

apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

[www.apunts.org](http://www.apunts.org)



ORIGINAL

## Punto de deflexión de la frecuencia cardíaca como método alternativo de identificación del umbral anaeróbico en pacientes con diabetes tipo 2

Rodrigo Sudatti Delevatti<sup>a,\*</sup>, Ana Carolina Kanitz<sup>a</sup>, Cristine Lima Alberton<sup>b</sup>, Patricia Dias Pantoja<sup>a</sup>, Elisa Corrêa Marson<sup>a</sup>, Carolina Dertzbocher Feil Pinho<sup>a</sup>, Salime Chedid Lisboa<sup>a</sup>, Luciana Peruchena Bregagnol<sup>a</sup>, Luiz Fernando Martins Kruehl<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Exercise Research Laboratory, Physical Education School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>b</sup> Department of Sports, Physical Education School, Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil

Recibido el 26 de diciembre de 2014; aceptado el 25 de mayo de 2015

### PALABRAS CLAVE

Umbral ventilatorio;  
Segundo umbral ventilatorio;  
Punto de deflexión de la frecuencia cardíaca;  
Ejercicio;  
Diabetes tipo 2

### Resumen

**Objetivos:** El propósito de este artículo fue evaluar la concordancia entre frecuencia cardíaca (FC) y velocidad en la cinta de correr correspondiente al umbral anaeróbico medido por el segundo umbral ventilatorio (UV<sub>2</sub>) y por el punto de deflexión de la FC (PDFC) en pacientes con diabetes tipo 2.

**Métodos:** Se evaluaron 32 pacientes sedentarios (56,1 ± 7,7 años) para determinar los valores de los umbrales. Los pacientes realizaron una prueba de esfuerzo incremental a una velocidad inicial de 3 km h<sup>-1</sup> durante 3 min, con incrementos de 1 km h<sup>-1</sup> cada 2 min. Se analizó el grado de concordancia entre UV<sub>2</sub> y PDFC mediante el test de Bland-Altman.

**Resultados:** Los pacientes mostraron una FC de 133 ± 16 lpm en UV<sub>2</sub> y 133 ± 18 lpm en PDFC. La velocidad media correspondiente a UV<sub>2</sub> fue 6,3 ± 0,7 km h<sup>-1</sup> y la correspondiente a PDFC fue 6,4 ± 1,1 km h<sup>-1</sup>. No hubo diferencias significativas entre los métodos evaluados (FC: p = 0,78; velocidad media: p = 0,57).

**Conclusión:** Esta investigación concluye que existe correspondencia entre los métodos UV<sub>2</sub> y PDFC en FC y la velocidad media en la cinta de correr; por lo tanto, cualquiera de estos 2 métodos puede ser usado en estos pacientes.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [rsdrodrigo@hotmail.com](mailto:rsdrodrigo@hotmail.com) (R.S. Delevatti).

**KEYWORDS**

Ventilatory threshold;  
Second ventilatory  
threshold;  
Heart rate deflection  
point;  
Exercise;  
Type 2 diabetes

## Heart rate deflection point as an alternative method to identify the anaerobic threshold in patients with type 2 diabetes

**Abstract**

**Aims:** The purpose of this study was to evaluate the agreement between heart rate (HR) and treadmill velocity corresponding to the anaerobic threshold measured by second ventilatory threshold (VT<sub>2</sub>) and the HR deflection point (HRDP) in patients with type 2 diabetes.

**Materials and methods:** Thirty-two sedentary patients (56.1 ± 7.7 years) were evaluated. To determine the threshold values, patients performed an incremental treadmill test, with an initial velocity of 3 km h<sup>-1</sup> for 3 min, which was then increased by 1 km h<sup>-1</sup> every 2 min. The degree of agreement between VT<sub>2</sub> and HRDP was analyzed using the Bland-Altman test.

**Results:** Patients had a HR of 133 ± 16 bpm at VT<sub>2</sub> and 133 ± 18 bpm at HRDP. Mean velocity corresponding to VT<sub>2</sub> was 6.3 ± 0.7 km h<sup>-1</sup>, and that corresponding to HRDP was 6.4 ± 1.1 km h<sup>-1</sup>. There were no significant differences between the methods evaluated (HR: *P* = .78; mean velocity: *P* = .57).

**Conclusions:** The present investigation concludes that there is an agreement between VT<sub>2</sub> and HRDP methods for HR and treadmill velocity, and thus, either method may be used for these patients.

© 2014 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

El ejercicio físico está considerado como una de las principales estrategias para gestionar la diabetes tipo 2<sup>1</sup>. Entre los distintos tipos de ejercicio, presenta grandes beneficios el entrenamiento aeróbico<sup>2,3</sup> y efectos crónicos<sup>4,6</sup> en los resultados funcionales de la inflamación, glucemia, lípidos y gradiente de presión. Sin embargo, la mayoría de estudios sobre entrenamiento aeróbico con esta población<sup>4,12</sup> han prescrito la intensidad del entrenamiento basada en porcentajes del pico de consumo de oxígeno (%VO<sub>2pico</sub>) y frecuencia cardíaca (FC) máxima (%FC<sub>max</sub>), que pueden provocar distintas respuestas fisiológicas en diferentes individuos, y que los parámetros submáximos, como el umbral anaeróbico (UA), son los mejores marcadores de estrés inducido por el ejercicio físico<sup>13</sup>.

El referente para la prescripción del entrenamiento aeróbico es el UA<sup>14</sup>, porque representa la intensidad de la transición de la vía predominantemente aeróbica a la predominantemente anaeróbica. Además de proporcionar una información más precisa del estado metabólico alcanzado por el paciente durante el ejercicio, el UA es también más sensible al entrenamiento que los parámetros máximos<sup>13</sup>. En la diabetes tipo 2 esta zona de transición metabólica merece una atención especial, porque representa la intensidad en que el nivel de glucosa del plasma se reduce sin un incremento sustancial de concentraciones de glucógeno en la sangre, además de minimizar el riesgo de accidente cardíaco<sup>15</sup>. Desde un punto de vista práctico, es importante conocer el UA para la prescripción del ejercicio, no solo en el entrenamiento tradicional aeróbico, sino también en el entrenamiento fraccionado con excursiones periódicas hacia vías de energía «anaeróbicas». Este tipo de entrenamiento proporciona mejoras importantes en las vías de se-

ñalización celular implicadas en el metabolismo energético, mejora la capacidad submáxima y máxima del esfuerzo, la biogénesis mitocondrial, los marcadores enzimáticos asociados a la glucólisis, el metabolismo aeróbico y beta-oxidación, la antropometría y la calidad de vida mejor que la práctica del ejercicio aeróbico<sup>16,17</sup>. Parece que estos cambios tienen lugar con un menor gasto calórico y en menos tiempo que el entrenamiento aeróbico tradicional.

A pesar de la importancia de utilizar el UA en la prescripción del ejercicio, sus métodos tradicionales de determinación (lactato sanguíneo y método ventilatorio) no presentan una aplicabilidad fácil. El método ventilatorio es uno de los más usados en ciencias del deporte. La curva ventilatoria y el análisis ventilatorio equivalente permiten determinar el punto de ruptura en el cual el sistema respiratorio es incapaz de amortiguar eficazmente los iones H<sup>+</sup>, lo que conduce a un aumento desproporcionado de la ventilación y de dióxido de carbono. Este punto de ruptura es conocido como segundo umbral ventilatorio (UV<sub>2</sub>)<sup>18,19</sup>. Sin embargo, el elevado coste del equipamiento usado para analizar la respiración de gases hace que el método sea muy caro y se limite su aplicación práctica<sup>20,21</sup>.

Una alternativa menos costosa y más accesible para determinar el UA puede conseguirse analizando el comportamiento de la FC en los tests incrementales. Este método fue propuesto previamente por Conconi et al.<sup>22</sup> y está basado en la relación entre la FC y la intensidad del esfuerzo. Esta relación es en parte lineal y en parte no lineal, y la velocidad en que ocurre un punto de ruptura de la linealidad, conocido como punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC), está asociado al UA<sup>22</sup>. Además, el PDFC puede ser medido con un equipamiento relativamente simple<sup>23</sup>. Este método ha sido ampliamente estudiado en la literatura, mostrando su asociación con el UA en distintos estudios<sup>23-25</sup>.

A pesar de existir una laguna bibliográfica relativa al uso del PDFC para determinar el UA en pacientes con diabetes tipo 2, la puesta en marcha de esta medida ofrece una ventaja diferente sobre el umbral del segundo lactato y el  $UV_2$ , porque solo se precisan monitores de FC.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la concordancia entre los métodos  $UV_2$  y PDFC en la velocidad en la cinta de correr y en la FC en pacientes con diabetes tipo 2. Nuestra hipótesis fue que las velocidades y valores de FC deberían corresponderse entre los 2 métodos.

## Material y métodos

### Sujetos

Tras haber sido aprobado este estudio por el comité de ética de investigación de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (n.º 108997) y por el comité de ética de investigación del Hospital Clínico de Porto Alegre (n.º 54475), 32 sujetos (14 hombres y 18 mujeres) con diabetes tipo 2 y edad > 30 años (entre 37 y 71 años) firmaron el consentimiento informado para participar en esta investigación. Se excluyeron de la muestra los pacientes que presentaban las siguientes condiciones: hipertensión no controlada, neuropatía autónoma, neuropatía periférica severa, retinopatía diabética proliferativa, retinopatía diabética severa no proliferativa, insuficiencia cardíaca descompensada, amputación de miembros, insuficiencia renal crónica (modificación de la dieta en la enfermedad renal según la tasa de filtrado glomerular < 30 ml/min)<sup>26</sup> o deterioro de cualquier músculo o articulación que impidiera a los sujetos comprometerse con la actividad física. La ausencia de estas condiciones fue confirmada por la historia clínica, y también por las exploraciones clínicas y de laboratorio. Todos los pacientes fueron sometidos a un electrocardiograma de estrés 6 meses antes del estudio.

### Procedimientos experimentales

Antes de realizar las pruebas de esfuerzo propuestas en este estudio se tomaron las medidas antropométricas a todos los pacientes, se les hizo la extracción de una muestra de sangre y se familiarizaron con la prueba de esfuerzo.

#### Antropometría

En la sesión inicial se registraron los datos antropométricos. La masa corporal y las medidas de estatura se tomaron con una báscula analógica médica y un estadiómetro (FILIZOLA, São Paulo, Brasil). En base a estos valores, se calculó el índice de masa corporal según la siguiente ecuación: índice de masa corporal = masa (kg) × altura (m)<sup>-2</sup>. A continuación se midió el perímetro de la cintura con una cinta metálica inextensible (Cescorf, Porto Alegre, Brasil) en el punto medio entre la cresta iliaca i la última costilla.

#### Análisis de sangre

Las muestras de sangre (4 ml) se obtuvieron de la vena antecubital tras un ayuno de 12-14 h. Las muestras se recogieron en tubos de EDTA y fueron congeladas a -80 °C como toda la sangre (sin centrifugar). Tras la recogida de los da-

tos sanguíneos se determinaron los niveles de hemoglobina glucosilada mediante cromatografía líquida de alto rendimiento para determinar el control de glucemia de los pacientes.

#### Prueba de esfuerzo

Las pruebas de esfuerzo se realizaron en una cinta de correr calibrada previamente (Inbramed, Porto Alegre, Brasil) a una velocidad inicial de 3 km h<sup>-1</sup> durante 3 min, con una inclinación del 1%; la velocidad se aumentó con incrementos de 1 km h<sup>-1</sup> cada 2 min hasta el agotamiento. La FC fue monitorizada cada 10 s (Polar, Kajaani, Finlandia) y se midió el índice de esfuerzo percibido en los 20 últimos segundos de cada etapa (6-20 escala de Borg). Además, durante la prueba el consumo de oxígeno, la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) y la ventilación ( $V_E$ ) fueron controladas continuamente con un analizador de gases portátil ( $VO_{2000}$  Gas Analyzer, Med Graphics) a una frecuencia de muestreo de una muestra cada 3 respiraciones. Antes de cada sesión, el analizador de gases portátil fue calibrado según las instrucciones del fabricante. La valoración se consideró válida si se cumplía alguno de los siguientes criterios al final del test: a) alcanzar la FC máxima estimada (220 - edad); b) obtener una relación de intercambio respiratorio mayor que 1,15, y c) un índice de esfuerzo percibido de al menos 18<sup>27</sup>. Todas las pruebas se realizaron en presencia de un cardiólogo, a una temperatura ambiental controlada (24-26 °C).

#### Criterios para determinar el $UV_2$ y el PDFC

El  $UV_2$  se obtuvo con la determinación del segundo punto de inflexión de  $V_E$  por el gráfico de intensidad, y se confirmó con el equivalente ventilatorio de  $CO_2$  ( $V_E/VCO_2$ )<sup>28</sup>. El PDFC se observó en el gráfico de intensidad de la  $FC^{22}$ . Dos fisiólogos del deporte experimentados e independientes llevaron a cabo una evaluación ciega. Los puntos de ruptura correspondientes al  $UV_2$  y al PDFC se consideraron válidos cuando los 2 fisiólogos identificaron el mismo valor. En caso de no haber llegado al consenso, se habría recurrido a un tercer fisiólogo. Tras el análisis, se seleccionó el punto de ruptura con la media de puntos hallados por cada fisiólogo del deporte.

Los datos analizados se basaron en la FC y velocidad en la cinta de correr correspondiente al punto de ruptura determinado por los métodos  $UV_2$  y PDFC. Se tomó en cuenta la última velocidad de entrenamiento de los pacientes (por lo menos los últimos 30 s antes del punto de ruptura).

#### Análisis estadístico

Los datos descriptivos se expresan como mediana ± desviación estándar. Para verificar la distribución normal de los datos se usó el test Shapiro-Wilk. Las comparaciones entre el PDFC y el método de referencia  $UV_2$  se realizaron con el método de Bland-Altman, que evalúa la existencia potencial de concordancias o sesgos. El análisis de Bland-Altman utiliza medias y desviaciones estándar para evaluar las diferencias entre las medidas obtenidas a través del estándar y los nuevos métodos. Con el análisis de sesgos y límites de concordancia se puede evaluar si concuerdan los métodos. Dependiendo de la naturaleza de la variable, un límite amplio de concordancia puede representar la falta de correla-

Tabla 1 Características de los pacientes

Edad (años)	56,1 ± 7,7
Duración de DM2 (años)	7,4 ± 5,6
HbA1c (%)	7,8 ± 2,3
Masa corporal (kg)	85,6 ± 14,6
Índice de masa corporal (kg·m <sup>-2</sup> )	32,1 ± 4,2
Perímetro de la cintura (cm)	106,5 ± 11,5
<b>Medicación</b>	
Metformina	32
Sulfonilurea	9
Inhibidores de la DPP-4	2
Insulina	7

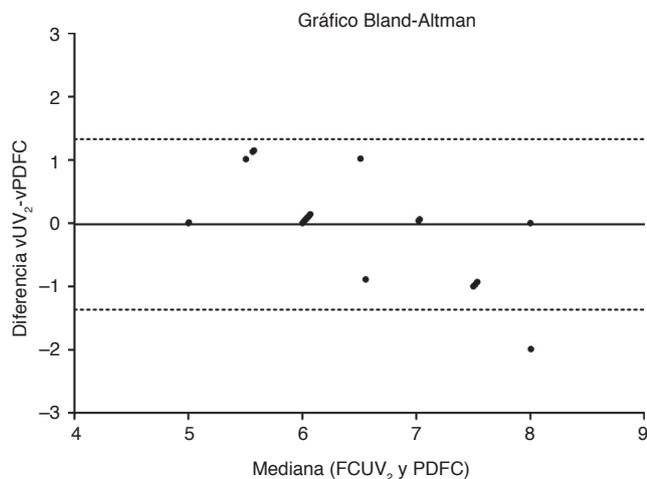
DM2: diabetes mellitus tipo 2; DPP-4: dipeptidil peptidasa-4. Los valores de edad, duración de DM2 y medidas antropométricas se expresan como mediana ± DE. Los valores de HbA1c se expresan como porcentaje (%). Los valores de medicación se expresan por n.

ción entre métodos. Un sesgo próximo a cero representa concordancia entre métodos. La heterocedasticidad del diagrama de Bland-Altman se analizó mediante un análisis de regresión lineal.

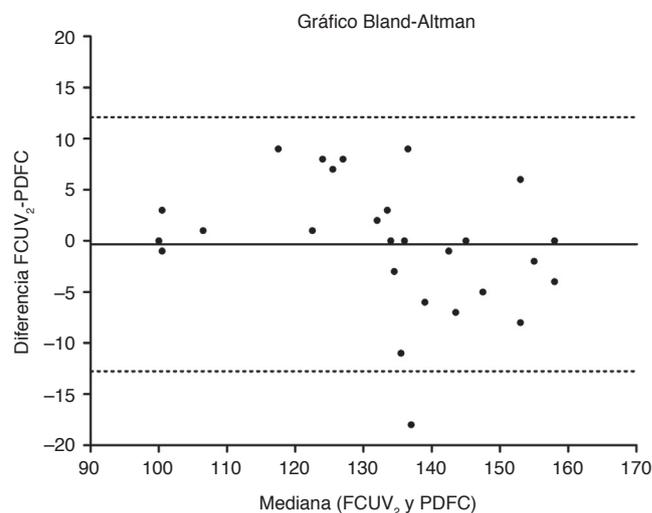
## Resultados

Las características de los pacientes se presentan en la tabla 1. Todos los pacientes realizaron el test correctamente, y no se registraron efectos adversos.

Aunque todos los pacientes fueron capaces de realizar el test incremental, 5 de los 32 (15,6%) no mostraron signos de PDFC.



**Figura 1** Test de Bland-Altman para velocidades correspondiente al segundo umbral ventilatorio ( $UV_2$ ) y el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC) en pacientes sedentarios con diabetes tipo 2. La línea continua representa un sesgo cercano a cero ( $-0,018$ ), y las líneas de puntos, los puntos de concordancia ( $-1,366$  a  $1,328$ ).



**Figura 2** Test de Bland-Altman para valores de la frecuencia cardíaca correspondiente al segundo umbral ventilatorio ( $UV_2$ ) y el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC), en pacientes sedentarios con diabetes tipo 2. La línea continua representa un sesgo cercano a cero ( $-0,333$ ), y las líneas de puntos representan los límites de concordancia ( $-12,765$  a  $12,098$ ).

La FC en el segundo umbral ventilatorio ( $FCUV_2$ ) fue de  $133 \pm 16$  lpm y el PDFC fue de  $133 \pm 18$  lpm. La velocidad media correspondiente a  $UV_2$  fue de  $6,3 \pm 0,7$  km h<sup>-1</sup>, y la correspondiente a PDFC fue de  $6,4 \pm 1,1$  km h<sup>-1</sup>.

De acuerdo con el análisis de Bland-Altman, no hubo diferencias significativas entre los métodos  $UV_2$  y PDFC en la FC y el valor de r entre la diferencia, y la media correspondiente fue baja ( $r = 0,07$ ; IC 95%:  $-2,2$  a  $2,8$  lpm;  $p = 0,78$ ; fig. 1). Tampoco hubo diferencias significativas en la velocidad media en la cinta de correr entre los 2 métodos y el valor de r fue bajo ( $r = 0,26$ ; IC 95%:  $-0,2$  a  $0,3$  km h<sup>-1</sup>;  $p = 0,57$ ; fig. 2). Los límites de concordancia representan un pequeño rango de amplitud, con un sesgo cercano a cero. Por lo tanto, se supone concordancia entre los 2 métodos utilizados para determinar el UA.

## Discusión

Los resultados del presente estudio indican concordancia entre los métodos PDFC y  $UV_2$  en pacientes sedentarios con diabetes tipo 2, de acuerdo con nuestra hipótesis. Esta concordancia se observó mediante 2 parámetros: uno fisiológico (FC) y uno físico (velocidad media). La FC semejante verificada en ambos métodos ( $133$  lpm) confirma el uso de PDFC porque el control del entrenamiento puede llevarse a cabo con un monitor simple de FC para prescribir la intensidad adecuada. Como la FC es una variable fisiológica, es muy sensible a la situación metabólica de los pacientes. Además, se puede utilizar para modular la intensidad del entrenamiento según la situación real del paciente, con ajustes de intensidad basados en el esfuerzo previo o el reposo.

Conforme a nuestros hallazgos, Kruel et al.<sup>25</sup> no detectaron diferencias entre  $FCUV_2$  y PDFC. Este estudio evaluó la

carrera de mujeres jóvenes activas en la cinta de correr, además de la carrera estacionaria en el suelo o la carrera estacionaria en el agua. Además de la falta de diferencias en el UA entre métodos, otro resultado interesante de este estudio fue la similitud hallada entre UA en la cinta de correr y la hallada en la carrera estacionaria en el suelo, lo que añade a la literatura la posibilidad de realizar un test más accesible, que no requiere de la cinta para determinar el UA. Sin embargo, este protocolo no ha sido aplicado a pacientes con diabetes tipo 2 o con otras patologías; por este motivo, existe una laguna en la literatura que habría que investigar más a fondo, con formas más precisas y asequibles de manejo de las variables del entrenamiento físico.

Para ampliar las posibilidades de una prescripción de entrenamiento adecuada a esta población también se verificó la velocidad en la cinta correspondiente al UA determinada con ambos métodos, ya que los pacientes pueden efectuar el entrenamiento a intensidades predeterminadas sin usar un monitor de FC. Por lo tanto, una forma alternativa podría ser la realización del test incremental en la cinta de correr con un monitor de FC para determinar el UA y la posterior prescripción del entrenamiento basada en la velocidad correspondiente al PDFC. Sin embargo, dado que la velocidad es una variable física, no está modulada por alteraciones fisiológicas, hecho que puede comprometer el entrenamiento en caso de que, debido a distintos factores—como el tiempo, la fatiga o alteraciones del sueño o estrés psicológico—, los pacientes varían considerablemente la condición fisiológica en la que practican las sesiones de entrenamiento. Ello no obstante, si el entrenamiento se estructura siguiendo una rutina, en condiciones ambientales controladas, la velocidad relacionada con el PDFC puede ser un parámetro valioso en la prescripción del ejercicio. A pesar de la concordancia observada entre los métodos de determinación del UA, hay que tener en cuenta que aproximadamente un 15% de los pacientes no mostró PDFC. Aunque este porcentaje sea bajo, es importante pensar en otras maneras sencillas y eficaces para prescribir la intensidad del entrenamiento en este grupo de pacientes.

El estudio de Sales et al.<sup>29</sup> propuso una determinación no invasiva del UA en pacientes con diabetes tipo 2 a través del umbral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Este método presenta concordancia con el método del umbral del lactato, considerado como norma de oro. A pesar de observar resultados positivos, la extrapolación de conclusiones sobre el umbral de la variabilidad del ritmo cardíaco es difícil, porque este método requiere monitores específicos de FC (con intervalos de registro R-R) y un software para analizar los datos. Además, este estudio valoró solo a 9 pacientes con un programa de control glucémico óptimo ( $HbA1c = 6,8 \pm 1,3\%$ ) con un protocolo de rendimiento en cicloergómetro. El presente estudio, compuesto por hombres y mujeres sedentarios con un mal control glucémico ( $HbA1c = 7,8 \pm 1,3\%$ ), analizó a 27 pacientes con una situación clínica común a la mayoría de pacientes con diabetes tipo 2, que mejoraron la validez externa de los resultados. Además, el PDFC es un método de bajo coste y de fácil aplicación.

Clínicamente, nuestros resultados tienen una gran relevancia, porque indican la necesidad de investigar la concor-

dancia entre diferentes métodos para determinar el UA en pacientes con diabetes tipo 2. Ello es debido a que estas medidas pueden verse afectadas por trastornos metabólicos, una circunstancia común en la diabetes que puede conducir a diferentes respuestas fisiológicas durante el ejercicio gradual. Por otra parte, la literatura científica respalda los beneficios de la prescripción del ejercicio a intensidades que correspondan con el UA en esta población<sup>30</sup>. Además de la posibilidad de aplicar el PDFC para determinar el UA en pacientes con diabetes tipo 2, es importante que ambos métodos muestren resultados similares durante el esfuerzo en la cinta, como caminar/correr, que son las modalidades más usadas en el entrenamiento aeróbico en investigaciones sobre la diabetes tipo 2<sup>31</sup>. Además, el ejercicio de caminar o correr aumenta más el restablecimiento de la masa muscular que otros tipos de entrenamiento aeróbico, como la bicicleta ergométrica, hecho que mejora la composición corporal y el control glucémico<sup>14</sup>.

En conclusión, el presente estudio verificó la concordancia entre los métodos PDFC y  $UV_2$  en pacientes sedentarios con diabetes tipo 2, sugiriendo que el PDFC puede ser utilizado por los profesionales de educación física que trabajen con esta población. Es importante introducir y mejorar la prescripción y el control de la intensidad del entrenamiento según el UA, porque conocer este punto de transición metabólica aumenta la seguridad y la eficacia en las intervenciones de ejercicio para controlar la diabetes tipo 2.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Damos las gracias a los voluntarios que han participado en este estudio y a CAPES, CNPq y FAPERGS.

## Bibliografía

1. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care*. 2014;37 Suppl. 1:S14-80.
2. Terada T, Friesen A, Chahal BS, Bell GJ, McCargar LJ, Boulé NG. Exploring the variability in acute glycemic responses to exercise in type 2 diabetes. *J Diabetes Res*. 2013;2013:591574.
3. Asano RY, Sales MM, Browne RAV, Moraes JFVN, Júnior HJC, Moraes MR, et al. Acute effects of physical exercise in type 2 diabetes: A review. *World J Diabetes*. 2014;5:659-65.
4. Abd el-Kader SM, Gari AM, Salah el-Den AEM. Impact of moderate versus mild aerobic exercise training on inflammatory cytokines in obese type 2 diabetic patients: A randomized clinical trial. *Afr Health Sci*. 2013;13.
5. Belli T, Ribeiro LFP, Ackermann MA, Baldissera V, Gobatto CA, Galdino da Silva R. Effects of 12-week overground walking training at ventilatory threshold velocity in type 2 diabetic women. *Diabetes Res Clin Pract*. 2011;93:337-43.
6. Li J, Zhang W, Guo Q, Liu X, Zhang Q, Dong R, et al. Duration of exercise as a key determinant of improvement in insulin sensitivity in type 2 diabetes patients. *Tohoku J Exp Med*. 2012;227:289-96.

7. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Metz-Schimmerl S, Pacini G, et al. The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:1527-33.
8. Sigal RJ, Kenney GP, Boulé NG, Wells GA, Prud'Homme D, Fortier M, et al. Effects of aerobic training: Resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes. *Ann Intern Med.* 2007;147:357-69.
9. Church TS, Blair SN, Cocroham S, Johannsen N, Johnson W, Kramer K, et al. Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes. *JAMA.* 2010;304:2253-62.
10. Asa C, Maria S, Katharina SS, Bert A. Aquatic exercise is effective in improving exercise performance in patients with heart failure and type 2 diabetes mellitus. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012;2012:349209.
11. Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, Nielsen JS, Thomsen C, Pedersen BK, et al. The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetes patients. *Diabetes Care.* 2012;36:228-36.
12. Kadoglou NPE, Fotiadis G, Kapelouzou A, Kostakis A, Liapis CD, Vrabas IS. The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with type 2 diabetes. *Diabet Med.* 2013;30:e41-e50.
13. Meyer T, Lucia A, Earnest CP, Kindermann W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters – theory and application. *Int J Sports Med.* 2005;26:38-48.
14. Belli T, Ackermann MA, Ribeiro LF, Langeani R, Galdino da Silva R, Baldissera V. Lactate and ventilatory thresholds in type 2 diabetic women. *Diabetes Res Clin Pract.* 2007;76:18-23.
15. Kawaji K, Fujita Y, Yajima M, Kubo H. Usefulness of anaerobic threshold in estimating of exercise for diabetics. *Diabetes Res Clin Pract.* 1989;6:303-9.
16. Kirsten AB, Scott CH, George JFH, Suzanne NB, Martin JG. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol.* 2005;98:1985-90.
17. Tremblay A, Simoneau JA, Bouchard C. Impact of exercise intensity on body fatness and skeletal muscle metabolism. *Metabolism.* 1994;43:814-8.
18. Binder RK, Wonisch M, Corra U, Cohen-Solal A, Vanhees L, Sanner H, et al. Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2008;15:726-34.
19. Reinhard U, Muller PH, Schmulling RM. Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration.* 1979;38:36-42.
20. Silva GSF, Deresz CS, Lima PRJ. Associação entre limiares ventilatórios e percepção do esforço. *R bras Ci e Mov.* 2006;14:79-86.
21. Azevedo PHSM, Garcia A, Duarte JMP, Carrara VKP, Marson RA. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática. *Rev Educ Fis.* 2009;20:453-64.
22. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1982;52:869-73.
23. Marques-Neto SR, Maior AS, Maranhão Neto GA, Santos EL. Analysis of heart rate deflection points to predict the anaerobic threshold by a computerized method. *J Strength Cond Res.* 2012;26:1967-74.
24. Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Antunes AH, Finatto P, et al. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *Int J Sports Med.* 2013;34:881-7.
25. Kruegel LMK, Beilke DD, Kanitz AC, Alberton CL, Antunes AH, Pantoja PD, et al. Cardiorespiratory responses to stationary running in water and on land. *J Sports Sci Med.* 2013;12:594-600.
26. Meara E, Chong K, Gardner R, Jardine AG, Neill JB, McDonagh TA. The Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) equations provide valid estimations of glomerular filtration rates in patients with advanced heart failure. *Eur J Heart Fail.* 2006;8:63-7.
27. Howley ET, Basset DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: Review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:1292-301.
28. Wasseman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol.* 1973;35:236-43.
29. Sales MM, Campbell CSG, Morais PK, Ernesto C, Soares-Cadeira LF, Russo P, et al. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2. *Diabetol Metab Syndr.* 2011;3:1.
30. Brun JF, Bordenave S, Mercier J, Jausset A, Picot MC, Prefaut C. Cost-sparing effect of twice-weekly targeted endurance training in type 2 diabetics: A one-year controlled randomized trial. *Diabetes Metab.* 2008;34:258-65.
31. Oliveira CO, Simões M, Carvalho J, Ribeiro J. Combined exercise for people with type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *Diabetes Res Clin Pract.* 2012;98:187-98.