

Article

# Análisis de la Respuesta de Lactato Sanguíneo, Glucosa Sanguínea, Saturación Periférica de Oxígeno, y Frecuencia Cardíaca durante la Competencia de Trail Running

Alexandre Reis Pires Ferreira<sup>1,2</sup>, Walfran Silva Santos<sup>1,2,3</sup>, Felipe José Aidar<sup>1,2,4</sup>, Dihogo Gama de Matos<sup>5</sup> y Raphael Fabricio de Souza<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Educação Física, Universidad Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

<sup>2</sup>Grupo de Estudios e Investigación de Rendimiento, Deporte, Salud y Deportes Paralímpicos - GEPEPS, Universidad Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

<sup>3</sup>Racing Club en la Universidad Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

<sup>4</sup>Programa Universitario para Maestría en Educación Física, Universidad Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

<sup>5</sup>Departamento de Ciencia del Deporte, Ejercicio y Salud de la Universidad Tras-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

## RESUMEN

Ferreira ARP, Santos WS, Aidar FJ, Matos DG, de Souza RF. Análisis de la Respuesta de Lactato Sanguíneo, Glucosa Sanguínea, Saturación Periférica de Oxígeno, y Frecuencia Cardíaca durante la Competencia de Trail Running. JEPonline 2016;19(2):27-33. Este estudio evaluó la respuesta de los niveles de lactato sanguíneo, FC, SpO2, y glucosa sanguínea durante una competencia en diferentes recorridos (5 km y 21 km) y distintos niveles de dificultad. El estudio incluyó 20 corredores voluntarios masculinos que estaban inscritos en las series de prueba k21 de trail running, paso Aracaju - SE, organizado en el Parque Nacional Serra Itabaiana. Los sujetos fueron divididos en dos grupos según el recorrido realizado: Grupo 5km (G5km, n = 10); y Grupo 21km (G21km, n = 10). Hubo una diferencia significativa en todas las variables en ambas modalidades, en particular, el lactato de los 5km vs. el posterior a los 21km (P<0.001). Los resultados indican que la prueba de 5km resultó ser mucho más intensa, con un aumento en el nivel de lactato sanguíneo en relación a la prueba de 21 km.

**Palabras Clave:** Trial Running, Lactato Sanguíneo, Frecuencia Cardíaca

# INTRODUCCIÓN

---

Las pistas para la modalidad de carrera llamada Trail Running han atraído a muchos seguidores en Brasil debido a la combinación de la dinámica de los deportes y el disfrute de la naturaleza. También está la expectativa y la emoción de la superación de los límites del cuerpo humano (13).

Dependiendo del nivel y de las diferentes distancias, alturas, y relieves, el Trail Running tiende a ser realizado por atletas profesionales y amateurs (9) con una preferencia por la inscripción en distancias más largas en un alto nivel de dificultad que se caracteriza por barreras naturales (14). Normalmente, la ejecución requiere de una gran preparación física y psicológica junto a consideraciones nutricionales específicas.

Las evaluaciones fisiológicas específicas son recomendadas y consideradas cada vez más importantes, especialmente en lo que respecta a la prescripción del entrenamiento y el monitoreo de la evolución de deportes individuales. Por otro lado, la disminución en el rendimiento, el daño muscular y otros resultados desfavorables en el atleta son consecuencia de la falta de conocimiento de importantes variables del entrenamiento agravadas por la creciente edad de los participantes (21).

Por esta razón es importante determinar en los participantes la concentración del lactato sanguíneo (5), la variabilidad de la frecuencia cardíaca (8), la disminución del glucógeno (19) y la saturación periférica (SpO<sub>2</sub>) (23). Se recomienda una mejor comprensión de los umbrales fisiológicos de los participantes para prescribir una carga de entrenamiento óptima (10). A pesar de que los entrenadores deportivos usan mucho estas evaluaciones, no son tan comunes en la determinación del comportamiento fisiológico de los participantes durante las pruebas de trail running.

Así, el propósito de este estudio fue evaluar el comportamiento de los parámetros fisiológicos tales como los niveles de lactato sanguíneo, FC, SpO<sub>2</sub>, y glucosa sanguínea durante una competencia en diferentes trayectorias (5km y 21km) y distintos niveles de dificultad.

## MÉTODOS

---

El estudio incluyó 20 corredores masculinos, voluntarios e inscriptos en las series de prueba k21 de trail running, paso Aracaju SE, organizado en el Parque Nacional Serra Itabaiana. La prueba fue dividida en dos grupos según el recorrido realizado: Grupo 5km (G5km, n = 10); y Grupo 21km (G21km, n = 10).

Los participantes presentaban las siguientes características: G5 (edad  $40.5 \pm 9.7$  años, peso  $72.5 \pm 8.4$  kg, altura  $1.74 \pm 0.04$  cm, grasa corporal  $18.8 \pm 4.5\%$ ) y G21 (edad  $41.3 \pm 9.1$  años, peso corporal  $79.4 \pm 11.5$  kg, altura  $1.75 \pm 0.09$  cm, grasa corporal  $19.9 \pm 6.2\%$ ).

Se les informó a los participantes sobre los riesgos protocolares del estudio y firmaron el consentimiento según la resolución 196/1996 del Consejo Nacional de Salud, de acuerdo con los principios éticos contenidos en la Declaración de Helsinki (1964, revisada en 1975, 1983, 1989, 1996, 2000, y 2008), y la Asociación Médica Mundial. Los participantes también firmaron un formulario de consentimiento de acuerdo a la Resolución 466/2012 del Comité Nacional de Ética en Investigación - CONEP, el Consejo Nacional de Salud.

### Instrumentos

#### **Niveles de Lactato y Glucosa**

Para recoger el lactato y la glucosa sanguínea se usaron dos dispositivos de punción marca *Accu-Chek* con lancetas desechables y el punzado se efectuó en la falange distal del dedo índice. Los dispositivos utilizados fueron dos glucómetros marca *Accu-Chek* (Roche, Brasil) y dos analizadores de lactato *Accutrend Lactate Accu-Chek* (Roche, Brasil) con tiras reactivas BM-Lactato.

Antes de punzar los dedos del pie de los atletas, éstos fueron limpiados con un algodón mojado en alcohol 90° y luego se recogieron ~25 µl de sangre. La prueba de sangre fue colocada directamente en las tiras para el lactato y para la glucosa usando la misma lanceta.

#### **Saturación Periférica Sanguínea y Frecuencia Cardíaca**

La saturación del oxígeno periférico (SpO<sub>2</sub>) se estableció utilizando un oxímetro (Dixtal Superbright-DX Modelo 2455, Philips, The Netherlands) con el sensor posicionado en el tercer dedo de la mano derecha. Al mismo tiempo, también se determinó la frecuencia cardíaca (FC). Los dispositivos tienen un receptáculo para acomodar la porción distal del dedo, con un lado que tiene una fuente de luz - que consiste en dos fotoemisores (LED) - y otro lado con un fotodetector. Un LED emite luz roja (λ660 nm) y el otro, luz infrarroja (λ940 nm) (1).

## Procedimientos

La concentración de lactato, la glucosa sanguínea, la SpO<sub>2</sub>, y la FC fueron determinadas 1 hora antes del comienzo de la carrera e inmediatamente después de finalizada ésta, aquí se determinó el promedio de la velocidad y el ritmo del paso de los participantes.

### Promedio de Velocidad y Paso

La verificación del ritmo del paso de los atletas fue hecha por kilómetros recorridos utilizando los resultados de la competencia y el equipo Chiping colocado en los zapatos de los corredores. El promedio de velocidad durante la carrera fue calculado entre el tiempo total de la culminación de la prueba vs. la distancia convertida en m·seg<sup>-1</sup>.

### Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el Paquete de Estadísticas para Ciencias Sociales (SPSS) versión 20.0. Se usaron medidas de tendencia central, promedio  $\pm$  derivación estándar. Para verificar la normalidad de las variables, se utilizó el test Shapiro-Wilk, establecido el tamaño de la muestra. Para la verificación de posibles diferencias entre los grupos, utilizamos el ANOVA (bilateral) y el *post hoc* Bonferroni. Para comprobar la magnitud del efecto, se utilizó el test Cohen f<sup>2</sup>. Los puntos límite de 0.02 a 0.15 fueron adoptados como efecto pequeño, de 0.15 a 0.35 como mediano, y mayor a 0.35 como grande, la importancia estadística fue establecida en P<0.05.

## RESULTADOS

La tabla 1 muestra las variables evaluadas (glucosa, lactato, FC, y SpO<sub>2</sub>). Los valores mostrados en la tabla corresponden a los resultados obtenidos en el pre y el post trial running.

**Tabla 1.** Niveles de Glucosa Sanguínea, Lactato, FC, y SpO<sub>2</sub>% promedio  $\pm$  DE Respuestas de los Tests de Trail Running de 21km y 5km

	<b>G21 km-pre</b>	<b>G5 km-pre</b>	<b>G21 km-post</b>	<b>G5 km-post</b>	<b>f<sup>2</sup>Cohen</b>
<b>Lactato(mmol·L<sup>-1</sup>)</b>	3.3 $\pm$ 2.3	2.8 $\pm$ 1.6	5.3 $\pm$ 1.4#	10.5 $\pm$ 1.31*&Ω	0.352
<b>Glucosa(mg·dL<sup>-1</sup>)</b>	93.9 $\pm$ 14.3	95.0 $\pm$ 10.2	103.3 $\pm$ 24	119.1 $\pm$ 51	0.042
<b>FC(latidos·min<sup>-1</sup>)</b>	75.7 $\pm$ 10.3	77.7 $\pm$ 8.4	127.2 $\pm$ 13*Ω	140.2 $\pm$ 17.0#&	0.412
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	89.1 $\pm$ 22.6	87.8 $\pm$ 16.0	96.9 $\pm$ 1.9	97.3 $\pm$ 0.4	0.012

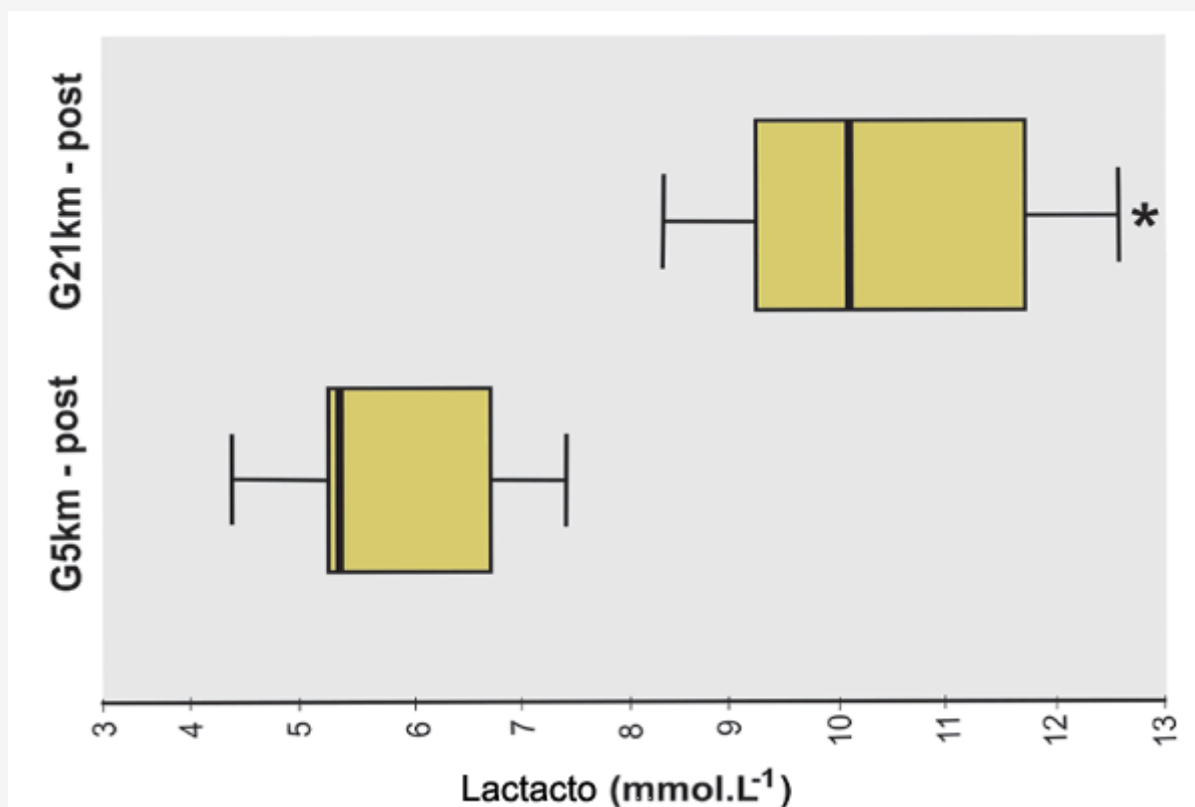
Lactato \*post 5km vs. pre 21km P<0.001; #post 21km vs. pre 5km P=0.018; &post 5km vs. pre 5km P<0.001; Ωpost 5km vs. post 21km P<0.001; HR \*post 21km vs. pre 21km P<0.001; #post 5km vs. pre 21km P<0.001; Ωpost 21km vs. pre 5km P<0.001; &post 5km vs. pre 5km P<0.001

La tabla 2 muestra los valores del promedio de velocidad y paso de los sujetos. Estadísticamente se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre las variables lactato y FC.

**Tabla 2.** Promedio de velocidad y Paso durante las pruebas de Trail Running de 21km y 5km.

	G21km	G5km	P	f <sup>2</sup> Cohen
Velocidad(m·sec <sup>-1</sup> )	1.66 ± 0.3	1.47 ± 0.1	0.041	0.157
Paso(min)	10:20 ± 1:59	11:20 ± 1:05	0.035	0.178

La figura 1 muestra el lactato sanguíneo y los valores antes y después del test de 21km y 5km de la competencia de trail running.



**Figura 1.** Lactato Post-Competencia de los Tests de Trail Running de 21km y 5km. \*Post 5km vs. post 21km  $P < 0.001$ .

## DISCUSIÓN

Este estudio examinó pronósticos del rendimiento de sujetos durante el Trail Running, referidos al ambiente competitivo esperado que los umbrales anaeróbicos en ambos grupos realizaría al final de la carrera (12). También se esperaba que la carrera representara la máxima demanda y estrés en los sujetos durante la competencia (17).

Para medir la máxima demanda y estrés de los sujetos, se determinó la concentración de lactato. Se encontró que la concentración de lactato en ambos grupos fue mayor a 4 mmol·L<sup>-1</sup>, la cual fue estadísticamente significativa comparada con el G5km pre y post condiciones de prueba ( $2.8 \pm 1.6$  vs.  $10.5 \pm 1.31$   $P < 0.001$ ). Aunque la concentración de lactato del G21km fue por encima del umbral anaeróbico al final de la carrera, la misma fue menor comparada con el G5km ( $5.3 \pm 1.4$  vs.  $10.5 \pm 1.31$   $P < 0.001$ ).

Si bien las concentraciones de lactato concuerdan con estudios previos (7, 11) en atletas de larga distancia es evidente que la respuesta de lactato de los sujetos durante la competencia de 21km (20) ocurrió independientemente del nivel de dificultad presentado por la distancia y la altura de >700 m. Además, dada la diferencia en la concentración de lactato post prueba, el hecho de que el G5km produzca una concentración más alta está vinculado al entrenamiento que fue reforzado

por el promedio de velocidad y el ritmo del paso en ambos grupos. La velocidad utilizada durante la carrera es directamente proporcional a la distancia de la carrera. El G5km mostró un 76% de velocidad más baja, lo que es una característica amateur estimada para este grupo.

Desafortunadamente, este estudio no aclaró las mediciones del umbral aeróbico medido por el índice de glucemia porque su determinación está sujeta a una modificación del índice que ocurre durante el ejercicio y que está estimulada por la regulación hormonal. Mientras se realiza la actividad física en sí misma, la adrenalina es responsable de la glucógenolisis en respuesta al estímulo como así también de la producción de lactato (19).

Una limitación en este estudio es la carencia de control en el uso de gel de hidratos de carbono, el cual es comúnmente utilizado por los corredores (dado los factores que influyen en el comportamiento del índice glucémico) (6,22). En el post test la FC tenía que ser mayor que la pre-condición, siguiendo así un patrón normal del sistema cardiovascular en relación al ajuste autónomo durante la práctica deportiva (3,4). Hubo un aumento del 55% en la post prueba para el G5km y un 59% para G21km, mientras que no hubo diferencia en la FC comparada con las condiciones post G21km vs. post G5km.

Con respecto a la SpO2 los sujetos no fueron propensos a la hipoxia inducida propia del volumen de ejercicio y altura de los caminos, pero hay estudios contradictorios que han identificado un descenso (2, 18) sugiriendo nuevos estudios con metodologías aplicadas en diferentes alturas. Astrand (2) mostró que la SpO2 podría caer por debajo del 95% sin una correspondiente reducción en la presión de oxígeno (PO2). A alturas elevadas, la PO2 alveolar es más baja y puede influir negativamente en la saturación arterial, la cual es ayudada por el descenso en el pH y el aumento en la presión de dióxido de carbono (pCO2) y la temperatura. La caída del %SpO2 por debajo de los niveles normales está relacionada con el descenso en la capacidad de transportar el oxígeno de la sangre, que también es un factor limitante en el rendimiento del ejercicio de resistencia (15). Este hecho no fue abordado en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

---

Mientras que no estuvo bien definida la clase de individuos que participaron en estas competiciones, ahora está claro que los sujetos de los 5km y los 21km son predominantemente atletas recreativos adultos. Otro punto observado muy importante es que los 5km resultaron ser mucho más intensos con un aumento en el lactato sanguíneo y la FC por encima de los valores detectados en los 21km.

**Dirección de correo:** Alexandre Reis Pires Ferreira - CidadeUniversitária Prof. José Aloísio de Campos - Avenida Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elze - CEP 49100-000 - São Cristóvão/SE - (79) 99873-7395, Email: [alexandrerp92@gmail.com](mailto:alexandrerp92@gmail.com)

## REFERENCIAS

---

1. Alexander CM, Teller IE, Gross JB. (1989). Principles of pulse oximetry: Theoretical and practical considerations. *Anaesth Analg.* 68:368-376.
2. Åstrand PO, Kaare R. (1987). Work Physiology: Physiological Bases of Exercises. *McGraw-Hill Book Company*
3. Aubert AE, Seps B, Beckers F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 33 (12):889-919.
4. Borresen J, Lambert MI. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sport Med.* 38(8):633-646.
5. Castagna C, Impellizzeri FM, Chauachi A, Manzi V. (2013). Pre-season variations in aerobic fitness and performance in elite standard soccer players: A team-study. *J Strength Cond Res.* 27(11):2959-2965.
6. Chen YJ, Wong SH, Wong CK, Lam CW, Huang YJ, Siu PM. (2008). Effect of pre-exercise meals with different glycemic indices and loads on metabolic responses and endurance running. *Int J Sport NutrExercMetab.* 18(3):281-300.
7. Costill DL, Daniels J, Evans W, Fink W, Krahenbuhl G, Saltin B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *J ApplPhysiol.* 40(2):149-154.
8. De Assis Pereira PE, Piubelli Carrara VK, Mello Rissato G, Pereira Duarte JM, Guerra RL, Silva Marques de Azevedo PH. (2015). The relationship between the heart rate deflection point test and maximal lactate steady state. *J Sports Med Phys Fitness.* 11:124-128.
9. Easthope CS, Hausswirth C, Louis J, et al. (2010). Effects of a trail running competition on muscular performance and efficiency in well-trained young and master athletes. *Eur J Appl Physiol.* 6(110):1107-1116.
10. Faude O, Kindermann W, Meyer T. (2009). Lactate threshold concepts: How valid are they? *Sports Med.* 39:469-490.
11. Gaesser GA, Poole DC. (1988). Blood lactate during exercise: Time course of training adaptation in humans. *Int J SportsMed.*

9:284-288.

12. Garnacho-Castaño MV, Dominguez R, Maté-Muñoz JL. (2015). Understanding the meaning of lactate threshold in resistance exercises. *Int J Sports Med.* 12:132-137.
13. Hanley B. (2014). Senior men's pacing profiles at the IAAF World Cross Country Championships. *J Sports Sci.* 32(11):1060-1065.
14. Hoffman MD, Ong JC, Wang G. (2010). Historical analysis of participation in 161 km ultramarathons in North America. *Int J Hist Sport.* 27(11):1877-1891.
15. Hughson RL, Kowalchuk JM. (1995). Kinetics of oxygen uptake for submaximal exercise in hyperoxia, normoxia, and hypoxemia. *Can J Appl Physiol.* 20(2):198-210.
16. Jones AM, Carter H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med.* 29(6):373-386.
17. Millet GY, Lepers R, Maffiuletti NA, Babault N, Martin V, Lattier G. (2002). Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. *J Appl Physiol.* 92(2):486-492.
18. Mucci P. (2004). Evidence of exercise-induced O<sub>2</sub> arterial desaturation in non-elite sportsmen and sportswomen following high-intensity interval-training. *Int J Sports Med.* 25 (1):6-13.
19. Simões HG, Grubert Campbell e Colaboradores CS. (1999). Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J ApplPhysiolOccup Physiol.* 80:34-40.
20. Stevenson RW, Mitchell DR, Hendrick GK, Rainey R, Cherrington AD, Frizzell RT. (1987). Lactate as substrate for glycogen resynthesis after exercise. *J Appl Physiol.* 62 (6):2237-2240.
21. Thompson LV. (2009). Age-related muscle dysfunction. *ExpGerontol.* 44(1-2):106-111.
22. Wu CL, Williams C. (2006). A low glycemic index meal before exercise improves endurance running capacity in men. *Int J Sport NutrExercMetab.* 16(5):510-527.
23. Zander R, Mertzluft F. (1990). Oxygen parameters of blood: Definitions and symbols. *Scand J Lab Invest.* 50:187-196.