respostas cardiorespiratórias a um exercício submáximo prolongado. *Arq Bras Cardiol.* 1983; 41 (1): 37-45.
 22. Cavanagh PR, Kram R. Mechanical and muscular factors affecting the efficiency of human movement. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17 (3): 326-31.
 23. Gleim GW, Stachenfeld NS, Nicholas JA. The influence of flexibility on economy of walking and jogging. *J Orthop Res.* 1990; 8 (6): 814-23.
 24. Luhtanen P, Komi PV. Mechanical energy states during running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1978; 38 (1): 41-8.
 25. Hasegawa H, Inui F. Influence of higher-grade walking on metabolic demands in young untrained Japanese women. *J Strength Cond Res.* 2007; 21 (2): 405-8.
 26. Quell KJ, Porcari JP, Franklin BA, Foster C, Andreuzzi RA, Anthony RM. Is brisk walking an adequate aerobic training stimulus for cardiac patients? *Chest.* 2002; 122 (5): 1852-6.
 27. Donesky-Cuenco D, Janson S, Neuhaus J, Neilands TB, Carrieri-Kohlman V. Adherence to a home-walking prescription in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Heart Lung.* 2007; 36 (5): 348-63.
 28. Ringbaek T, Brondum E, Martinez G, Lange P. Rehabilitation in COPD: the long-term effect of a supervised 7-week program succeeded by a self-monitored walking program. *Chron Respir Dis.* 2008; 5 (2): 75-80.
 29. Witte KK, Thackray SD, Nikitin NP, Cleland JG, Clark AL. Pattern of ventilation during exercise in chronic heart failure. *Heart.* 2003; 89 (6): 610-4.