

Research

# Evaluación del Esfuerzo Percibido Subjetivo en el Umbral Anaeróbico con la Escala de Borg CR-10

Antonio R Zamunér<sup>1</sup>, Marlene A Moreno<sup>1</sup>, Taís M Camargo<sup>1</sup>, Juliana P Graetz<sup>1</sup>, Ana C Rebelo<sup>2</sup>, Nayara Y Tamburús<sup>1</sup> y Ester Da Silva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Federal University of São Carlos, UFSCar.

<sup>2</sup>College of Health Sciences, Methodist University of Piracicaba, Piracicaba-SP, Brazil.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue evaluar el umbral anaeróbico (AT) con un método gráfico-visual para estimar la intensidad del esfuerzo metabólico y ventilatorio y para determinar los valores de esfuerzo percibido (RPE) en la escala de Borg CR-10 durante un test de ejercicio continuo en rampa (CT-R). A cuarenta mujeres jóvenes en buen estado de salud, físicamente activas y sedentarias (de  $23.1 \pm 3.52$  años de edad) se las dividió en dos grupos según su aptitud física: el grupo activo (AG) y el grupo sedentario (SG), y se las sometió a una CT-R en un cicloergómetro con incrementos de 20 a 25 W·min<sup>-1</sup>. Poco antes del final de cada período de un minuto, se les pidió a las participantes que clasificaran su disnea (RPE-D) y la fatiga de las piernas (RPE-L) en una escala de Borg CR-10. Luego de determinar el AT con un método visual gráfico, se verificaron los resultados que las voluntarias obtuvieron en la escala de Borg CR10. Los datos se analizaron utilizando los tests de correlación de Mann-Whitney y Spearman con el nivel de significancia establecido en 5%. Los resultados promedio de RPE-L y RPE-D en el nivel de AT no fueron significativamente diferentes entre los grupos ( $p > 0.05$ ). Se hallaron correlaciones significativas entre el  $VO_2$ , la frecuencia cardíaca (HR), la producción de potencia y el RPE para ambos grupos. El RPE muscular y respiratorio, de acuerdo a la escala de Borg CR-10, guardaron una relación con el AT, lo que sugiere que los resultados cercanos a 5, que corresponden a una percepción “fuerte”, pueden utilizarse como parámetros para cuantificar la intensidad del ejercicio aeróbico para individuos activos y sedentarios. La percepción similar de la intensidad del ejercicio, que correspondió al AT de individuos diferentes, hace posible prescribir ejercicios con una intensidad equivalente al AT por medio del RPE.

**Palabras Clave:** índice de esfuerzo percibido, umbral anaeróbico, test de ejercicio

## INTRODUCCIÓN

El interés en identificar la carga de trabajo de intensidad crítica por sobre la cuál se produce la acumulación de lactato tiene una larga historia (Owles, 1930; Wasserman y McIlroy, 1964). El nivel de ejercicio físico en el cuál la producción de energía por medio del metabolismo aeróbico se complementa con el metabolismo anaeróbico se califica como el umbral anaeróbico (AT) ((Beaver et al., 1986; Wasserman et al., 1999).

El lactato es un sustrato oxidable cuantitativamente importante y precursor gluconeogénico, así como también un medio por el cual se coordina el metabolismo en diferentes tejidos, en especial durante el ejercicio físico (Brooks, 2009).

Reconocer que existen efectos intra- y extra-celulares de la producción y la remoción de lactato ha llevado a renombrar la hipótesis original "lanzadera de lactato" (*lactate shuttle*) (Brooks, 1985) por "lanzadera de lactato célula a célula" (*cell-cell lactate shuttle*) (Brooks, 1998).

El AT se ha utilizado como parámetro fisiológico aceptado internacionalmente para evaluar la capacidad aeróbica funcional y para diagnosticar enfermedades degenerativas, cardiovasculares, pulmonares, musculares y metabólicas (Beaver, 1986; Svedahl y Macintosh, 2003), así como también para la prescripción de ejercicios físicos para las diferentes poblaciones (Sirol et al., 2005).

Se pueden definir tres fases de suministro de energía y dos puntos de intersección con el incremento en la intensidad del ejercicio (Gearheart et al., 2004). Durante la primera fase del suministro de energía, se produce una extracción mayor de oxígeno por parte de los tejidos, lo que da como resultado una fracción de oxígeno menor en el aire expirado. Por lo tanto, se halla un incremento lineal en el consumo del oxígeno ( $VO_{2\text{máx}}$ ), la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) y la ventilación pulmonar (VE).

Durante la fase II, la capacidad oxidativa de todo el sistema es lo suficientemente alta como para alcanzar el lactato entrante. En la fase III se observa un incremento no lineal en la  $VCO_2$  y más pronunciado en la VE. En este momento, la hiperventilación no puede compensar de manera adecuada el incremento en  $H^+$  (Binder et al., 2008). Por lo tanto, algunos estudios han reportado que el AT puede determinarse de manera invasiva mediante la medición del lactato en sangre (Chicarro et al., 1997; Wasserman et al., 1999).

Otros han enfatizado en que se puede determinar de modo no invasivo por medio de la frecuencia cardíaca (Marães et al., 2005, Pithon et al., 2006; Silva et al., 2005), la actividad muscular (Bearden y Moffatt, 2001; Lucía et al., 1997; Mateika y Duffin, 1994) y los parámetros ventilatorios y metabólicos obtenidos respiración por respiración durante un protocolo de esfuerzo continuo. Este último es considerado uno de los métodos más aceptados y reconocidos para determinar el AT (Crescêncio, 2003; Higa et al., 2007; Wasserman et al., 1999).

El interés en la determinación cuantitativa y sistemática del AT es cada vez mayor; sin embargo, los estudios que miden el AT por medio del esfuerzo percibido aún no son substanciales (Borg, 1982; Esteve-Lanao et al., 2005; Nakamura et al., 2005; Robertson et al., 1986; Steed et al., 1994).

Borg (1992) demostró que la percepción general del esfuerzo físico proviene de la integración de diferentes síntomas que surgen de los músculos activos, los sistemas cardiovascular y respiratorio, las articulaciones, la transpiración, el posible dolor, el mareo, etcétera. Los valores del esfuerzo percibido (RPE) se han utilizado en varios estudios para cuantificar las sesiones de entrenamiento o la intensidad del ejercicio, así como también para las actividades predominantemente aeróbicas guiadas por la escala de Borg CR-10.

La escala CR-10 de RPE se ha convertido en un método estándar para evaluar el esfuerzo percibido en tests de ejercicio, en el entrenamiento y la rehabilitación, y se la ha validado contra indicadores objetivos de la intensidad del ejercicio (Borg et al., 1985, Noble et al., 1983). Sin embargo, en la revisión de la literatura, no se han hallado estudios en los que se hayan utilizado los resultados del RPE en la escala de Borg CR-10 para determinar el AT.

La escala de Borg CR-10 es una escala de categorías con propiedades de índice que consiste en números relacionados con expresiones verbales, que permiten la comparación de los índices entre las intensidades y también una determinación de niveles de intensidad. Se la ha utilizado por más de dos décadas (Borg y Kaijser, 2006; Neely et al., 1992). La utilización de esta escala es relativamente simple y de bajo costo, en comparación con el equipamiento espiroergométrico que se utiliza para determinar el AT (Crescêncio, 2003; Higa et al., 2007; Wasserman et al., 1999).

El propósito de este estudio fue verificar la relación entre el AT ventilatorio y el RPE utilizando la escala de Borg CR-10 en voluntarias mujeres físicamente activas y sedentarias.

## MÉTODOS

---

### Participantes

En este estudio de diseño transversal se investigó a 40 mujeres jóvenes y en buen estado de salud ( $23.1 \pm 3.52$  años de edad), todas estudiantes universitarias. Las voluntarias seleccionadas presentaban ciclos menstruales regulares y no habían tomado anticonceptivos orales durante al menos los últimos diez años. A las participantes se las dividió en dos grupos según su nivel de aptitud física: el grupo activo (AG) y el grupo sedentario (SG). Las participantes activas habían

realizado ejercicios de resistencia (carrera y pedaleo, 4-5 veces/semana) y las participantes sedentarias no habían realizado ningún ejercicio regular en los últimos doce meses. El estudio se ajusta a las directrices de la Declaración de Helsinki. El Comité de Ética de la institución involucrada dio su aprobación ética (número de protocolo 43/06), y todas las participantes dieron su consentimiento informado por escrito.

## **Diseño Experimental**

Los procedimientos experimentales se llevaron a cabo en un laboratorio con aire acondicionado, donde la temperatura y la humedad relativa se mantuvieron aproximadamente en 23 °C y 60%, respectivamente. Las voluntarias se familiarizaron con el ambiente de laboratorio y con el protocolo experimental, incluyendo las instrucciones para utilizar la escala de Borg CR-10 (Borg et al., 1985). El día de la prueba se les preguntó sobre su condición de salud, si dormían de noche y si habían seguido las instrucciones dadas el día anterior, que incluían evitar el consumo de alcohol o bebidas estimulantes (café, té, refrescos) y suspender cualquier actividad física innecesaria.

El protocolo experimental siempre se llevó a cabo a la misma hora del día (por la tarde) para descartar la influencia circadiana en las variables estudiadas. Se estudió a las participantes durante la fase folicular del ciclo menstrual a fin de evitar la influencia de las variaciones hormonales sobre las variables cardiopulmonares medidas.

Antes de llevar adelante el protocolo, las voluntarias descansaron durante 15 minutos en posición supina, y luego se realizó una evaluación de la presión sanguínea arterial y la HR para verificar si la condición basal era satisfactoria para el experimento.

## **Protocolo Experimental**

El experimento consistió de una prueba ergoespirométrica continua en rampa (CT-R), realizada en un cicloergómetro con freno electromagnético (Quinton Corival 400, Seattle, WA, EUA), con el asiento ajustado para permitir una flexión de rodilla de aproximadamente 5 a 10 grados. Se les pidió a las voluntarias que no realizaran contracciones isométricas mientras sostenían el manubrio del cicloergómetro, y que mantuvieran una tasa de pedaleo de 60 rpm.

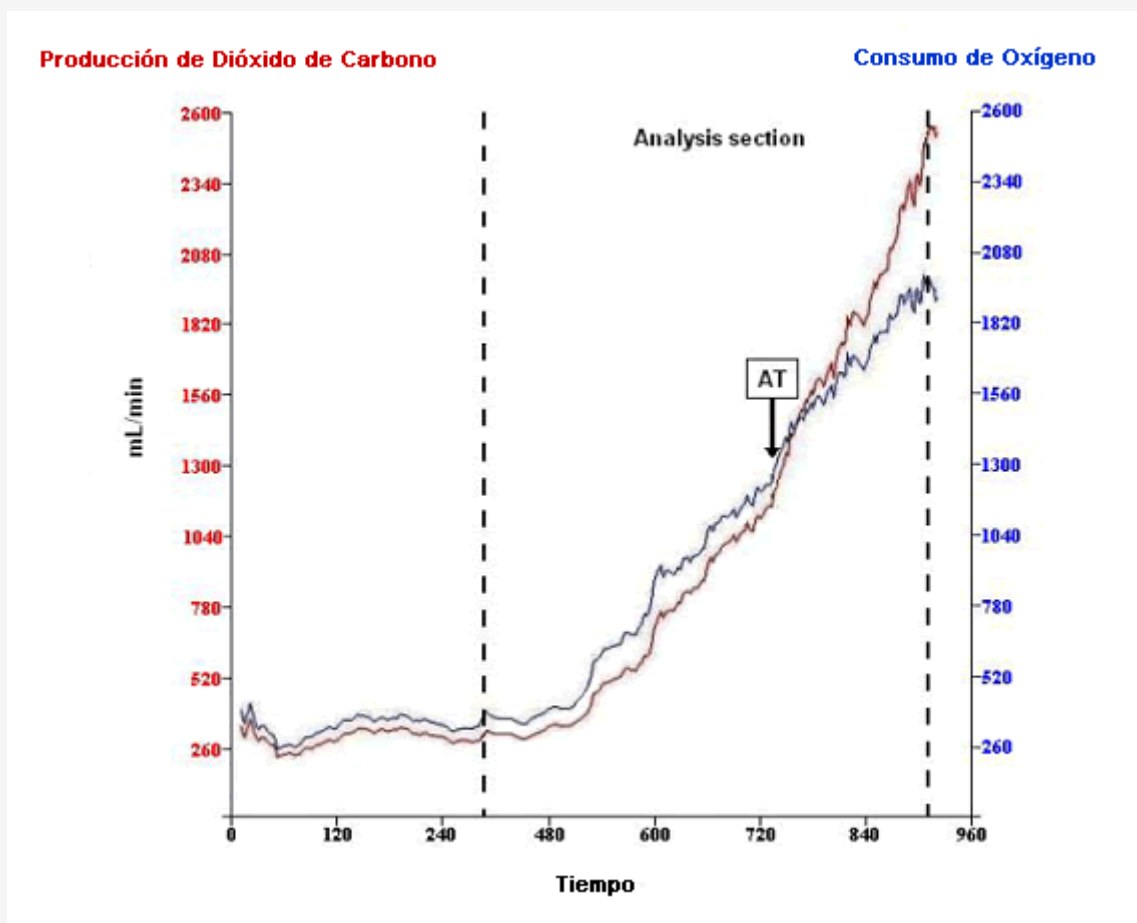
La CT-R consistió de un período pre-test de 1 min en el que los sujetos se mantuvieron en posición de sentados y en reposo sobre el cicloergómetro, seguido por una entrada en calor de cuatro minutos a 4 W e incrementos de la producción de potencia de 20 (SG) a 25 Watts por minuto (AG) hasta llegar al agotamiento físico, que correspondió al momento en el que no podían mantener las 60 rpm o bien a la manifestación de un síntoma de limitación o fatiga respiratoria. Los incrementos en la producción de potencia para cada participante se determinaron según la fórmula propuesta por Wasserman et al. (1999): incremento de la producción de potencia (W) =  $[(\text{altura} - \text{edad}) \times 14] - [150 + (6 \times \text{masa corporal})]/100$ .

Durante la prueba, el ECG y la HR de cada latido se registraron en un monitor de control cardíaco de un canal (MINISCOPE II Instramed, Porto Alegre, RS, Brasil) y se procesaron con un conversor analógico-digital (Lab PC + / National Instruments, Co., Austin, TX, EUA), que actuó como una interfase entre el monitor de control cardíaco y una computadora. La señal del ECG se registró en tiempo real después de la conversión analógico-digital con una frecuencia de muestreo de 500 Hz (Silva et al., 1994).

Durante la CT-R ergoespirométrica se obtuvieron variables metabólicas y ventilatorias como el  $\text{VO}_2$ , la  $\text{VCO}_2$  y la VE respiración por respiración por medio de un sistema de medición de gas espirado (CPX/D, Medical Graphics, St Paul, Minnesota, EUA) que se calibró antes de cada test. Más tarde, estas variables se procesaron y calcularon como medias móviles después de cada ocho ciclos de respiración para una mejor observación cinética de las respuestas durante el ejercicio.

Luego de obtenerse las mediciones ventilatorias y metabólicas, se evaluó la capacidad aeróbica teniendo en cuenta los datos de la producción de potencia (W), el  $\text{VO}_2$  relativo y absoluto ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente), la producción de dióxido de carbono ( $\text{VCO}_2$ ,  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ), la ventilación (VE,  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ), la HR ( $\text{latidos}\cdot\text{min}^{-1}$ ) y el índice de intercambio respiratorio (RER) obtenidos en el pico de la prueba de ejercicios y en el nivel del AT. Tres observadores entrenados de manera adecuada evaluaron el AT utilizando un método visual gráfico para calcular el incremento desproporcional de las variables ventilatorias y metabólicas durante el ejercicio dinámico incremental. El criterio adoptado fue una pérdida de paralelismo entre la producción de dióxido de carbono  $\text{VCO}_2$  y el  $\text{VO}_2$  (Crescêncio et al., 2003; Higa et al., 2007) ilustrado en la Figura 1.

Durante la sesión de familiarización, a todas las participantes se las instruyó sobre el uso de la escala CR-10, incluyendo los procedimientos de anclaje (Borg, 1998). Poco antes del final de cada período de un minuto, se les pidió a las participantes que clasificaran su nivel de disnea (RPE-D) y de fatiga en las piernas (RPE-L) respectivamente, según la escala de Borg CR-10 (Borg, 1998). Luego de determinar el AT mediante un método visual gráfico, se comparó el resultado de Borg CR10 proporcionado por las voluntarias.



**Figura 1.** Respuestas del consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono durante la prueba dinámica de ejercicio físico continuo en rampa de una de las participantes estudiadas. La flecha indica el tiempo (s) del incremento desproporcionado en la producción de dióxido de carbono en relación al consumo de oxígeno en la determinación del umbral anaeróbico (AT).

## Análisis Estadísticos

El análisis estadístico de la potencia y el tamaño de la muestra se estimaron utilizando el programa GraphPad StatMate 2.0 para Windows, basado en el valor promedio y la desviación estándar de los datos del  $\text{VO}_2$  pico obtenidos en estudios previos. Para un error alfa de 0.05 y potencia de prueba del 80%, se recomendaron ocho participantes en cada grupo. Se controlaron todos los datos para la distribución de normalidad y la homogeneidad de varianzas. Las características y las variables cardiopulmonares de las participantes se expresaron en medias y desviaciones estándar. Se evaluaron las diferencias de los valores iniciales entre los grupos. Los tests de correlación de Mann-Whitney y Spearman se utilizaron con el nivel de significancia establecido en 5%. Todos los análisis se realizaron con el paquete de programas estadísticos SPSS 16.0 para Windows.

## RESULTADOS

Los valores iniciales de las características de los sujetos, incluyendo las variables antropométricas, la HR, las BP (presiones sistólicas y diastólicas), las variables antropométricas de longitud, la duración del ciclo menstrual y el tiempo del ejercicio fueron comparables entre los grupos (Tabla 1). No se observaron diferencias significativas de edad, peso, altura, IMC, BP (presiones sistólicas y diastólicas), duración del ciclo menstrual ni de la duración del ejercicio entre los grupos. Sin embargo, en el grupo AG, los datos de la HR en posición supina fue menor que en el grupo SG ( $p < 0.05$ ).

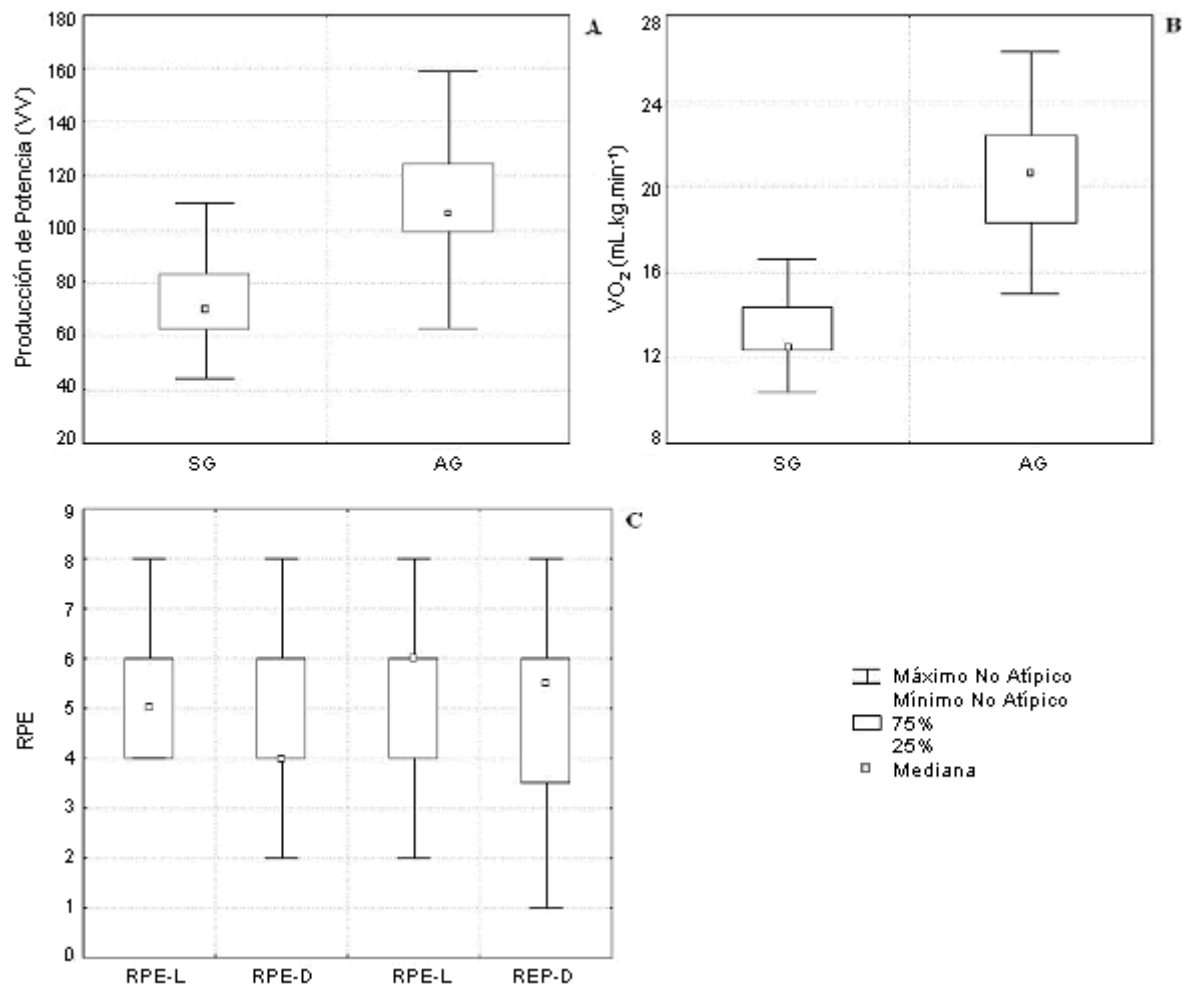
Las participantes del grupo activo presentaron una producción de potencia más elevada y un mayor  $\text{VO}_2$  en el pico de la prueba ergoespirométrica y en el nivel del AT ( $p < 0.05$ ; Tabla 1 y Tabla 2). No obstante, los resultados promedio de RPE-L

y RPE-D en el nivel del AT no fueron significativamente diferentes entre los grupos ( $p > 0.05$ ; Tabla 2 y Figura 2).

Se hallaron correlaciones significativas entre el  $VO_2$ , la HR, la producción de potencia y el RPE, como también un incremento lineal en la RPE-L y la RPE-D para ambos grupos (Tabla 3; Figura 3).

	<b>SG (n=20)</b>	<b>AG (n=20)</b>
<b>Edad (años)</b>	22.4 (3.7)	23.9 (3.3)
<b>Peso(kg)</b>	58.4 (8.2)	57.7 (7.0)
<b>Altura (m)</b>	1.65 (.07)	1.63 (5.0)
<b>IMC (kg ·m<sup>-2</sup>)</b>	21.4 (1.7)	21.7 (2.0)
<b>Duración del ciclo menstrual (días)</b>	29	29
<b>Ejercicio (min/sesión)</b>	---	141 (21.3)
<b>Ejercicio (años)</b>	---	6.4 (4.0)
<b>Frecuencia cardiaca (latidos·min<sup>-1</sup>)</b>	75 (13)	60 (7) *
<b>Presión sanguínea sistólica (mmHg)</b>	109.3 (8.7)	110.0 (7.9)
<b>Presión sanguínea diastólica (mmHg)</b>	70.2 (7.7)	68.8 (2.5)
<b>Producción de potencia pico (W)</b>	135.5 (21.9)	180.4 (26.9) *
<b>Frecuencia cardiaca pico (latidos·min<sup>-1</sup>)</b>	181.8 (12.7)	182.1 (10.5)
<b>VO<sub>2</sub>pico (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	24.6 (2.5)	33.5 (2.5) *

**Tabla 1.** Características de las participantes: características clínicas de los valores iniciales, respuestas cardiorrespiratorias y ventilatorias al pico del ejercicio durante la prueba de rendimiento del grupo activo (AG) y el grupo sedentario (SG). Los datos son medias ( $\pm$  DE). IMC: índice de masa corporal;  $VO_2$  pico: consumo de oxígeno en el pico de la prueba ergoespirométrica. SG vs. AG: \*  $p < 0.05$ .



**Figura 2.** Producción de potencia (A), consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) (B), y valores del esfuerzo percibido para las piernas (REP-L) y la disnea (REP-D) (C), en el umbral anaeróbico del grupo activo (AG) y sedentario (SG).

	<b>SG (n=20)</b>	<b>AG (n=20)</b>
<b>AT de la producción de potencia (W)</b>	72.2 (16.2)	111.5 (21.1)*
<b>AT de la HR (latidos·min<sup>-1</sup>)</b>	131 (10)	138 (15)
<b>AT del <math>VO_2</math> (latidos·min<sup>-1</sup>)</b>	13.2 (1.7)	20.3 (2.8) *
<b>AT de RPE-L</b>	5.25 (1.25)	5.45 (1.60)
<b>AT de RPE-D</b>	4.75 (1.29)	4.90 (1.77)

**Tabla 2.** Producción de potencia y respuestas cardiorrespiratorias, ventilatorias y del RPE en el AT durante la prueba de rendimiento. Los datos son medias ( $\pm$  DE). SG: grupo sedentario; AG: grupo activo;  $VO_2$  AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; AT: umbral anaeróbico; RPE-L: valores del esfuerzo muscular percibido; RPE-D: valores del esfuerzo respiratorio percibido. \* SG vs. AG:  $p = 0.001$

## DISCUSIÓN

En esta investigación, se buscó identificar el valor de RPE en la escala de Borg CR-10 en relación con el AT, que se determinó mediante el método ventilatorio. El presente estudio demostró que los valores del  $VO_2$ , de la producción de

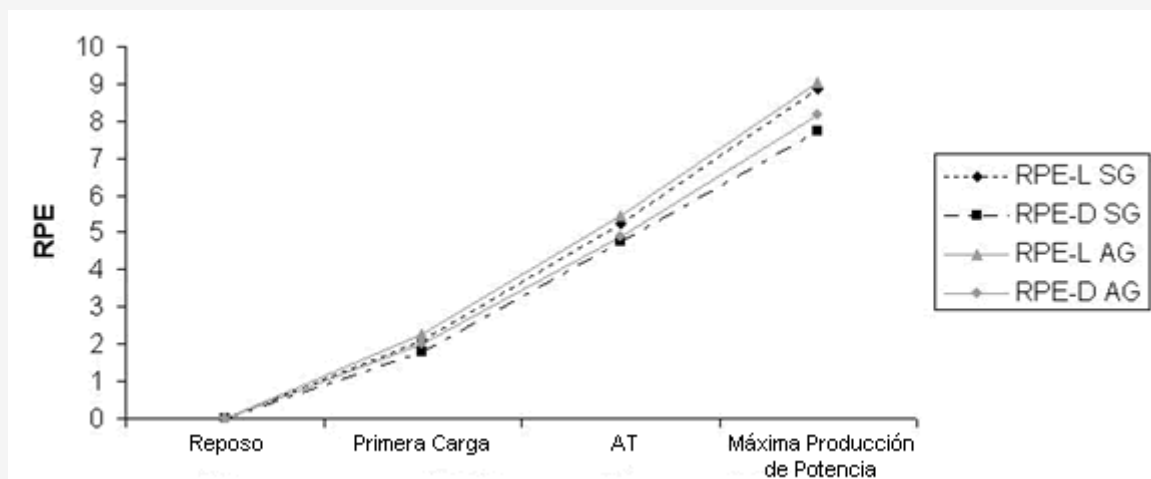
potencia y de la HR en el AT fueron más elevados para el grupo activo; sin embargo, esto no se observó en los valores de RPE-L ni de RPE-D. Este hallazgo sugiere que el RPE en el AT no depende del nivel de habilidad física del individuo, como se ha reportado en algunos estudios que hallaron RPE similares para las producciones de potencia equivalentes al AT entre individuos con diferentes características, como el género (Purvis y Cureton, 1981) o el nivel de habilidad física (Felts et al., 1988; Garcin et al., 2004).

Los cambios en los factores neuromusculares y mecánicos, la activación humoral, los niveles de sustrato y el flujo sanguíneo en el músculo activo, asociados con la producción de trabajo y la demanda metabólica están relacionados con la intensidad del ejercicio, que requiere una respuesta aferente para las respuestas cardiopulmonares y periféricas apropiadas, como también cambios en la activación de la RPE-L y la RPE-D para las diferentes intensidades de ejercicio (West, 2006) y, al guardar relación con el estado físico de cada participante, permite la identificación del AT.

En el presente estudio sobre participantes en buen estado de salud, no se demostraron diferencias entre el esfuerzo percibido y fatiga de las piernas en el AT dentro de una tendencia tangible para la fatiga de piernas como síntoma dominante en las cargas de trabajo mayores.

Parámetro SG (n=20)	RPE	r <sub>s</sub>	< p	Parámetro AG (n=20)	RPE	r <sub>s</sub>	< p
VO <sub>2</sub>	Fatiga de piernas	0.85	0.0001	VO <sub>2</sub>	Fatiga de piernas	0.82	0.0001
	Disnea	0.86	0.0001		Disnea	0.73	0.0001
HR	Fatiga de piernas	0.79	0.0001	HR	Fatiga de piernas	0.84	0.0001
	Disnea	0.79	0.0001		Disnea	0.75	0.0001
Producción de potencia	Fatiga de piernas	0.85	0.0001	Producción de potencia	Fatiga de piernas	0.78	0.0001
	Disnea	0.86	0.0001		Disnea	0.71	0.0001

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación de Spearman. SG: grupo sedentario; AG: grupo activo; RPE: valores respiratorios percibidos; HR: frecuencia cardiaca; VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno.



**Figura 3.** Curso temporal de los valores del esfuerzo percibido para piernas (RPE-L) y la disnea (RPE-D) en el reposo, en la primera carga, en el AT y en la producción de potencia máxima del grupo activo (AG) y sedentario (SG).

En las personas en buen estado de salud, la fatiga de las piernas es la causa más común para discontinuar una prueba de ejercicio incremental. No obstante, Borg et al. (2009) demostraron que las funciones de crecimiento para la falta de aliento y la fatiga de las piernas durante el trabajo son casi paralelas, con una tendencia tangible para la fatiga de las piernas como síntoma dominante en las cargas de trabajo mayores. Sin embargo, debe reconocerse que los datos podrían variar de

algún modo como resultado de una variación individual en la aptitud física y la fuerza muscular.

Por lo tanto, los resultados de RPE obtenidos a partir del presente estudio indican que los resultados cercanos a 5, referidos como "fuertes" en la escala de Borg CR-10, pueden estar relacionados con el AT para las mujeres cuyas características fueron estudiadas. Según el presente estudio, el Colegio Americano de Medicina Deportiva reporta que los resultados entre 10 y 13 en la escala de Borg 6-20 estarían por debajo del AT, mientras que los valores entre 14 y 18 estarían por encima del mismo. No obstante, según se sabe, ningún otro estudio ha determinado el valor de AT mediante la escala de Borg CR-10.

Otro hallazgo importante del presente estudio es la correlación entre el  $VO_2$ , la HR y la producción de potencia en relación a las mediciones de RPE-L y RPE-D para ambos grupos, lo que reafirma la sensibilidad del RPE a la intensidad de la actividad realizada. Este hallazgo es parcialmente compatible con el de Borg et al. (2009), quienes observaron una correlación más fuerte entre la fatiga de las piernas y la falta de aliento en la escala CR-10 con las variables fisiológicas de la HR y el lactato en sangre durante la prueba ergoespinométrica realizada en un cicloergómetro.

A pesar del hecho de que el análisis de la respuesta variable metabólica y ventilatoria representa una técnica extremadamente bien estudiada y reconocida en la literatura para cuantificar el AT (Crescêncio et al., 2003; Wasserman et al., 1999), debe enfatizarse que la utilización del equipamiento capaz de reunir tales datos, en general, es limitada para los centros de investigación, debido a su costo elevado y sus procedimientos operacionales complejos. Por lo tanto, la evaluación de este parámetro fisiológico importante por medio de métodos más simples y económicos es esencial para determinar la capacidad aeróbica de los individuos que participan en programas de entrenamiento físico aeróbico diario en clínicas privadas ambulatorias, así como también en centros de actividad física.

Los estudios han demostrado que el esfuerzo percibido parece ser resultado de la integración de una serie de señales aferentes que provienen de receptores sensoriales hallados en los músculos esqueléticos activos y en el sistema cardiopulmonar (Borg, 1982). Estas estructuras pueden ser estimuladas por la acidosis metabólica asociada con una disminución en el pH sanguíneo y muscular (Robertson, 1986). Por lo tanto, debería producirse un incremento en la actividad neuromotora aferente para compensar la fatiga periférica que resulta de la falla contráctil, que también modula el esfuerzo percibido (Wasserman et. al, 1999).

Es necesario que en se realicen más estudios futuros para evaluar las adaptaciones fisiológicas que resultan de la actividad física en un nivel de intensidad cercano a 5 y para relacionarlas con la percepción subjetiva del esfuerzo muscular y respiratorio expresada en la escala de Borg CR-10.

Además, sería útil realizar un análisis para ver si el RPE se mantiene en el mismo nivel de intensidad con el transcurso del tiempo, pues Bertuzzi et al. (2008) reportaron una desestabilización de las variables de  $VO_2$  y HR, y que el RPE corresponde a la producción de potencia del AT. Adjudicaron esta correspondencia al incremento progresivo del reclutamiento de fibras de contracción rápida (tipo IIb), consideradas menos eficientes que las fibras de contracción lenta (tipo I), y llegaron a la conclusión de que esto genera una disminución en el esfuerzo requerido durante un ejercicio de carga constante para estabilizar fisiológicamente estas variables.

## CONCLUSIÓN

---

El RPE muscular y respiratorio, según lo expresado en la escala de Borg CR-10, guardaron relación con el AT. Además, la percepción similar de la intensidad del ejercicio, correspondiente al AT de diferentes participantes, hace posible la prescripción de ejercicios a una intensidad equivalente al AT por medio del RPE. Los resultados cercanos a 5, correspondientes a una percepción "fuerte", pueden utilizarse como parámetros para cuantificar la intensidad del ejercicio aeróbico tanto de mujeres activas como sedentarias.

### Puntos Clave

- El interés en la determinación cuantitativa y sistemática del AT es cada vez mayor, no obstante, los estudios cualitativos que miden el AT a través del esfuerzo percibido, aún no son sustanciales.
- La escala de Borg CR-10 es una escala de categorías con propiedades de índice que consiste de números relacionados con expresiones verbales, lo que permite una comparación entre las intensidades así como la determinación de los niveles de intensidad.
- Los resultados cercanos a 5, expresados en la escala de Borg CR-10, correspondientes a una percepción "fuerte", pueden utilizarse como parámetros para cuantificar la intensidad del ejercicio aeróbico tanto de mujeres activas



como sedentarias.

## REFERENCIAS

1. American Heart Association (1972). Exercise testing and training of apparently health individuals: A handbook for physicians. *Circulation: Journal of the American Heart Association* 5
2. Bearden, S.E. and Moffatt, R.J (2001). Leg electromyography and the O<sub>2</sub>-power relationship during bicycle ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33(7), 1241-1245
3. Beaver, W.L., Wasserman, K. and Whipp, B.J (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology* 60(6), 2020-2027
4. Bertuzzi, R.C.M., Ruménig-Souza, E., Franchini, E., Nakamura, F.Y., Matsushigue, K.A. and Kiss, M.A.P.D (2008). Heart rate and rating of perceived exertion responses during exercise performed at intensities relative to anaerobic threshold. *Journal of Physical Education* 19, 437-43. (In Portuguese: English abstract)
5. Binder, R.K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H., Schmid, J.P (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 15(6), 726-34
6. Borg, G.A.V (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14, 377-81
7. Borg, G (1985). An introduction to Borg's RPE scale. *Movement Publications, Ithaca, New York*
8. Borg, G (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics, Illinois*
9. Borg, E. and Kaijser, L (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 16, 57-69
10. Borg, E., Borg, G., Larsson, K., Letzter, M. and Sundblad, B.M (2009). An index for breathlessness and leg fatigue. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(4), 644-650
11. Brooks, G.A (1985). Lactate: glycolytic end product and oxidative substrate during sustained exercise in mammals – the lactate shuttle. In: *Circulation, Respiration, and Metabolism: Current Comparative Approaches*. Ed: Berlin, G.R.: Springer, 208-218
12. Brooks, G.A (1998). Mammalian fuel utilization during sustained exercise. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 120, 89-107
13. Brooks, G.A (2009). Cell-cell and intracellular lactate shuttles. *The Journal of Physiology*, 587(23), 5591-5600
14. Esteve-Lanao, J., Juan, A.F.S., Earnest, C.P. and Foster, C (2005). How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37(3), 496-504
15. Felts, W.M., Crouse, S. and Brunetz, M (1988). Influence of aerobic fitness on ratings of perceived exertion during light to moderate exercise. *Perceptual and Motor Skills* 67, 671-676
16. Garcin, M., Mille-Hamard, L. and Billat, V (2004). Influence of aerobic fitness level on measured and estimated perceived exertion during exhausting runs. *International Journal Sports Medicine* 25, 270-277
17. Gearhart Jr, R.F., Becque, M.D., Hutchins, M.D., Palm, C.M (2004). Comparison of memory and combined exercise and memory-anchoring procedures on ratings of perceived exertion during short duration, near-peak-intensity cycle ergometer exercise. *Perceptual and Motor Skills* 99(3), 775-84
18. Mateika, J.H. and Duffin, J (1994). Ventilatory responses to exercise performed below and above the first ventilatory threshold. *European Journal of Applied Physiology* 68(4), 327-335
19. Nakamura, F.Y., Gancedo, M.R., Albuquerque da Silva, L., Lima, J.R.P. and Kokubun, E (2005). Use of perceived exertion in determining critical velocity in deep water running. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 11, 1-5. (In Portuguese: English abstract)
20. Noble, B.J., Borg, G.A.V., Jacobs, I., Ceci, R. and Kaiser, P (1983). A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 15(6), 523-528
21. Owles, W. H (1930). Alterations in the lactic acid content of the blood as a result of light exercise, and associated changes in the CO<sub>2</sub>-combining power of the blood and in the alveolar CO<sub>2</sub> pressure. *Journal of Physiology* 3, 214-237
22. Pinheiro, D.A (1997). Study of threshold and other parameters anaerobiose cariorespiratórios forward to tests of functional assessment in athletes and sedentary. *Master thesis, Federal University of São Carlos, Brazil*. (In Portuguese: English abstract)
23. Pithon, K.R., Martins L.E.B., Gallo Jr, L., Catai, A.M. and Silva, E (2006). Comparison of cardiorespiratory responses between constant and incremental load exercises below, above and at the ventilatory anaerobic threshold. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 10(2), 163-169
24. Purvis, J.W. and Cureton, K.J (1981). Ratings of perceived exertion at the anaerobic threshold. *Ergonomics* 24(4), 295-300
25. Robertson, R.J., Falkel, J.E., Drash, A.M., Swank, A.M., Metz, K.F., Spungen, S.A. and Leboeuf, J.R (1986). Effects of blood pH on peripheral and central signals of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18, 114-122
26. Silva, F.M.H.S.P., Filho, A.C., Murta Jr, L.O., Lavrador, M.A.S., Maraes, V.R.F.S., Moura, M.S. de A., Catai, A.M., Silva, E., Maciel, B.C. and Gallo, Jr, L (2005). Identification of anaerobic threshold during dynamic exercise in healthy men using kolmogorovsinai entropy. *Computers in Cardiology* 32, 731-734
27. Sirol, F.N., Sakabe, D.I., Catai, A.M., Milan, L.A., Martins, L.E.B. and Silva E (2005). Comparison of power output and heart rate levels in anaerobic threshold determinations by two indirect methods. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 9(2), 1-8
28. Steed, J., Gaesser, G.A. and Weltman, A (1994). Rating of perceived exertion and blood lactate concentration during submaximal

- running. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26(6), 797-803
29. Svedahl, K. and Macintosh, B.R (2003). Anaerobic threshold the concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology* 28(2), 299-323
30. Wasserman, K. and McIlroy, M.B (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *The American Journal of Cardiology* 14, 844-852
31. Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D., Whipp, B.J. and Casaburi, R (1999). Principles of exercise testing and interpretation. 4th edition. *Williams and Wilkins, Philadelphia*
32. West, S.J., Goedecke, J.H., Niekerk, van L., Collins, M., Gibson, A.S.C., Macdonald, I.A., Noakes, T.D. and Lambert E.V (2006). Effects of elevated plasma adrenaline levels on substrate metabolism, effort perception and muscle activation during low-to-moderate intensity exercise. *European Journal of Physiology* 451, 727-737

### **Cita Original**

Antonio R. Zamunér, Marlene A. Moreno, Taís M. Camargo, Juliana P. Graetz, Ana C. S. Rebelo, Nayara Y. Tamburús and Ester da Silva. Assessment of Subjective Perceived Exertion at the Anaerobic Threshold with the Borg Cr-10 Scale. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 130 - 136