

Respuestas Cardiorrespiratorias y Perceptivas para las Mismas Velocidades de Caminata y Carrera

Walace David Monteiro^{1,2} y 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

Resumen

Fundamento: Es posible que diferentes formas de locomoción, cuando se ejecutan a una misma velocidad, influyan de forma diferente sobre las respuestas fisiológicas y perceptivas al esfuerzo.

Objetivo: Comparar las respuestas cardiorrespiratorias y de percepción subjetiva al esfuerzo, al caminar y al correr a las mismas velocidades, determinadas a partir de la velocidad de transición caminata-carrera (VTCC).

Métodos: A partir de una muestra inicial de 453 individuos en servicio militar obligatorio, se seleccionaron 12 hombres adultos jóvenes y homogeneizados criteriosamente en cuanto a sexo, edad, características antropométricas, condición aeróbica y experiencia en ejercicios en cinta sin fin. En sesiones preliminares, se determinó individualmente la VTCC. Posteriormente, en tres días diferentes, los individuos caminaron y corrieron, en orden balanceado, a cada una de las siguientes velocidades: VTCC, VTCC - 0,5 km/h y VTCC + 0,5 km/h, con obtención de medidas de gases expirados, de la frecuencia cardíaca (FC) y de la percepción de esfuerzo.

Resultados: El protocolo para detección de la VTCC se mostró altamente reproducible ($r=0,92$; $p<0,05$). En intensidad superior a la VTCC, la percepción del esfuerzo, la FC y las variables ventilatorias VE, VO₂, VCO₂ y R – presentaron valores mayores en la caminata con relación a la carrera ($p<0,05$), mientras que a la VTCC, y a 0,5 km/h por debajo de ésta, la forma de locomoción no influyó en las variables cardiorrespiratorias y perceptivas ($p>0,05$).

Conclusión: La caminata a velocidades superiores a la VTCC tiende a ser más estresante desde el punto de vista fisiológico y perceptivo. Parece conveniente determinar individualmente la VTCC y normalizar la forma de locomoción para una prescripción más fisiológica y fidedigna de la intensidad de los ejercicios aeróbicos. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(4) : 410-417)

Palabras clave: Caminata, carrera, consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca, ejercicio.

Introducción

El gasto energético del ejercicio varía de acuerdo con su característica¹. El hombre, por ser bípedo, utiliza sólo la caminata y la carrera como formas naturales de ambulación. Cuando la velocidad de desplazamiento aumenta, alcanzamos un momento crítico en que cambiamos de camina a carrera, caracterizando la velocidad de transición caminata-carrera (VTCC). Varios factores influyen en la VTCC, y entre ellos se destacan las características antropométricas, el nivel de condicionamiento físico, la duración de la actividad y la percepción de la intensidad del esfuerzo.

Pero, ¿qué es lo que hace exactamente que un individuo opte por caminar o correr a una velocidad dada? La respuesta a esta pregunta está lejos de ser respondida²⁻⁶.

Independientemente del mecanismo responsable por la VTCC, el conocimiento de las respuestas fisiológicas en la caminata y en la carrera, a velocidades próximas a la VTCC, puede ofrecer datos importantes para la prescripción de ejercicios aeróbicos en individuos saludables, así como en portadores de enfermedades cardiovasculares. Esto resulta práctico cuando es necesario combinar la caminata y la carrera en intervalos específicos de tiempo en la misma sesión de ejercicios. El análisis de estas alternativas se vuelve todavía más relevante para individuos que tienden a presentar un consumo máximo de oxígeno entre 6 y 10 MET, en los cuales caminar implica es un esfuerzo pequeño, mientras el correr representa un esfuerzo superior al umbral anaeróbico ventilatorio (VT).

Infelizmente, pocos experimentos investigaron las respuestas fisiológicas obtenidas por encima o por debajo de la VTCC⁷⁻⁹. Además de ello, limitaciones metodológicas de los estudios dificultan inferencias sobre el asunto. Entre las principales, se destacan al falta de reproducibilidad del protocolo para detección de la VTCC, el reducido número de sujetos de las muestras y la variabilidad de

Correspondencia: 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

Artículo recibido el 09/09/08; revisado recibido el 11/11/08;

aceptado el 11/11/08.

sus características antropométricas, además del reducido tiempo de monitoreo de las actividades^{7,10}. Considerando tales limitaciones, se buscó en este estudio comparar las respuestas de variables cardiorrespiratorias y de percepción al esfuerzo en la caminata y en la carrera, en la VTCC, así como en niveles discretamente por encima y por debajo de ésta, en muestra cuidadosamente homogeneizada en cuanto al sexto, características antropométricas, condición aeróbica y adaptación al trabajo en cinta sin fin.

Métodos

Muestra

Para homogeneizar la muestra, se consideraron hombres con edades entre 18 y 19 años, que prestaban servicio militar obligatorio. A partir del cuantitativo de 453 individuos, aptos por evaluación médica para la práctica de actividad física, se seleccionaron aquellos que se situaban en el intervalo entre los percentiles de 35 y 65 del grupo para estatura. A continuación, se identificaron aquellos con valores de masa corporal más próximos al valor mediano del grupo, totalizando 53 voluntarios. Posteriormente, se excluyeron aquellos que participaban de deportes de competición o incluso los que estuvieran habituados al entrenamiento en cinta sin fin. A seguir, se excluyeron 12 individuos que presentaban longitudes de miembros inferiores más extremos en el grupo. Entre los remanentes, se identificaron 24 voluntarios con valores más homogéneos de condición aeróbica, obtenidos en prueba de campo (usando la misma estrategia: mediana \pm 12). Además de seleccionar a los individuos a ser encaminados para test cardiopulmonar de ejercicio, la prueba de campo buscó eliminar una posible influencia del VT en la detección de la VTCC. Para tener la seguridad de que los integrantes de la muestra alcanzaban la VTCC por debajo de la velocidad de VT, identificamos inicialmente a los individuos cuyo VT se encontraba por encima de 9 MET en la prueba de campo. Considerando que el VT en no atletas generalmente ocurre entre el 60% y el 70% del consumo de oxígenos de pico ($VO_{2\text{pico}}$), los integrantes del estudio deberían presentar, al menos, valores de potencia aeróbica máxima entre 14 y 16 MET, lo que implicaría la cobertura de distancias entre 2.700 y 3.200 m en la prueba de campo de 12 minutos¹¹.

Para los 24 individuos así seleccionados, se realizó un entrenamiento para adaptación a la cinta sin fin, compuesto por 15 minutos ejecutados en dos días distintos, conforme adaptación de la propuesta original de Wall y Charteris^{12,13}. Finalmente, se realizó un test cardiopulmonar de ejercicio máximo, utilizando el protocolo en rampa, a partir del cual se seleccionaron 12 individuos entre los que cumplieron los criterios de test máximo, con resultados de $VO_{2\text{pico}}$ y VT más próximos del valor mediano exhibido por el grupo. De esta forma, se seleccionaron 12 individuos homogeneizados criteriosamente en cuanto a los siguientes aspectos (mínimo y máximo): a) género y edad: hombres de $18,6 \pm 0,5$ años (18 a 19); b) masa corporal de $66,4 \pm 1,1$ kg (64 a 68); c) estatura de $174,5 \pm 1,4$ cm (174 a 176); d) longitudes de miembros inferiores de $83,3 \pm 1,2$ cm (81 a 85,4); y $VO_{2\text{pico}}$ de $52,2 \pm 2,2$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ (50 y 57,1); f) VT de $39,8 \pm 2,6$

ml.kg⁻¹.min⁻¹ (36,5 y 45,6). Anteriormente a la participación en el experimento, los voluntarios firmaron un término de consentimiento libre e informado y el protocolo del estudio fue aprobado por el comité de ética institucional.

Variables monitoreadas

Las variables cardiorrespiratorias monitoreadas fueron: consumo de oxígeno (VO_2), ventilación pulmonar (VE) y producción de gas carbónico (VCO_2), obtenidas a través de analizador metabólico Medical Graphics modelo GPX/D (Saint Louis, Estados Unidos), además de la frecuencia cardíaca (FC), medida por el monitor Polar modelo Accurex Plus, (Kempele, Finlandia). Se calcularon además, el pulso de oxígenos (pulso de O_2) los equivalentes ventilatorios para el oxígenos (VE/VO_2) y de gas carbónico (VE/VCO_2), y el cociente de intercambio respiratorio (R). Los datos se monitorearon continuamente y sus medidas se registraron a cada minuto de ejercicio.

La percepción al esfuerzo se evaluó mediante la escala de Borg CR10, adoptando los valores separados para las percepciones general y local del esfuerzo a cada minuto de ejercicio. Para la percepción local del esfuerzo, tras instrucciones normalizadas sobre la forma adecuada para cuantificar el esfuerzo percibido¹⁴, se solicitó al evaluado dar un nota referente a los síntomas verificados en los miembros inferiores. Debido la imposibilidad de expresar verbalmente los valores de la escala de Borg, por causa del aparato usado en la medida de las variables ventilatorias, el evaluador pasaba una regla sobre los valores de la escala, situada frente a la cinta, y el evaluado indicaba el valor referente al esfuerzo percibido en el momento.

Determinación de la VTCC individual

Con la identificación de la VTCC es dependiente del protocolo^{7,10}, inicialmente determinamos su reproducibilidad, a partir de la aplicación en tres días separados por 48 horas. Después de un calentamiento de dos minutos a 4,5 km/h, el protocolo iniciaba con una velocidad de 5,5 km/h, que era incrementada a cada 15 segundos en 0,1 km/h. Después de alcanzada la VTCC, el individuo proseguía en el protocolo por un minuto y treinta segundos más. Finalmente, se reducía la velocidad para 4,5 km/h por dos minutos y se finalizaba el protocolo. Para identificar el instante exacto en el cual cada voluntario modificaba la forma de locomoción se filmaron los test y la VTCC se determinó con auxilio de un videotape, permitiendo identificar el momento exacto en que el individuo espontáneamente pasaba a exhibir, de modo definitivo, la fase de vuelo que caracteriza la carrera.

Evaluación de las respuestas en las diferentes formas de locomoción

En esta etapa, los individuos fueron instruidos a caminar y a correr, durante ocho minutos, en intensidad de esfuerzo correspondiente a la VTCC individual, así como a velocidades equivalentes a $\pm 0,5$ km/h de la misma. La opción por ese tiempo de monitoreo de las locomociones se debió al hecho de que los individuos tenía extrema dificultad en permanecer caminando por encima de la VTCC cuando se superaban los ocho minutos. De esta forma, para normalizar

Artículo Original

la comparación de las variables investigadas, se aplicó el mismo tiempo de actividad para todas las velocidades y locomociones. Las variables cardiorrespiratorias fueron monitoreadas continuamente y archivadas al final de cada minuto de actividad. En cuanto al esfuerzo percibido, se solicitó a los individuos que los indicaran al final de cada minuto de actividad. Para efectos de comparación, se utilizó el valor medio para los ocho minutos de actividad. Además, apuntando a estabilizar los valores del R, inicialmente los individuos caminaron a 5 km/h durante dos minutos. A partir de allí, se aplicaron la velocidad y locomoción seleccionadas para cada día. La recolección de datos se realizó en tres días, en los cuales los individuos ejecutaron dos actividades en cada visita, con intervalo de una hora, minimizando la posibilidad de fatiga. El orden de realización de las diversas actividades fue balanceado. En los distintos días de test, para cada voluntario, los datos se recolectaron en los mismos horarios y los individuos usaron siempre el mismo calzado deportivo.

Tratamiento estadístico

Para determinar la reproducibilidad del protocolo en la detección de la VTCC, se utilizó el coeficiente de correlación intraclass. Para comparar las diferencias en cada una de las respuestas cardiorrespiratorias y de percepción general y local del esfuerzo en las situaciones de caminata y carrera, en las tres velocidades estudiadas, se utilizó una ANOVA de medidas repetidas de una entrada acompañada de verificación *post hoc* de Bonferroni ($p < 0,05$). Para todos los análisis de los datos se utilizó el software STATISTICA for Windows versión 6. 0, Statsoft Incorporation (Tulsa, Estados Unidos). Las figuras se prepararon en el GraphPad Prism 5 (San Diego, Estados Unidos).

Resultados

En la detección de la VTCC, se observaron valores medios muy similares en los tres días de tests, reflejando una baja variabilidad interdía (8,2 km/h, 8,1 km/h y 8,1 km/h, respectivamente; $p > 0,05$). Además, el protocolo se mostró altamente reproducible, presentando un coeficiente de correlación intraclass de 0,92 ($p < 0,05$).

Las respuestas fisiológicas al esfuerzo difirieron en las velocidades y formas de locomoción investigadas. Las percepciones del esfuerzo local y general también mostraron comportamientos distintos (figura 1), tendiendo a ser más altas para la caminata, especialmente por encima de la VTCC ($p < 0,05$). Los resultados para percepción local del esfuerzo fueron sistemáticamente superiores a aquellos relatados para la percepción general ($p < 0,05$).

Las respuestas de FC y VO_2 aumentaron con el incremento de las velocidades. Con todo, diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre las locomociones fueron indicadas sólo por encima de la VTCC (figuras 2 y 3). A esa velocidad, la FC se mostró cerca de 20 lpm mayor en la caminata que en la carrera, mientras que el VO_2 se mostró superior en 5 ml. $kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Al compararlas con la menor y la mayor velocidad investigadas, se verificó que la FC aumentó, en promedio, sólo un 2,5% en la carrera y un 22% en la caminata. El mismo análisis para el VO_2 permite observar que, en la velocidad de 0,5 km/h por debajo de la

transición, el consumo de oxígeno es cerca de 3 ml. $kg^{-1} \cdot min^{-1}$ menor para la caminata (7%), mientras que en la velocidad de 0,5 km/h por encima de la velocidad de VTCC, la carrera economiza un 15% de oxígeno.

En lo que respecta a las respuestas de VE y VCO_2 , los datos para la velocidad por encima de la transición se mostraron significativamente mayores ($p < 0,05$) que los obtenidos en las otras intensidades estudiadas (figura 4), con comportamientos similares a aquellos observados para la FC y el VO_2 . Ya para los equivalentes ventilatorios de O_2 y CO_2 (figura 5) se observaron valores muy similares para caminata y carrera en las dos menores velocidades estudiadas, además de aumentos importantes a favor de la caminata en la velocidad por encima de la transición ($p < 0,05$).

El pulso de O_2 no presentó diferencia significativa entre la caminata y la carrera en ninguna de las tres velocidades estudiadas ($p > 0,05$) (figura 6), aunque se haya observado una tendencia a valores progresivamente mayores cuando la velocidad se incrementaba en las dos formas de locomoción. Para todas las velocidades investigadas, la caminata presentó sistemáticamente valores de R superiores a los verificados en la carrera, aunque se haya verificado una diferencia significativa ($p < 0,05$) en favor de la caminata sólo con la velocidad más alta (figura 7).

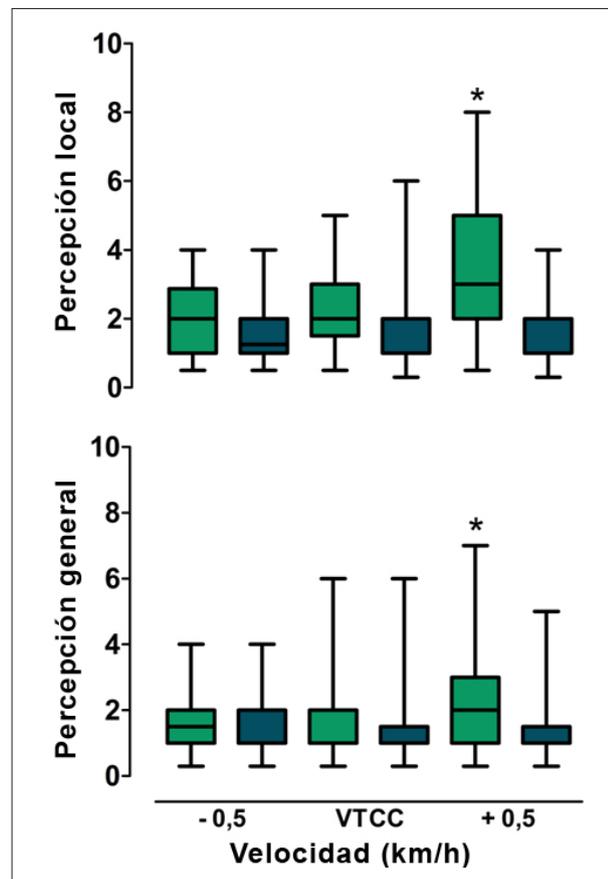


Figura 1 - Valores para escala de Borg (promedio \pm desviación estándar) en las percepciones general y local del esfuerzo relacionadas en la velocidad de transición caminata-carrera (VTCC), así como en velocidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma. * $p < 0,05$.

Discusión

Los componentes de una prescripción de ejercicios incluyen la selección de la modalidad, la intensidad del esfuerzo, la duración de la actividad, la frecuencia semanal y la forma de progresión del ejercicio^{15,16}. Estos componentes se aplican para desarrollar prescripciones en individuos de todas las edades, capacidades funcionales y condiciones clínicas¹⁷⁻²⁰. A pesar de la importancia de todos los componentes, la intensidad del esfuerzo es uno de los más difíciles de cuantificar. Tratándose de forma de locomoción, la selección de la modalidad apropiada aparece como el primer elemento a ser definido, puesto que puede influir en la intensidad del esfuerzo.

Antes de discutir los resultados obtenidos, cabe destacar la influencia de los protocolos para obtención de las variables, cuando se determinan a partir de la VTCC. En protocolos continuos, con etapas inferiores a cuatro minutos, las respuestas al esfuerzo pueden comportarse diferente de

aquellas obtenidas en protocolos que utilizan esfuerzos de intensidad constante con etapas más prolongadas^{7,21}. En el caso de los protocolos con etapas más largas, se pueden computar los valores de las variables durante todo el tiempo de monitoreo. A partir de allí, los valores de esas variables se comparan para verificar la existencia de diferencias entre las dos formas de locomoción^{8,9}. Tal procedimientos permite el estudio en condiciones más reales de prescripción de ejercicios y, por ello, se optó por esa estrategia para seguir las respuestas en la caminata y carrera, investigando los valores medios de las variables cardiorrespiratorias y perceptivas en ocho minutos.

El único experimento que investigó variables ventilatorias en caminata y carrera a partir de la determinación de la VTCC fue realizado por Mercier et al.⁹, acompañando siete individuos por cuatro minutos a la VTCC y a velocidades correspondientes a 0,5 y 1 km/h por encima y por debajo de ésta. No se encontraron diferencias para VO_2 , VE, FC, VE/ VO_2 y R en la VTCC, así como a 0,5 km/h por encima de la VTCC, no ocurriendo lo mismo con el VO_2 , VE y FC a 0,5 km/h por debajo de la VTCC. A las velocidades correspondientes a ± 1 km/h, todas las variables presentaron diferencias

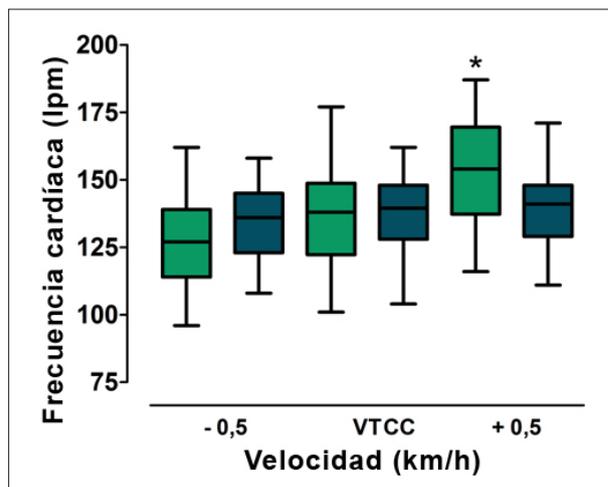


Figura 2 - Valores de FC (promedio \pm desviación estándar) obtenidos en la VTCC, así como a velocidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma. * $p < 0,05$.

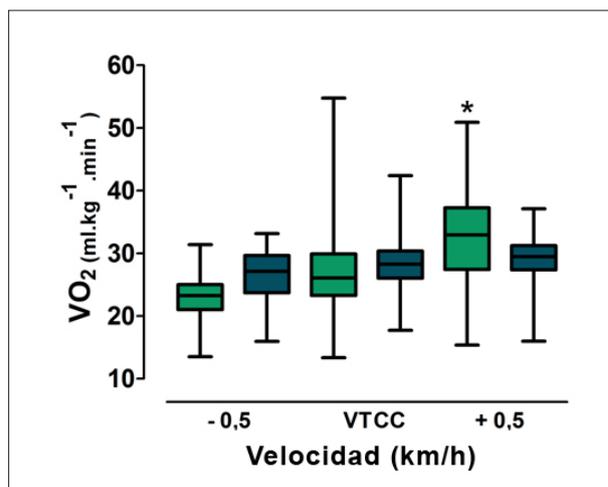


Figura 3 - Valores de VO_2 (promedio \pm desviación estándar) obtenidos en la VTCC, así como a velocidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma. * $p < 0,05$.

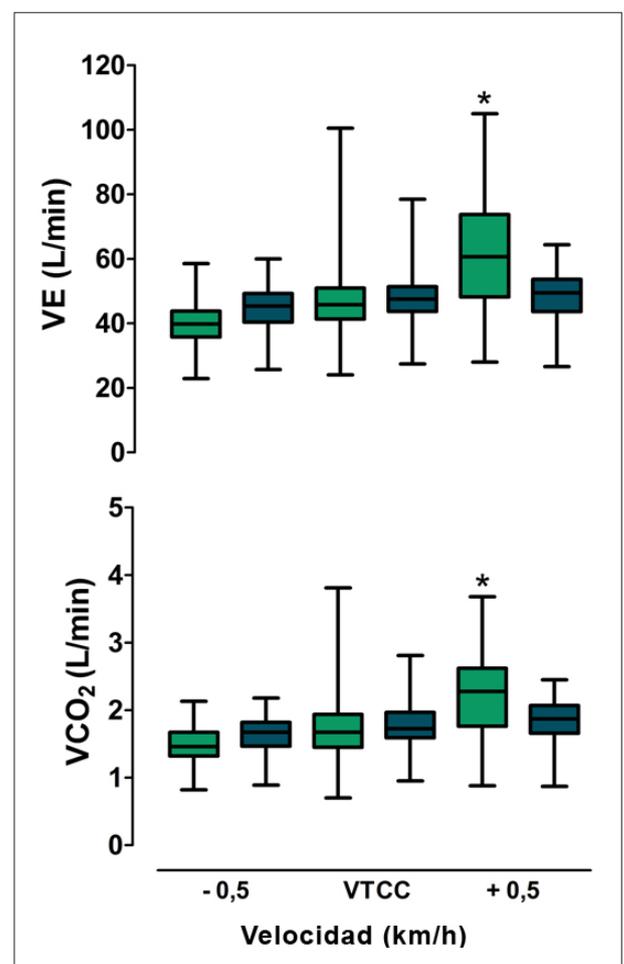


Figura 4 - Valores de VE y VO_2 (promedio \pm desviación estándar) obtenidos en la VTCC, así como a velocidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma. * $p < 0,05$.

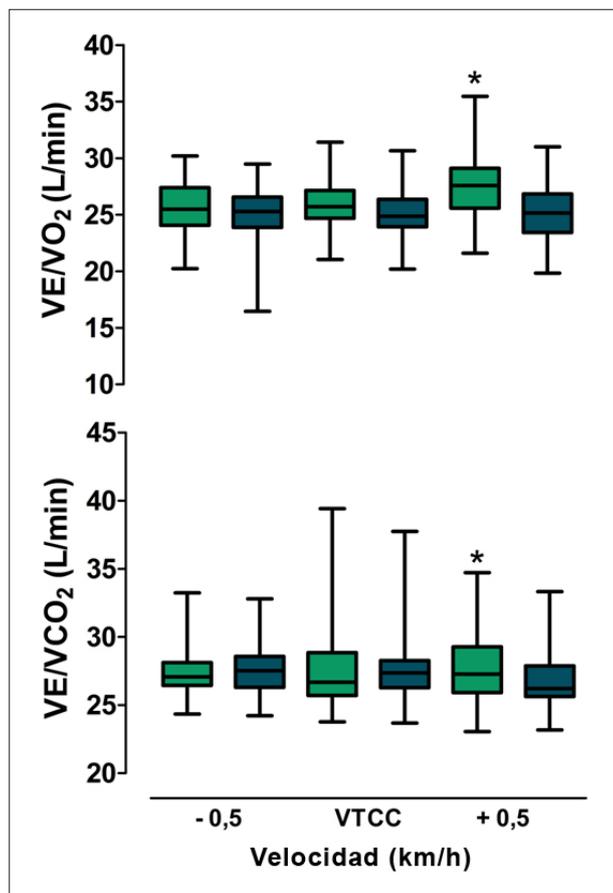


Figura 5 - Valores para los equivalentes ventilatorios de O₂ y CO₂ (promedio ± desviación estándar) obtenidos en la VTCC, así como a velocidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma. * p<0,05.

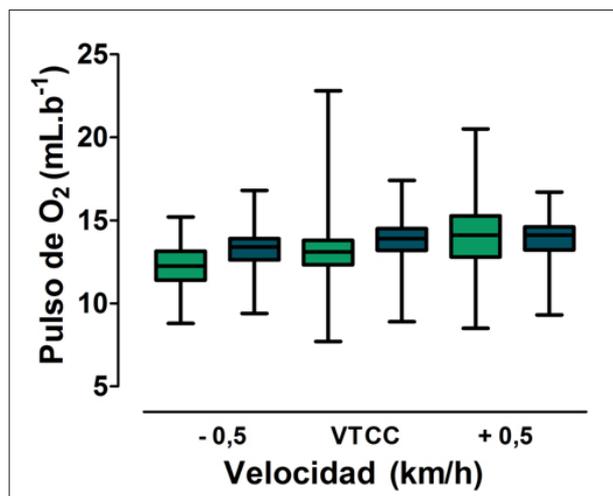


Figura 6 - de O₂ (promedio ± desviación estándar) obtenidos en la VTCC, así como a intensidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma.

entre caminata y carrera. Con todo, el reducido número de individuos, así como sus características antropométricas y de aptitud cardiorrespiratoria heterogéneas, limitan sus resultados. Además, cada forma de locomoción se acompañó

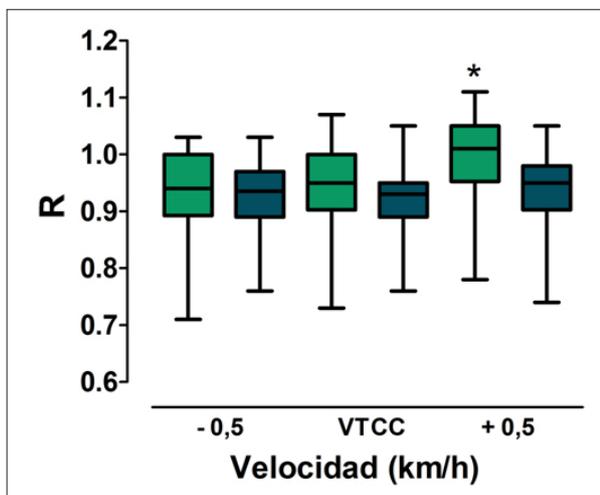


Figura 7 - Valores de R (promedio ± desviación estándar) obtenidos en la VTCC, así como a velocidades por debajo (-0,5 km/h) y por encima (+0,5 km/h) de la misma. * p<0,05.

sólo por cuatro minutos, lo que representa un intervalo de tiempo corto para obtención de estabilidad de las variables cardiorrespiratorias, especialmente en las intensidades por encima de la VTCC. Finalmente, no se relataron los datos referentes a la reproducibilidad del protocolo para detección de la VTCC, lo que limita la realización de inferencias consistentes a partir del estudio.

Brisswalter y Mottet⁸ también investigaron las relaciones entre el costo energético a velocidades impuestas y seleccionadas a partir de la VTCC. Como los objetivos del estudio se centraron en la demanda energética, el único dato proveniente de la medida de gases expirados fue el VO₂ en carrera y caminata. Este experimento presentó problemas metodológicos similares a los verificados por Mercier et al.⁹, lo que también reduce la consistencia de sus resultados.

Los datos de este estudio se contraponen con los presentados por Mercier et al.⁹ En la presente investigación se obtuvieron datos similares para las variables cardiorrespiratorias estudiadas a 0,5 km/h por debajo de la VTCC, no ocurriendo lo mismo a 0,5 km/h por encima de la VTCC. A esa velocidad, se observaron diferencias significativas en las variables ventilatorias (con excepción del pulso de O₂) y en la FC entre caminata y carrera. La excepción encontrada para el pulso de O₂ puede explicarse por el aumento similar del VO₂ y de la FC, haciendo que la relación entre esas variables permaneciera básicamente constante a las velocidades estudiadas.

Además de las respuestas cardiorrespiratorias, nuestro estudio acompañó la percepción general y local del esfuerzo. En las dos formas de percepción, se observó un valor mayor en la caminata con relación a la carrera por encima de la VTCC, corroborando los datos verificados para FC y variables ventilatorias. En todas las velocidades, la percepción local presentó scores más elevados que la percepción general para la caminata, sugiriendo fuerte influencia de factores periféricos en esa forma de locomoción^{3,5}. Por encima de la VTCC, las respuestas para VO₂, FC y VE fueron más altas en la caminata que en la carrera, posiblemente por un mayor reclutamiento de los músculos del tronco y de los miembros superiores

con el incremento de la velocidad en esa locomoción, aumentando también el trabajo excéntrico para la realización del movimiento⁵. Es posible que haya una relación entre la mayor percepción local de esfuerzo y el mayor incremento de las variables cardiorrespiratorias. Prilutsky y Gregor³ evaluaron diversos músculos de la pierna durante caminata y carrera en velocidades entre el 55% y el 145% de la VTCC, a través de la EMG, observando que la acción de los músculos flexores fue mayor durante la caminata que durante la carrera por encima de la VTCC. Ya el VO_2 más bajo durante la carrera a velocidades más altas puede ser una consecuencia de la energía elástica almacenada durante la fase de apoyo de la carrera^{22,23}, lo que no ocurre en la caminata²⁴.

Tres aspectos parecen explicar las diferencias entre el presente estudio y el conducido por Mercier et al.⁹. El primero se refiere a la selección muestral. La muestra del estudio supracitada fue reducida y heterogénea en cuanto al género, características antropométricas, condición aeróbica y experiencia en el trabajo en cinta sin fin. La cuidadosa homogenización de estas características en este estudio puede haber contribuido para un mayor control de las medidas obtenidas, ya que las mismas pueden afectar las respuestas cardiorrespiratorias al esfuerzo. La diferencia en el protocolo para detección de la VTCC también puede haber influido en las diferencias de resultados. Sólo un experimento presentó datos de reproducibilidad del protocolo para detección de la VTCC determinada en diferentes días⁷. En el presente estudio se verificó alta reproducibilidad del protocolo para detección de la VTCC, que mostró coeficiente de correlación intraclase de 0,92, valor superior al reportado en la bibliografía.

Finalmente, destacamos la diferencia del tiempo de monitoreo de las variables entre los estudios. Nuestros datos fueron acompañados durante ocho minutos, mientras que Mercier et al.⁹ acompañaron sólo cuatro minutos, lo que puede no haber sido suficiente para la estabilización de las medidas, principalmente en velocidades por encima de la VTCC. Un detalle importante a destacar tiene relación con la tolerancia al esfuerzo al caminar a velocidad de 1 km/h por encima de la VTCC. En nuestro experimento, los individuos ya relataban cansancio acentuado para la caminata después del cuarto minuto a 0,5 km/h por encima de la VTCC, debiendo ser sumamente motivados para continuar hasta el final del octavo minuto. Un estudio piloto mostró que no había estabilidad de medidas y que era extremadamente difícil hacer que los voluntarios permanecieran por más de cuatro o cinco minutos a 1 km/h por encima de la VTCC caminando. Desde el punto de vista aplicado, esto implica decir que caminar rápido a velocidades superiores a la VTCC puede no ser una buena estrategia para la realización de ejercicio, debido al rápido aumento de las respuestas cardiorrespiratorias y perceptivas al esfuerzo.

Si por un lado caminar es la locomoción más apropiada para la fase inicial de programas de rehabilitación cardíaca, la inclusión posterior de la carrera es bastante común y recomendada. Sin embargo, para aquellos que no se encuadran en estos dos extremos, la opción por una u otra actividad puede traer implicaciones en las posibilidades de tolerancia del esfuerzo²⁵. Los resultados de este estudio llaman la atención para el impacto que la selección de la

forma de locomoción puede traer en la cuantificación de la intensidad del ejercicio. La percepción del esfuerzo, mayor en la caminata en todas las velocidades investigadas, alerta para la importancia del seguimiento de factores periféricos, conjuntamente con los datos metabólicos. En este sentido, la escala de Borg volcada a la percepción local del esfuerzo puede auxiliar el seguimiento de la intensidad del ejercicio. Además, pequeñas variaciones en la velocidad en las diferentes locomociones pueden provocar distintas respuestas al esfuerzo. En el presente estudio, una variación de aproximadamente un 15% a la velocidad y forma de locomoción representó diferencias individuales de hasta un 50% en el VO_2 medido durante el ejercicio (figura 3). Para algunos sujetos, la FC varió en hasta 25 lpm entre carrera y caminata a la misma velocidad. Ya variaciones de la velocidad de carrera alrededor de la VTCC no afectaron significativamente las respuestas de FC, pudiendo incluso ser más conveniente desde el punto de vista locomotor para algunos individuos (figura 2).

Los datos de la presente investigación también sugieren implicaciones en cuanto al gasto energético de la actividad. El uso de ecuaciones para describir el ejercicio en base al gasto de energía puede ser relativamente útil en actividades submáximas, normalizadas y realizadas en condiciones de *steady-state*. Con todo, la adopción de ecuaciones de esta naturaleza no se aplica a un intervalo de velocidad en que ocurre la transición entre caminata y carrera, más típicamente entre 6 y 8 km/h. En ese caso, para una misma forma de locomoción, la variabilidad individual en el VO_2 y por consiguiente en el gasto energético, puede llegar al 20%, dificultando el uso de ecuaciones predictivas¹. La opción por caminar o correr a la misma velocidad, tiene implicaciones distintas en la demanda energética, conforme lo indican los datos de VO_2 de este estudio, destacando la influencia diferencial de la locomoción, cuando el ejercicio se realiza a velocidades por encima o por debajo de la VTCC. En intensidades por debajo, o incluso en la VTCC, la carrera tiende a presentar valores ligeramente superiores a los de la caminata. No obstante, al superar la VTCC la caminata pasa a tener mayor influencia sobre el VO_2 , y consecuentemente, sobre el gasto de energía con relación a la carrera. Estos hallazgos resaltan la importancia de la selección de la forma de locomoción en programas de ejercicio para rehabilitación cardíaca, en los cuales los sujetos se ejercitan en intensidades próximas a la VTCC, con implicaciones clínicas y mayor seguridad en la prescripción de la actividad^{1,26}.

Otro aspecto a ser destacado es la relevancia de la forma de locomoción en el comportamiento de la VE y de los equivalentes ventilatorios de O_2 y CO_2 . Por encima de la VTCC, se observó gran incremento de estos indicadores en la caminata con relación a la carrera, lo que puede traer implicaciones para los sujetos que tienen restricciones cardiorrespiratorias²⁷⁻²⁹. Tal hechos refuerza todavía más la necesidad de seleccionar correctamente la forma de locomoción para la prescripción del ejercicio en estos individuos.

La utilización del sustrato energético también parece ser influenciada por la forma de locomoción. En las velocidades investigadas, la caminata tendió a presentar valores sistemáticamente más elevados de R que la carrera, siendo la diferencia significativa ($p < 0.05$) por encima de la

Artículo Original

VTCC. En cuanto a la influencia de la forma de locomoción en la fatiga, al final de los ocho minutos de caminata, el VO_2 superaba el obtenido en el VT, no ocurriendo lo mismo en la carrera. Estos hallazgos también indican la importancia de la selección adecuada de la locomoción en la prescripción del ejercicio, principalmente en los programas de 20 a 60 minutos, preconizados para el perfeccionamiento de la condición aeróbica¹. Entonces, la detección de la VTCC puede ser una estrategia recomendada para determinar límites en que la caminata puede realizarse en una sesión de ejercicio aeróbico, principalmente para individuos que necesitan mayores cuidados en cuanto al control de las variables fisiológicas durante el esfuerzo.

Conclusión

A partir de una muestra homogeneizada en cuanto a sexo, edad, características antropométricas, condición aeróbica y experiencia en el trabajo en cinta sin fin, se verificó que a 0,5 km/h por encima de la VTCC, las percepciones general y local del esfuerzo, así como las respuestas de FC, VO_2 , VE, VCO_2 y R presentaron valores superiores para la caminata con relación a la carrera, demostrando la influencia de la forma de locomoción en los indicadores de intensidad relativa al esfuerzo, utilización del sustrato energético y tolerancia a la fatiga. En la VTCC, o a 0,5 km/h por debajo de ésta, la

forma de locomoción no indujo diferencias significativas sobre las variables cardiorrespiratorias y de percepción al esfuerzo investigadas. Estos datos refuerzan la importancia de la selección adecuada de la forma de locomoción en la prescripción del ejercicio aeróbico. Con todo, debido al tiempo de monitoreo relativamente corto en las velocidades investigadas, no es posible extrapolar con precisión nuestros hallazgos para sesiones de ejercicios destinadas al aumento de la aptitud cardiorrespiratoria con duraciones superiores a 30 minutos. Estudios futuros deben ser conducidos con mayor tiempo de seguimiento de las variables, para determinar más detalladamente la influencia de la forma de locomoción en la prescripción del ejercicio aeróbico para no atletas.

Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

Fuentes de Financiación

El presente estudio fue parcialmente financiado por el CNPq.

Vinculación Académica

Este artículo es parte de la tesis de doctorado de Walace David Monteiro de la Universidad Gama Filho.

Referencias

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 cardiorrespiratórias 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-Cuenca 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.