

Métodos para Identificar el Umbral Anaeróbico en Individuos con Diabetes Tipo 2 y en Individuos no Diabéticos

Herbert G. Simões¹, Sérgio R. Moreira¹, Robert J. Moffatt², Carmen S. G. Campbell¹

Universidade Católica de Brasília (UCB)¹, Brasília, DF - Brasil; Florida State University (FSU)², Tallahassee FL - EUA

Resumen

Fundamento: A pesar de que el umbral anaeróbico (UAN) se utiliza en la evaluación funcional de diferentes poblaciones, pocos estudios que comparen métodos para su identificación en diabéticos tipo 2 están siendo realizados.

Objetivo: Comparar protocolos de identificación del UAN en individuos diabéticos tipo 2 y en no diabéticos, y analizar respuestas relacionadas al equilibrio ácido-base en intensidades relativas al UAN.

Métodos: Diabéticos tipo 2 (n=10; 54,5±9,5 años; 30,1±5,0 kg/m²) y jóvenes no diabéticos (n=10; 36,6±12,8 años; 23,9±5,0 kg/m²) realizaron un test incremental (TI) en ciclo ergómetro. El aumento desproporcionado en el equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO₂) y lactatemia ([lac]) identificó intensidades (Watts-W) correspondientes a los umbrales ventilatorio (UV) y de lactato (UL), respectivamente. La intensidad correspondiente a la menor glucemia ([gluc]) se consideró umbral glucémico individual (UGI). El UAN también fue determinado por ajuste polinomial de las razones VE/Watts (UV_{VE/W}) y [lac]/Watts (UL_{[lac]/W}), las que identificaron intensidades por encima de las cuales ocurriera un aumento desproporcionado en la VE y [lac].

Resultados: No se observaron diferencias entre UL, UV, UG, UL_{[lac]/W} y UV_{VE/W} en diabéticos (85,0±32,1; 88,0±31,7; 86,0±33,8; 82,0±20,9 y 90,2±22,2W) y no diabéticos (139,0±39,0; 133,0±42,7; 140,8±36,4; 122,7±44,3 y 133,0±39,1W). Sin embargo, los valores de UAN difirieron significativamente entre los grupos (p<0.001). La técnica de Bland-Altman confirmó una concordancia entre los protocolos. En las intensidades sobre los umbrales se observaron reducciones significativas en el pH y pCO₂ paralelamente a un aumento en la [lac], pO₂ y VE.

Conclusión: Los protocolos presentaron, para ambos grupos estudiados, concordancia en la identificación del UAN, que se mostró como una intensidad de ejercicio, por encima de la cual ocurre pérdida de equilibrio ácido-base. (Arq Bras Cardiol 2010; 94(1) : 67-74)

Palabras clave: Umbral anaeróbico, protocolos clínicos, glucemia, equilibrio ácido base.

Introducción

El umbral anaeróbico (UAN) refleja una intensidad de ejercicio por encima de la cual se observa un aumento desproporcionado en la glucemia, lactato sanguíneo ([lac]) y ventilación (VE), paralelamente a la disminución del pH^{1,2}.

La determinación invasiva del UAN a partir de las respuestas de [lac] (umbral de lactato - UL) está siendo considerada como el patrón oro para evaluar la capacidad aerobia³⁻⁵, mientras que la identificación del UAN a partir de las respuestas de VE (umbral ventilatorio - UV) presenta ventajas debido a su naturaleza no invasiva y se viene recomendando a la prescripción de

ejercicios para poblaciones especiales⁵⁻⁸, incluyendo diabéticos^{7,9-14}. Sin embargo, la determinación del UV requiere equipamientos caros y las mediciones son muy dependientes de los métodos de calibración antes del test. Además, para identificar la intensidad a la cual ocurre el UAN se necesitan generalmente dos o más especialistas experimentados en fisiología del ejercicio^{15,16}. Por otro lado, el modelo matemático de las respuestas de la VE a los test incrementales a través de función polinomial aumentan la exactitud de la identificación del UAN.

Adicionalmente, se viene evidenciando que durante el test incremental (TI), la glucemia ([gluc]) disminuye hasta alcanzar el UAN, y la intensidad de ejercicio por encima de la cual la [gluc] comienza a aumentar se define como Umbral Glucémico Individual (UGI)¹⁷. El UGI parece demarcar una intensidad de ejercicio, por encima de la cual la producción de glucosa supera su captación, y que no difiere del UV y del UL identificados en individuos jóvenes saludables². La diabetes tipo 2 está siendo asociado a la acumulación de grasa en el músculo esquelético, lo que inhibe la señal de insulina y de esta forma disminuye la translocación del

Correspondencia: Herbert G. Simões •

Universidade Católica de Brasília - UCB - EPTC, QS07, LT1 s/n. Bloco G Sala 116 - 72030-170 - Águas Claras, Brasília, DF - Brasil

E-mail: hgsimoes@gmail.com

Artículo recibido el 16/09/08; revisado recibido el 03/11/08; aceptado el 03/11/08.

GLUT-4, lo cual resulta en hiperglucemia¹⁸. Así, un método más práctico de identificación del UAn (por ejemplo UGI) y/o un procedimiento no invasivo y menos dispendioso (por ej., UV identificado a través de la relación VE/carga de trabajo (VE/W)) sería útil para la prescripción de ejercicios a fin de evitar la acumulación de grasa en el músculo esquelético y controlar la glucemia en individuos con diabetes tipo 2 y en individuos no diabéticos.

Entretanto, la identificación del UAn a partir de las respuestas de la glucemia, así como la utilización de una determinación no invasiva y simple, mediante el análisis de las respuestas de la relación VE/carga de trabajo, aún no fueron investigadas en portadores de diabetes tipo 2.

El presente estudio comparó las relaciones entre el UAn identificado a través de la [gluc] y el UAn, identificado por otros métodos (por ej., UL y UV) en individuos con diabetes tipo 2 y en individuos más jóvenes no diabéticos. Adicionalmente, se analizó la posibilidad de determinar el UV y el UL al aplicar una función polinomial de segundo grado en las respuestas de las razones VE/carga de trabajo y [lac]/carga de trabajo ([lac]/W) durante el test incremental en la bicicleta ergométrica. Los resultados se compararon con otros métodos de determinación del UAn, y se analizaron las respuestas del pH, presión parcial de oxígeno (pO₂) y de dióxido de carbono (pCO₂) en relación a las intensidades de UAn registradas, para esclarecer el significado del UAn identificadas a través de la [gluc] y de las razones (VE/W) y ([lac]/W).

Métodos

Individuos

El Comité de Ética para Investigación en Seres Humanos de la Universidad aprobó los métodos utilizados en esta investigación. Tras firmar el Formulario de Consentimiento Informado, 12 individuos sedentarios con diabetes tipo 2 y 10 individuos no diabéticos físicamente activos se constituyeron en voluntarios del presente estudio. Se presentan sólo los datos de 10 de los 12 individuos diabéticos, pues en 2 de ellos no fue posible identificar todos los parámetros de interés. Las características descriptivas de los participantes se presentan en la Tabla 1. Los individuos no diabéticos participaban de programas de entrenamiento de carácter recreativo hacía por lo menos dos años (por ej., ciclismo y entrenamiento de resistencia), que consistían en por lo menos 20 minutos

de ejercicios 3 veces por semana regularmente, mientras que los participantes diabéticos eran sedentarios. Además, los diabéticos mantuvieron el tratamiento hipoglucemiante oral (por ej. sulfonilureas, biguanidas, inhibidores de la alfa-glucosidasa) durante el estudio.

Procedimientos

La recolección de datos se realizó en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de la Universidad Católica de Brasilia y en la Florida State University. Los participantes fueron sometidos previamente a un examen cardiovascular, que incluía un electrocardiograma de reposo y mediciones de la presión arterial (Microlife, Inglaterra). Los individuos con complicaciones cardiovasculares, neurológicas y ortopédicas fueron excluidos del estudio. Los individuos seleccionados realizaron un test incremental en bicicleta ergométrica electromagnética (Lode Excalibur, Países Bajos) luego de una noche de ayuno, entre las 8:30 y las 9:30 de la mañana, en una sala a una temperatura de 22-23° C, 665 mmHg de presión barométrica y 50% de humedad.

Test Incremental (TI)

Para identificar el UL, el UV, el UGI y el VO_{2max} se aplicó un TI. Para ello, antes del inicio del TI se realizaba un precalentamiento de un minuto pedaleando a 0 Watts (W) con una carga entre 15 y 50 W, e incrementos de 15-25 W a cada 3-min, dependiendo de las características del participante (si diabético o saludable, físicamente activo o sedentario, etc). Para la mayoría de los participantes (incluyendo todos los diabéticos) se inició el test con 15 W e incrementos de 15 W en cada etapa de 3 minutos. Se interrumpió el test en los casos de agotamiento o de cualquier anomalía electrocardiográfica. Adicionalmente, los criterios para interrupción del test incluyeron un aumento exagerado en la presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD) superior a 115 mmHg, además de la incapacidad de aumentar el pulso de oxígeno paralelamente al aumento en la carga de trabajo y/o un cociente de intercambio respiratorio (RER) superior a 1,15^{7,19}.

Análisis ventilatorio

Se midieron los gases expirados en forma continua utilizando un sistema Parvomeds MMS-2400 (Florida State University) o el sistema Cortex Metalyzer 3B (Universidad Católica de Brasilia). Antes de cada test se llevaba a cabo la

Tabla 1 – Características de los participantes con diabetes tipo 2 e individuos no-diabéticos

	Edad (años)	IMC (kg.m ² (-1))	Masa gorda (%)	VO ₂ máx. (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	Glucemia de ayuno (mM)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
Diabéticos (n=10)	54,5 (9,5)	30,1 (5,0)	27,4 (9,3)	23,3 (6,7)	10,4 (3,2)	135,2 (17,6)	84,3 (7,5)
No diabéticos (n=10)	36,6 † (12,8)	23,9† (1,7)	17,1† (5,2)	42,4‡ (8,1)	4,6† (0,6)	117,9* (11,3)	73,8* (11,1)

PAS - presión arterial sistólica en reposo; PAD - presión arterial diastólica en reposo. * p<0,05; † p<0,01; ‡ p<0,001 con relación a individuos con diabetes tipo 2.

calibración de los equipamientos de análisis gaseoso. Para la identificación de la ventilación minuto (VE), consumo de oxígeno (VO_2), producción de dióxido de carbono (VCO_2), cociente de intercambio respiratorio (RER) y UV se consideraron los resultados obtenidos en los últimos 20 segundos de cada etapa. El mayor VO_2 obtenido en el agotamiento voluntario era considerado el $VO_{2\text{pico}}$.

Recolección de sangre y análisis de laboratorio

Durante los últimos 10 segundos de cada etapa, se tomó una muestra de 25 μl de sangre del lóbulo de la oreja, utilizando microcapilares heparinizados y calibrados para mediciones de [lac] y [gluc] de todos los participantes. Una muestra de 75 μl de sangre se extrajo también en 5 individuos no diabéticos en reposo, en medio del test incremental (generalmente al final de las etapas 3 a 5; aproximadamente en el UAn) e inmediatamente a la finalización del test.

Los 25 μl fueron transferidos a tubos de Eppendorf con 50 μl de fluoruro de sodio (NaF) al 1%. El [lac] y la [gluc] se determinaron por duplicado en cada muestra, utilizando un analizador de lactato y glucosa sanguíneos (YeULow Springs 2700S). Los resultados de [lac] y [gluc] fueron corregidos para el volumen de la muestra de sangre dentro del tubo de Eppendorf y se presentaron en mM. La pO_2 y la pCO_2 (mmHg), el Exceso de Base - EB (mM) y el pH fueron medidos en la muestra de 75 μl utilizando el sistema AVL (Blood Gas Analyser - OMNI 3 Modular Analyzer, AVL Scientific Corporation, RosweUL, GA).

Identificación del umbral anaeróbico

El UL fue considerado como el punto de inflexión de la curva de [lac], mientras que el UGI fue determinado por la cinética de la [gluc], y definido como la intensidad de ejercicio en que la [gluc] comenzaba a aumentar durante el TI¹⁷. El UV fue identificado por dos investigadores independientes, considerándose un aumento en el cociente VE/VO_2 sin un aumento paralelo en la relación VE/VCO_2 ^{1,20} (Figura 1), y en la imposibilidad de identificar el UV mediante esta técnica, se lo identificaba considerando el punto de quiebra en la relación VCO_2-VO_2 .

Además, fueron trazados los cocientes VE/W y $[lac]/W$ versus la carga de trabajo para cada participante durante el TI. Sobre los resultados se aplicó una función polinomial de segundo grado y la ecuación originada fue derivada a fin de determinar una intensidad de ejercicio por encima de la cual ocurría un aumento desproporcionado de la VE y del [lac] en relación a la carga de trabajo. La identificación del UAn a través de esos abordajes matemáticos fue llamada respectivamente $UV_{VE/W}$ y $UL_{[lac]/W}$. La Figura 2 (A-B) muestra la identificación del $UV_{VE/W}$ y $UL_{[lac]/W}$ para un único participante diabético.

Tratamiento estadístico y procedimientos para comparación

Los datos se presentan como promedios y desviaciones estándar (DE). Los resultados promedio del TI para todos los

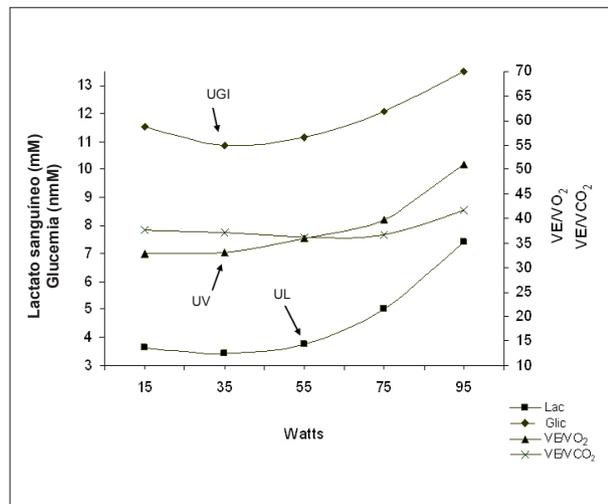


Fig. 1 - Determinación de UL, UV y UGI para un único individuo con diabetes tipo 2.

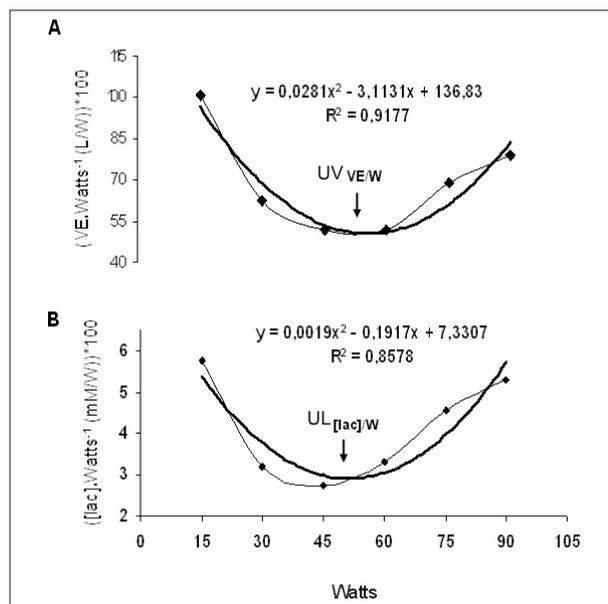


Fig. 2 - Determinación del UAn a través de un ajuste de función polinomial de segundo grado de las razones VE/carga de trabajo ($UV_{VE/W}$) (A) y [lac]/carga de trabajo ($UL_{[lac]/W}$) (B), para un individuo con diabetes tipo 2.

participantes se presentan en el "Inicio" (primera etapa del test incremental), M1 (punto medio entre la primera etapa y el UAn), UAn (cargas de trabajo del UV, UGI y UL), M2 (punto medio entre el UAn y la última etapa/agotamiento) y el "final" (última etapa/momento de agotamiento). Se realizaron comparaciones entre las intensidades de UAn identificado por diferentes métodos, a través del Análisis de Varianza, con *post-hoc* de Tuckey-Kraemer. El test *t-student* para muestras no apareadas se aplicó para comparaciones entre variables correspondientes de ambos grupos. Las relaciones entre las variables fueron determinadas a través de la correlación de Pearson. Adicionalmente, la

concordancia entre la intensidad del UAn identificada por el lactato sanguíneo, que fue establecida como el patrón oro, y el UAn identificado a través de otros métodos en el presente estudio fue evaluada mediante la técnica de BUAn y Altman²¹. El nivel de significancia establecido fue $p < 0,05$.

Resultados

El UAn establecido por las respuestas ventilatoria, [lac] y [gluc], así como a través de los cocientes $UV_{VE/W}$ y $UL_{[lac]/W}$ fue identificado para ambos grupos, pero en dos participantes diabéticos no pudo ser identificado el UGI. En general, para concluir el TI fueron necesarias 5 a 8 etapas para la mayoría de los individuos. Los promedios (\pm DE) de la VE, [lac], [gluc], cocientes $UV_{VE/W}$ y $UL_{[lac]/W}$ se presentan para los participantes diabéticos y los no diabéticos en las mismas intensidades relativas (Figura 3 A-E). En la Figura 4 (A-D) se presentan adicionalmente las concentraciones promedio de [lac] y [gluc] sanguíneos, pH, EB, pO_2 y pCO_2 en reposo y durante el test incremental. Tras alcanzar el UAn, las respuestas de la [gluc] y pO_2 fueron similares a las respuestas del [lac], mientras que el pH, EB y pCO_2 respondieron inversamente al [lac], VE y a los cocientes $UV_{VE/W}$ y $UL_{[lac]/W}$ (Figuras 3 y 4). A pesar de las diferencias entre los grupos presentadas en las Tablas 1 y 2, no se observó ninguna diferencia dentro de los grupos para carga de trabajo, consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca con relación al UL, UV, UGI, $UV_{VE/W}$ y $UL_{[lac]/W}$ ($p > 0,05$). Adicionalmente, las variables presentaron una alta correlación entre sí (Tabla 3) y la técnica de Bland y Altman evidenció una concordancia entre UL y el UAn identificado por otros métodos (Figura 5).

Discusión

El presente estudio comparó métodos para identificar el UAn en individuos con diabetes tipo 2 e individuos más jóvenes, no diabéticos. Esta elección de comparar a individuos con diabetes tipo 2 e individuos más jóvenes

saludables y físicamente activos se debió al hecho de que, como se esperaba, estos grupos difieren en términos de composición corporal y aptitud física con relación a los resultados del VO_2 pico y UAn. Aún así, los protocolos estudiados fueron consistentes dentro de los grupos, independientemente de sus características. Por lo tanto, nuestros principales hallazgos fueron que el UGI fue identificado en individuos con diabetes tipo 2 de forma similar a los individuos no diabéticos (Figuras 2 a-b y Figura 3), a pesar de las diferencias entre grupos en relación con sus características físicas y estado de salud. Se demostró en ambos grupos que el UAn puede ser identificado con éxito durante un test incremental en ciclo ergómetro empleando las respuestas de los cocientes VE/carga de trabajo y [lac]/carga de trabajo por medio de una función polinomial de segundo grado sin diferencias si se compara con otros métodos (Tabla 2). Además, los diferentes métodos para identificar el UAn en el presente estudio mostraron alta correlación entre sí y la técnica de Bland

Tabla 3 – Correlación entre intensidades de ejercicio correspondientes al UAn identificado por diferentes métodos

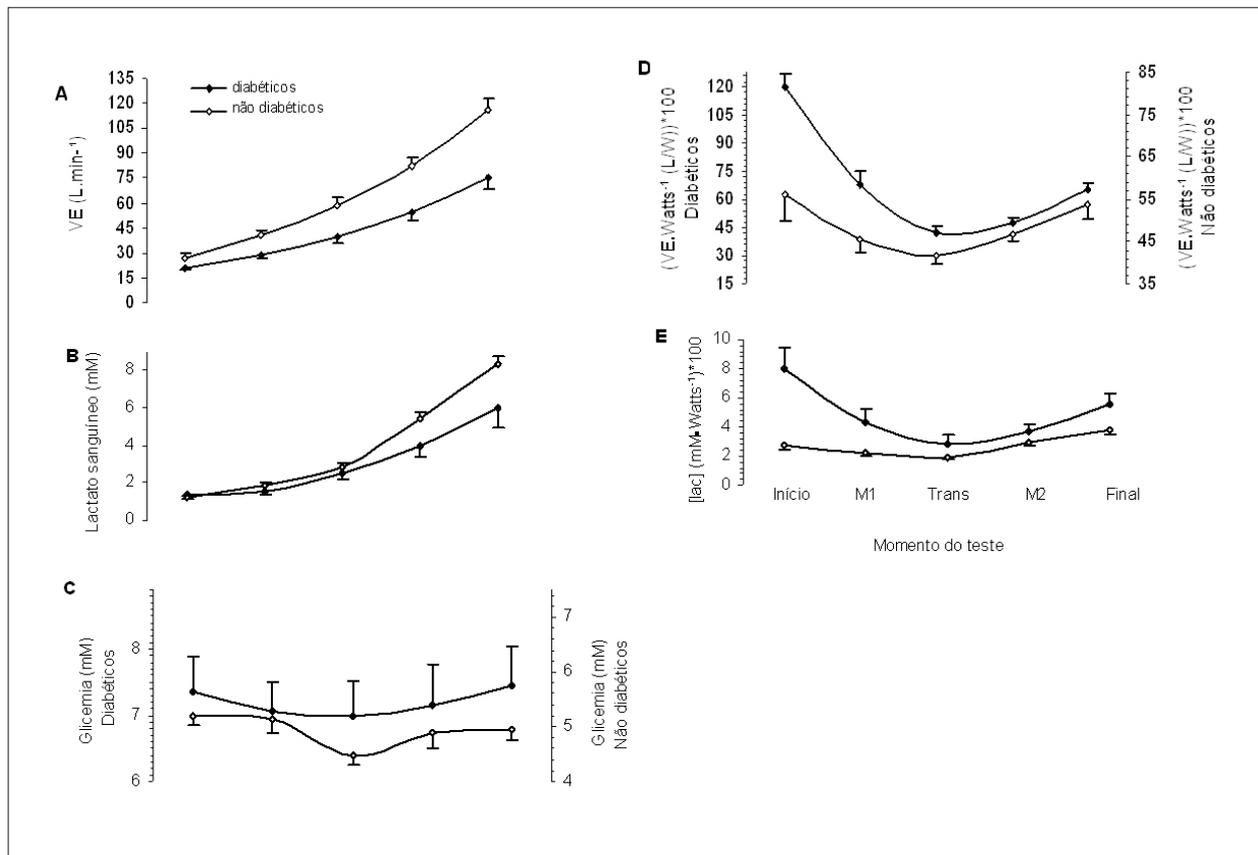
	UGI	UV	$UV_{VE/W}$	$UL_{[lac]/W}$
Diabéticos				
UL	0,77*	0,96*	0,98*	0,92*
UGI	--	0,80*	0,79*	0,73†
UV	--	--	0,98*	0,95*
$UV_{VE/W}$	--	--	--	0,97*
No-diabéticos				
UL	0,77*	0,93*	0,88*	0,77*
UGI	--	0,82*	0,78*	0,73†
UV	--	--	0,94*	0,88*
$UV_{VE/W}$	--	--	--	0,84*

* $p < 0,01$; † $p < 0,05$ para la correlación entre variables.

Tabla 2 – Promedios (\pm DE) de la carga de trabajo, consumo de oxígeno (VO_2), lactato sanguíneo, glucemia y frecuencia cardiaca correspondiente al UAn identificado a través de diferentes métodos para individuos con diabetes tipo 2 e individuos no diabéticos

	Diabéticos tipo 2					No-diabéticos				
	UL	UGI	UV	$UL_{[lac]/W}$	$UV_{VE/W}$	UL	UGI	UV	$UL_{[lac]/W}$	$UV_{VE/W}$
Carga de trabajo (Watts)	85,0* (32,1)	86,0* (33,8)	88,0* (31,7)	82,0* (20,9)	90,2* (22,2)	139,0 (39,0)	140,8 (36,4)	133,0 (42,7)	122,7 (44,3)	133,0 (39,1)
VO_2 ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	16,0* (5,1)	16,3* (4,8)	16,6* (5,5)	15,8* (3,8)	16,6* (4,4)	28,3 (7,3)	28,8 (8,7)	27,4 (8,5)	25,2 (9,0)	27,1 (8,1)
[lac] (mM)	2,5 (1,0)	2,5 (0,8)	2,7 (1,1)	2,5 (1,0)	2,8 (1,0)	2,8 (1,2)	3,3 (2,3)	3,0 (1,9)	2,5 (1,4)	2,7 (1,1)
[gluc] (mM)	6,6* (1,8)	6,2* (1,7)	6,7* (1,9)	6,8* (2,1)	6,6* (2,1)	4,3 (0,7)	4,0 (0,8)	4,6 (1,0)	4,6 (1,0)	4,4 (0,8)
FC (lpm)	124,9 (15,1)	126,4 (14,1)	126,2 (15,2)	122,5 (12,2)	127,7 (11,6)	136,7 (24,1)	138,9 (20,9)	133,3 (25,1)	123,5 (27,6)	132,3 (23,4)

* $p < 0,05$ con relación a la variable correspondiente en el grupo no-diabético.



y Altman demostró una concordancia entre el UL y otros métodos para identificar el UAn en individuos diabéticos y no diabéticos (Tabla 3; Figura 5). En concordancia con nuestros estudios anteriores que comprendían individuos jóvenes y físicamente activos², el presente estudio mostró que no hay equilibrio ácido-base en intensidades por encima de los umbrales identificados durante el test incremental (Figura 4), lo cual sugiere que los protocolos estudiados son válidos para la identificación de intensidades en las que el equilibrio ácido-base puede ser mantenido durante el ejercicio. A pesar de la menor aptitud física de los individuos diabéticos en el presente estudio, los umbrales fueron observados entre el 60 y el 71%VO_{2 max} para ambos grupos (Tabla 1 y 2). Considerados juntos, nuestros hallazgos refuerzan la validez de los presentes métodos para identificar el UAn como una intensidad de ejercicio por encima de la cual aparece tanto la acidosis metabólica como la elevación de la [gluc].

Sugerimos que el UGI pueda demarcar una transición del predominio de la captación de la [gluc] para la producción de la [gluc] estimulada por las catecolaminas y el glucagón durante ejercicios de alta intensidad²². El UGI fue determinado en un 83,3% (10/12) de los participantes diabéticos, mientras que todos los participantes no diabéticos

tuvieron su UGI identificado en el presente estudio. La no identificación del UGI en algunos participantes diabéticos fue causada por trastornos metabólico-hormonales o por efecto de agentes hipoglucemiantes, cuya utilización no fue interrumpida durante el estudio. Sin embargo, nuestros resultados indican que la intensidad del ejercicio que puede causar un aumento de la [gluc] fue identificada en forma similar por las respuestas del lactato sanguíneo o ventilatoria (Tabla 2), lo que, a su vez puede tener aplicaciones clínicas en el control de la glucemia y de la diabetes tipo 2. Considerando que los individuos con diabetes tipo 2 pueden tener problemas con la coagulación sanguínea y recuperación de daño tisular, la utilización del UV parece ser atrayente debido a su naturaleza no invasiva, aunque su costo es elevado. Nuestros datos demostraron que la relación VE/carga de trabajo a través de una función polinomial resulta en una ecuación de segundo grado que puede ser derivada y aplicada a fin de identificar en qué intensidad ocurre un aumento desproporcional de la VE y por lo tanto ocurre el UV (Figura 2). El modelo de la función polinomial de la razón VE/carga de trabajo resulta en una curva en U similar a la relación [lac]/carga de trabajo en ambos grupos. Este método permite la identificación del UAn sin análisis de O₂ y CO₂ o interpretación de dos o más especialistas. Además,

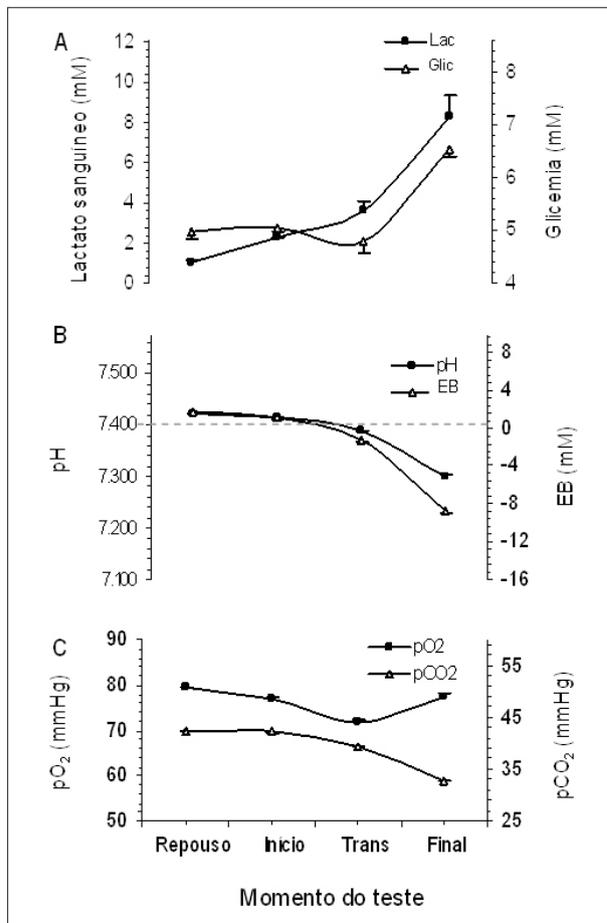


Fig. 4 - Lactato sanguíneo y glucemia (A), pH y EB (B), pO₂ y pCO₂ (C) en reposo y durante el test incremental para 5 participantes no-diabéticos.

por ser no invasiva, ella es independiente de cualquier valor específico de ventilación, pero por el contrario, dependiente de su comportamiento.

La resistencia a la insulina se viene asociando a la acumulación de grasa en el músculo¹⁸. La identificación del UAn a partir de la glucemia y de las respuestas VE/carga

de trabajo son métodos simples que pueden identificar las intensidades ideales de ejercicio para el control de la glucemia en portadores de diabetes tipo 2. Mientras que el ejercicio agudo en la intensidad del UGI puede mejorar el perfil de la glucemia, crónicamente evitaría la acumulación de grasa en el músculo y así, mejoraría la sensibilidad a la insulina de tales pacientes. Sin embargo, estudios futuros deben investigar ambos efectos, agudo y crónico, del ejercicio realizado en intensidades relacionadas al UAn en individuos portadores de diabetes tipo 2.

Concluimos que, en forma similar a individuos no diabéticos, el UAn puede ser identificado de forma precisa en individuos con diabetes tipo 2 durante el test incremental en ciclo ergómetro, a través de las respuestas de glucemia, así como a través de la aplicación de una función polinomial de segundo grado en la relación VE/carga de trabajo. Además, los resultados obtenidos por la aplicación de los métodos propuestos para identificar el UAn no difirieron unos de otros y parecen indicar una intensidad de ejercicio por encima de la cual la glucemia está aumentada y se pierde el equilibrio ácido-base.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CNPq (proc. 475575/2004-0) y SIGEP/UCB por el apoyo financiero. Además, nuestros agradecimientos al Dr. Ricardo Jacó de Oliveira por su colaboración y al LAFIT-UCB por la asistencia técnica.

Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

Fuentes de Financiación

El presente estudio fue financiado por el Cnpq.

Vinculación Académica

Este artículo forma parte de la tesis de Mestría y Doctorado de Sérgio R. Moreira, Gabrielle do Valle y Herbert G. Simões, por la Universidad Católica de Brasilia, Universidad Estadual de Florida y Universidad Federal de São Carlos.

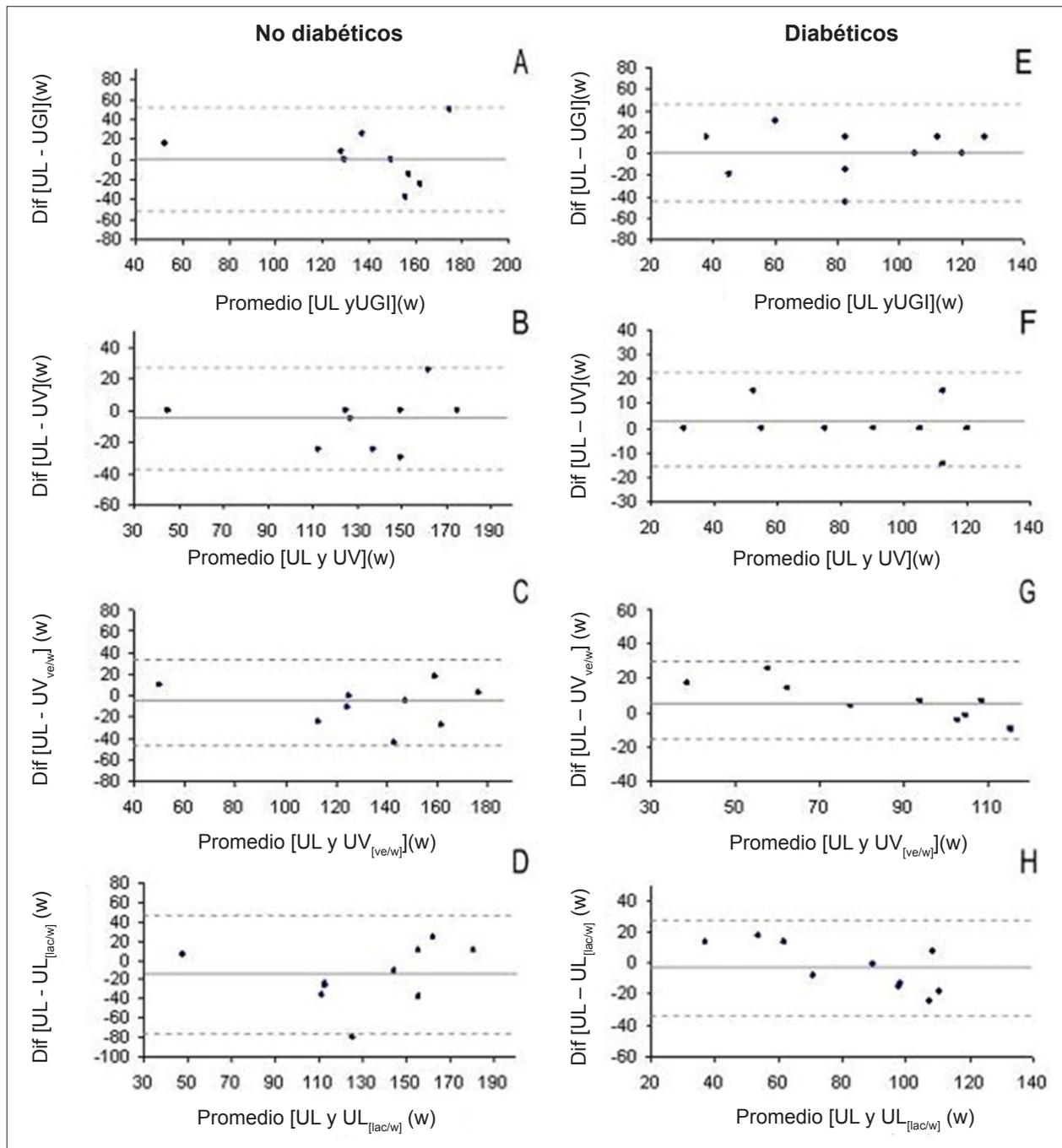


Fig. 5 - Concordancia entre UL y UGI (A), UL y UV (B), UL y UV_{ve/w} (C), UL y UL_[lac/w] (D) para No-Diabéticos y UL y UGI (E), UL y UV (F), UL y UV_{ve/w} (G), UL y UL_[lac/w] (H) para Diabéticos (BUAnd y Altman 1986).

Referencias

1. Koyal S, Whipp NBJ, Huntsman D, Bray GA, Wasserman K. Ventilatory responses the metabolic acidosis of treadmill and cycle ergometry. *J Appl Physiol.* 1976; 40: 864-7.
2. Simões HG, Campbell CS, Kushnick MR, Nakamura A, Katsanos CS, Baldissera V, et al. Blood glucose threshold and the metabolic responses to incremental exercise tests with and without prior lactic acidosis induction. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89: 603-11.
3. Jacobs I. Blood lactate: implications for training and sports performance. *Sports Med.* 1986; 3: 10-25.
4. Weltman A, Snead D, Stein P, Seip R, Schurrer R, Rutt R, et al. Reliability and Validity of a Continuous Incremental Treadmill Protocol for the Determination of Lactate Threshold, Fixed Blood Lactate Concentrations, and VO₂max. *Int J Sports Med.* 1990; 11: 26-32.
5. Thin AG, Linnane SJ, McKone EF, Freaney R, FitzGerald MX, Gallagher CG, et al. Use of the gas exchange threshold to noninvasively determine the lactate threshold in patients with cystic fibrosis. *Chest.* 2002; 121: 1761-70.
6. Wasserman K, McLroy M. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol.* 1964; 14: 844-52.
7. Hornsby WG, Albright AL. *Diabetes In: Dustine JL, Moore GE, ACSM1. Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities.* 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2002. p. 133-41.
8. Meyer T, Gorge G, Schwaab B, Hildebrandt K, Waldorf J, Schafer C, et al. An alternative approach for exercise prescription and efficacy testing in patients with chronic heart failure: a randomized controlled training study. *Am Heart J.* 2005; 149 (5): 1-7.
9. Kawaji K, Fujita Y, Yajima Y, Shirataka M, Kubo H. Usefulness of anaerobic threshold in estimating intensity of exercise for diabetics. *Diabetes Res Clin Pract.* 1989; 15: (4): 303-9.
10. Bertolucci MC, Friedman G, Schaan BD, Ribeiro JP, Schmid H. Intensity-related exercise albuminuria in insulin dependent diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract.* 1993; 19: 217-25.
11. Fugita Y, Matoba K, Takeuchi H, Ishii K, Yajima Y. Anaerobic threshold can provoke microalbuminuria in non-insulin-dependent diabetics. *Diabetes Res Clin Pract.* 1994; 22: 155-62.
12. Maiorana A, O'Driscoll G, Goodman C, Taylor R, Green D. Combined aerobic and resistance exercise improves glucemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2002; 56: 115-23.
13. Miyatake M, Takanami NS, Kawasaki Y, Fujii M. Relationship between visceral fat accumulation and physical fitness in Japanese women. *Diabetes Res Clin Pract.* 2004; 64: 173-9.
14. Kunitomi M, Takahashi K, Wada J, Suzuki H, Miyatake N, Ogawa S, et al. Re-evaluation of exercise prescription for Japanese type 2 diabetic patients by ventilatory threshold. *Diabetes Res Clin Pract.* 2000; 50: 109-15.
15. Atkinson G, Davison RCR, Nevill AM. Performance characteristics of gas analysis systems: what we know and what we need to know. *Int J Sports Med.* 2005; 26 (Suppl. 1): S2-10.
16. 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 (Suppl. 1): S38-48.
17. Simões HG, Campbell CS, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J Appl Physiol.* 1999; 80: 34-40.
18. Bruce CR, Hawley JA. Improvements in insulin resistance with aerobic exercise training: a lipocentric approach. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36 (7): 1196-201.
19. Gordon NF. Hypertension. In: Dustine JL, Moore GE, ACSM1. *Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities.* 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2002. p. 76-80.
20. Weltman A. *The blood lactate response to exercise.* Champaign: Human Kinetics; 1995. (Current Issues in Exercise Science, monograph no 4).
21. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Uncet.* 1986; 1: 307-10.
22. Wasserman DH, Connelly CC, Pagliassotti MJ. Regulation of hepatic lactate balance during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23: 912-9.