Monograph

Efecto de la Hora del Día sobre la Relación entre el Umbral de Lactato y el Umbral Ventilatorio: Un Breve Reporte

Hakan Gür[1], Ufuk Şekir[1] y Fadıl Özyener[2]

[1]*Medical Faculty of Uludag University, Department of Sports Medicine, Bursa, Turkey.*
[2]*Medical Faculty of Uludag University, Department of Physiology, Bursa, Turkey.*

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue estudiar el efecto de la hora del día sobre la relación entre el umbral de lactato (LT) y el umbral ventilatorio (VT) del consumo de oxígeno pulmonar (VO_2). Siete hombres moderadamente activos (26.3 ± 3.0 años, 1.74 ± 0.08 m, 76 ± 5 kg) se ofrecieron como voluntarios para realizar un test progresivo máximo (incrementos de 30W cada 2 min) en un cicloergómetro en días consecutivos a las 0900h, 1400h y 1900h en orden aleatorio. El umbral anaeróbico se determinó utilizando tanto análisis de gases sanguíneos como mediciones del lactato sanguíneo. Cada una de las siguientes variables se recolectó tanto al VT como al LT: frecuencia cardíaca (HR, latidos/min), ventilación minuto (VE, L/min), índice de intercambio respiratorio (RER), tiempo hasta el umbral (Time, segundos), consumo de oxígeno (VO_2, mL/kg/min) y VO_2 como porcentaje del consumo máximo de oxígeno (%VO_2máx). Las correlaciones entre las variables del VT y del LT para cada hora del día fueron analizadas mediante la utilización del índice de correlación producto momento de Pearson. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA para comparar los datos obtenidos a diferentes horas del día. No se hallaron diferencias significativas para los datos en relación a la hora del día tanto para el análisis de los gases ventilatorios como para las mediciones del lactato. Los coeficientes de correlación entre las variables del VT y del LT fueron moderadas a altas (r = 0.56 – 0.94) para la hora del día. Sin embargo, las correlaciones para la HR, VO_2, y %VO_2máx (r = 0.81 – 0.94) fueron ligeramente mayores en comparación con el Time, VE y RER (r = 0.56 – 0.88). Se concluyó que, los datos del VT y del LT no están influenciados por la hora del día.

Palabras Clave: umbral anaeróbico, ciclo circadiano

INTRODUCCION

El incremento en el lactato sanguíneo, por encima de cierta intensidad de ejercicio, ha sido reconocido desde principios del siglo 20 (Douglas, 1927). Este incremento en el lactato también ha sido denominado umbral anaeróbico (AT) para indicar el nivel de consumo de O_2 pulmonar (VO_2) por encima del cual la producción de energía aeróbica es suplementada por mecanismos anaeróbicos (Beaver et al., 1986). De esta manera, el “umbral anaeróbico” (AT) es frecuentemente medido en los laboratorios de rendimiento humano para definir la capacidad de los atletas en ejercicios de resistencia.

Para determinar el umbral anaeróbico individual, en general se obtienen muestras de lactato sanguíneo en forma directa e invasiva, o a través de mediciones de parámetros respiratorios que pueden ser utilizados para detectar el "umbral ventilatorio" en forma no invasiva. Wasserman y McIlroy (1964) y Beaver et al (1986) describieron el umbral ventilatorio (VT) como un método no invasivo para determinar el umbral anaeróbico. Desde ese momento, los investigadores han utilizado ambos métodos, lactato sanguíneo (umbral de lactato, LT) y gases ventilatorios (umbral ventilatorio, VT), para definir la capacidad de resistencia de los atletas. Sin embargo, la relación entre estos dos métodos todavía es controversial (Loat and Rhodes, 1993). Varios investigadores han examinado la relación entre el VT y el LT bajo diferentes condiciones tales como en condiciones de depleción glucogénica (Neary et al., 1985) y con sujetos con diferentes estatus de entrenamiento (Poole and Gaesser, 1985; Burke et al., 1994), y se ha reportado que la relación podría ser causal o coincidencial; i.e., el LT y el VT pueden coincidir a una determinada carga de trabajo, pero uno no necesariamente causa el otro – e.g., los pacientes con enfermedad de McArdle (Gaesser and Poole, 1986; Loat and Rhodes, 1993).

Si bien previamente se han reportado los efectos de la hora del día sobre la cinética del VO_2 (Hill, 1996) y de la respuesta del lactato durante ejercicios máximos (Deschenes et al., 1998), no es claro cual es el efecto de la hora del día sobre la relación entre la respuesta del umbral ventilatorio y del umbral de lactato. Por lo tanto, algunas de las contradicciones acerca de la relación entre el VT y el LT observada en estudios previos podrían estar relacionadas con la hora del día seleccionada para llevar a cabo estos estudios. El propósito del presente estudio fue investigar el efecto de la hora del día sobre la relación entre las mediciones realizadas al VT comparadas con las realizadas al LT.

METODOS

Sujetos

Siete hombres moderadamente activos [media (±DE), edad, 26.3 (3.0) años; talla, 1.74 (0.08) metros; masa corporal, 76 (5) kg; masa grasa, 15.7 (4.3) %; consumo máximo de oxígeno, 42.2 (4.2) mL/kg/min] fueron voluntarios para participar en el presente estudio. Luego de ser informados acerca del estudio y de los procedimientos de evaluación, y de cualquier posible riesgo y disconfort que pudiera resultar, los sujetos dieron su consentimiento por escrito de acuerdo con la Declaración de Helsinki (WMADH, 2000)

Diseño Experimental

Cada voluntario realizó las evaluaciones a las 09:00 horas, 14:00 horas y 19:00 horas en orden aleatorio. Al menos 48 horas separaron dos tests planificados para la misma hora del día, y se les pidió a los sujetos que evitaran realizar ejercicios por un mínimo de 24 horas antes de las evaluaciones. En el período de 3 horas previas al arribo de los sujetos al laboratorio los voluntarios consumieron solo agua, y durante el período del estudio los sujetos no reportaron alteraciones en sus hábitos normales de sueño. Cada sujeto completo todas las sesiones de evaluación en un período de 7-10 días.

Evaluaciones y Mediciones

Antes de la primera sesión de evaluación se determinó la masa corporal, la talla y la composición corporal de cada sujeto (Womersley and Durnin, 1974). Durante cada sesión de evaluación, los sujetos arribaron al laboratorio 30 min antes de la hora establecida para la cicloergometría. Luego de descansar en posición supina durante 20 minutos, se midió la temperatura de los sujetos por vía oral y la frecuencia cardíaca de reposo. Posteriormente los sujetos se mantuvieron sentados en reposo durante los 10 minutos precedentes a la evaluación, momento en el cual se recolectaron muestras sanguíneas en la yema de uno de los dedos, para medir la concentración de lactato sanguíneo de reposo.

Todos los sujetos realizaron un test progresivo máximo en cicloergómetro luego de realizar una entrada en calor de 5 minutos (Monark 814E, Sweden) a 60 watts (W). La carga de trabajo durante el test máximo se incrementó en 30 W cada 2 minutos desde una carga inicial de 30W y hasta el agotamiento volitivo. Los sujetos fueron instruidos para que mantuvieran una frecuencia de pedaleo lo más próxima a las 60 rpm como les fuera posible, siendo la frecuencia de pedaleo real medida en todos los tests de 60 ± 3 rpm. Cuando la frecuencia de pedaleo se reducía hasta 55 rpm, los sujetos eran estimulados para que mantuvieran la frecuencia requerida. Si un sujeto no podía sostener las rpm requeridas el test se daba por finalizado. La frecuencia cardíaca se registró en forma continua mediante la colocación de 4 electrodos en el pecho del sujeto y fue monitoreada mediante el uso de un osciloscopio (Cardiovit, Switzerland). Durante todos los test, se midieron los parámetros ventilatorios "respiración por respiración" utilizando un analizador metabólico (SensorMedics 2900C system, USA). Los criterios utilizados para determinar que un sujeto había alcanzado su VO_2máx fueron: una frecuencia cardíaca dentro de los ± 10 latidos/min de la frecuencia cardíaca máxima estimada para la edad (220 – edad en años), un valor de VE/VO_2 cercano a los 30 L/min y un índice de intercambio respiratorio (RER) mayor a 1.15. Los sujetos

también expresaron el nivel de dificultad relativo del ejercicio a intervalos regulares para lo cual se utilizó la escala de Borg.

Las muestras sanguíneas se recolectaron en las yemas de los dedos de los sujetos tanto en reposo como durante los últimos 60 segundos de cada etapa de los tests máximos. Las concentraciones de lactato sanguíneo se determinaron utilizando el análisis de lactato con tiras reactivas (Boehringer Mannheim, Germany) en un analizador Accusport (AccuSport, Boehringer Mannheim, Germany).

Determinación del Umbral de Lactato y del Umbral Ventilatorio

El umbral de lactato fue determinado en forma individual para cada sujeto por el método descrito por Beaver et al (1985). El umbral ventilatorio fue determinado individualmente para cada sujeto utilizando el método de la pendiente en V (*V-slope*) (Beaver et al., 1986) y mediante la utilización de otras gráficas estándar tal como lo describieran Whipp et al (1986). Se pidió que un observador experimentado confirmara los valores para ambos métodos. Además, en caso de desacuerdo se consultó a un segundo investigador independiente. Los resultados de un sujeto representativo se presentan en la Figura 1.

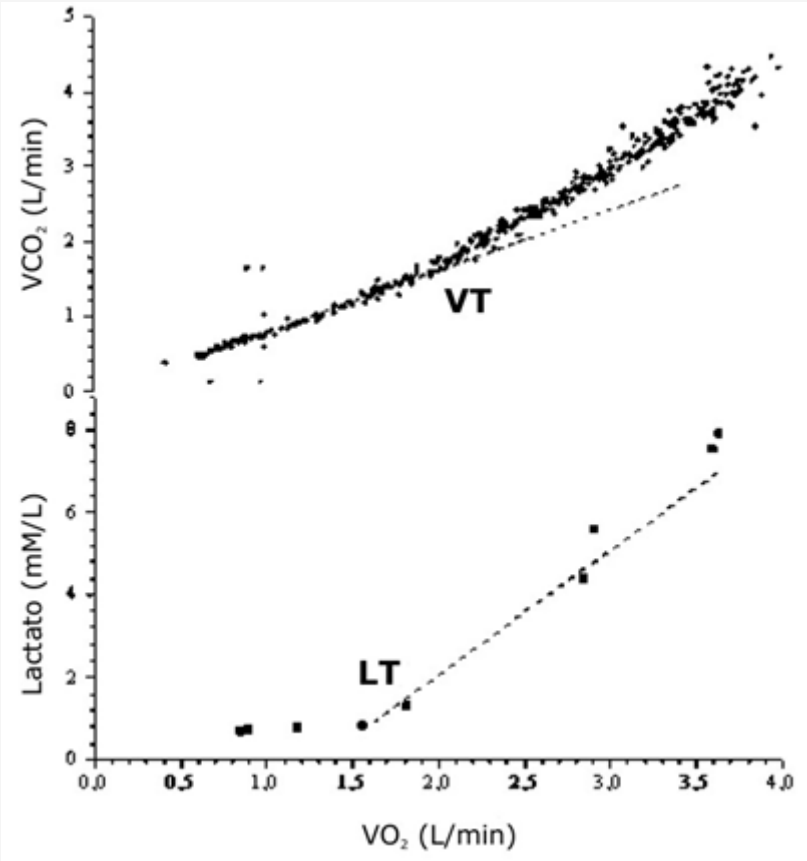

Figura 1. *Ejemplo representativo de la determinación del umbral ventilatorio (VT) y del umbral de lactato (LT)*

Durante cada prueba se registraron las siguientes variables tanto al VT como al LT; frecuencia cardíaca (HR; latidos/min), ventilación minuto (VE, L/min), índice de intercambio respiratorio (VO_2/VCO_2, RER), tiempo hasta el umbral (Time, segundos), consumo de oxígeno (VO_2, mL/kg/min) y VO_2 como porcentaje del VO_2máx (%VO_2máx).

Análisis Estadísticos

Las variables al LT y al VT fueron comparadas utilizando la prueba t de Student para muestras apareadas. También se calcularon los coeficientes de correlación entre ambas variables para cada hora del día utilizando la Matriz de Correlación Producto Momento de Pearson. Para comparar los datos obtenidos a las diferentes horas del día se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía para medidas repetidas con comparaciones *post hoc* de Tukey. La significancia estadística se aceptó a $p<0.05$.

RESULTADOS

Los datos obtenidos durante los tests máximos se muestran en la Tabla 1. Estos datos son valores calculados al VT y al LT. De acuerdo con los resultados del análisis de varianza ANOVA, no hubo diferencias significativas entre las diferentes horas del día respecto de estas variables tanto para el VT como para el LT. Sin embargo, los valores para las mismas variables calculadas por dos métodos fueron significativamente diferentes cuando se evaluaron las diferencias mediante la prueba t entre las horas 0900, 1400 y 1900. Las correlaciones entre el VT y el LT fueron moderadas respecto del tiempo del ejercicio hasta el umbral, el RER, la VE y el %VO_2 máx, y fueron moderadas a altas para la frecuencia cardíaca y el VO_2 (Tabla 2). Sin embargo, la fortaleza de las correlaciones no estuvo influenciada por la hora del día, excepto para al VE a las 1900 horas y para el tiempo hasta el umbral a las 1400. La temperatura corporal registrada por vía oral a las 0900 (36.6 ± 0.2° C) fue significativamente menor que la temperatura a las 1400 (36.9 ± 0.2° C, $p<0.05$) y a las 1900 (37.0 ± 0.3° C, $p<0.01$)

Variables	09:00 horas		14:00 horas		19:00 horas	
	VT	LT	VT	LT	VT	LT
Time (seg)	717 (79)	448 (121)b	660 (78)	410 (130)b	618 (100)	404 (85)b
HR (lat/min)	166 (14)	144 (17)b	159 (13)	141 (15)b	152 (16)	137 (13)b
VE (L/min)	62 (7)	48 (9)b	58 (8)	46 (6)b	58 (6)	48 (6)b
RER	1.07 (0.02)	1.02 (0.02)b	1.07 (0.03)	1.01 (0.05)a	1.07 (0.04)	1.01 (0.02)a
VO_2 (mL/min)	2186 (358)	1792 (417)b	2066 (301)	1671 (277)b	2005 (248)	1681 (181)b
%VO_2máx	68 (6)	56 (10)b	64 (5)	52 (8)b	63 (6)	52 (6)b

Tabla 1. *Resultados de las variables relacionadas al umbral ventilatorio (VT) y al umbral de lactato (LT) a diferentes horas del día. Los valores son medias (DE). a y b denotan $p<0.01$ y $p<0.001$, respectivamente, para las pruebas t para muestras apareadas entre el VT y el LT. No se hallaron diferencias significativas entre las diferentes horas del día cuando se utilizó el análisis de varianza, ANOVA. HR = frecuencia cardíaca, VE = ventilación minuto, RER = índice de intercambio respiratorio, % VO_2máx = VO_2 relativo al VO_2máx.*

DISCUSION

Los datos demostraron un efecto significativo de la hora del día sobre la temperatura corporal pre ejercicio registrada por vía oral, la cual se incrementó progresivamente en las tres horas medidas. Estos resultados no son sorprendentes debido a que en la literatura científica se han reportado incrementos graduales en la temperatura de reposo a medida que pasan las horas del día (Reilly and Brooks, 1990; Reilly, 1990). Los datos también demuestran que las variables seleccionadas al LT y al VT no fueron influenciadas por la hora del día. Estos datos son consistentes con reportes previos acerca de la frecuencia cardíaca (Cohen, 1980), VO_2, VCO_2, VE y RER (Reilly and Brooks, 1990) medidas durante tests máximos progresivos. Recientemente, Deschenes et al (1998) también reportaron que los valores de VO_2, VE y frecuencia cardíaca obtenidos en el punto medio de un test máximo progresivo no mostraron variaciones entre las horas 0800, 1200, 1600 y 2000. Sin embargo, en el presente estudio los valores de estas variables al umbral fueron significativamente diferentes cuando se calcularon con dos métodos diferentes a la misma hora del día. Chicharro et al (1997) también investigaron la relación entre el LT y el VT durante un protocolo de ejercicio en rampa llevado a cabo en un cicloergómetro con 39 hombres entrenados. Sin embargo, estos autores no presentaron datos acerca de la hora del día en que se llevaron a cabo los tests de forma tal de que pudieran compararse con los del presente estudio. En este estudio se halló que los valores medios del VT y del LT expresados en relación a la frecuencia cardíaca, carga de trabajo y VO_2 fueron significativamente diferentes.

Variable	09:00 h	14:00 h	19:00 h
Time (s)	0.62	0.77*	0.70
HR (latidos/min)	0.90**	0.92**	0.94**
VE (L/min)	0.71	0.74	0.88**
RER	0.59	0.69	0.56
VO_2 (mL/min)	0.88**	0.82*	0.89**
%VO_2máx	0.81*	0.85*	0.76*

Tabla 2. *Coeficientes de correlación (r) entre los umbrales ventilatorio y de lactato a las diferentes horas del día. *p<0.05, **p<0.01. HR = frecuencia cardíaca, VE = ventilación minuto, RER = índice de intercambio respiratorio, % VO_2máx = VO_2 relativo al VO_2máx.*

Los resultados del presente estudio presentados en la Tabla 1 también indican que la concentración de lactato sanguíneo se incremento posteriormente al aumento en la VE y en el VO_2 durante el ejercicio de intensidad progresiva en todas las horas del día evaluadas, lo cual nos lleva a sugerir que la respuesta ventilatoria al ejercicio es disparada por la acumulación de lactato en sangre. También indica que la hora del día no tiene influencia en este proceso.

La fortaleza de los coeficientes de correlación entre el LT y el VT observados en el presente estudio fue menor que la observada en estudios previos, VO_2 (r=0.82-0.89 en el presente estudio vs r=0.94 en el estudio de Reinhard et al, 1979), y %VO_2 máx (r = 0.76 – 0.85 en el presente estudio vs r = 0.95 en el estudio de Davis et al, 1976). Las diferencias entre los estudios pueden estar relacionadas con los protocolos de evaluación, los antecedentes de entrenamiento de los sujetos o con el sitio de recolección de las muestras de sangre.

CONCLUSION

A partir de los resultados de esta investigación es aparente que: (1) los valores de las variables seleccionadas y relacionadas con el umbral calculado mediante dos métodos no son influenciadas por la hora del día, (2) la fortaleza de las correlaciones entre el VT y el LT fue mayor para la frecuencia cardíaca y el VO_2 y la fortaleza de las correlaciones no fue influenciada por la hora del día, y (3) los valores de las variables seleccionadas fueron significativamente diferentes entre el VT y el LT para todos las horas utilizadas en el presente estudio.

Dirección para el envío de correspondencia: Dr. Ufuk Şekir Medical Faculty of Uludag University, Department of Sports Medicine, 16059-Bursa, Turkey

REFERENCIAS

1. Beaver, W.L., Wasserman, K. and Whipp, B.J (1985). Improved detection of the lactate threshold during exercise using log-log transformation. *Journal of Applied Physioogyl 59: 1936-1940*
2. 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: 2020-2027*
3. Burke, J., Thayer, R., Belcamino, M (1994). Comparison of effects of two interval-traning programs on lactate and ventilatory thresholds. *British Journal of Sports Medicine 28: 18-21*
4. Chicharro, J.L., Perez, M., Vaquero, A.F., Lucia, A. and Legido, J.C (1997). Lactic threshold vs ventilatory threshold during a ramp test on a cycle. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 37: 117-121*
5. Cohen, C.J (1980). Human circadian rhythms in heart rate response to a maximal exercise stress. *Ergonomics 23: 591-595*
6. Davis, J.A., Vodak, P., Wilmore, J., Vodak, J. and Kurtz, P (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology 41: 544-550*
7. Deschenes, M.R., Sharma, J.V., Brittingham, K.T., Casa, D.J., Armstrong, L.E. and Maresh, C.M (1998). Chronobiological effects on exercise performance. *Journal of Applied Physiology 77: 249-256*
8. Douglas, C.G (1927). Respiration and circulation with variations in bodily activity. *Lancet 1: 213-218, 265-269*
9. Gaesser, G.A. and Poole, D.C (1986). Lactate and ventilatory thresholds: disparity in time course of adaptations to training. *Journal of Applied Physiology 61: 999-1004*
10. Hill, D.W (1960). Effect of time of day on aerobic power in exhaustive high-intensity exercise. *Journal of Sports Medicine and*

Physical Fitness 36: 155-60
11. Loat, C.E.R. and Rhodes, E.C (1993). Relationship between the lactate and ventilatory thresholds during prolonged exercise. *Sports Medicine 15: 104-115*
12. Neary, M., McDougall, J.D (1985). The relationship between lactate and ventilatory thresholds: coincidental or cause and effect?. *European Journal of Applied Physiology 54:104-108*
13. Poole, D.C. and Gaesser, G.A (1985). Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. *Journal of Applied Physiology 58: 1115-1121*
14. Reilly, T (1990). Human circadian rhythms and exercise. *Biomedical Engineering 18:165-180*
15. Reilly, T. and Brooks, G.A (1992). Investigation of circadian rhythms in metabolic responses to exercise. *Ergonomics 25: 1093-1107*
16. Reilly, T. and Brooks, G.A (1990). Selective persistente of circadian rhythms in physiological responses to exercise. *Chronobiology International 7: 59-67*
17. Reinhard, U., Muller, P.H., Schmulling, R.M (1979). Determination of anaerobic threshold by ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration 38: 36-42*
18. Washington, R.L (1999). Cardiorespiratory testing: Anaerobic threshold/respiratory threshold. *Pediatric Cardiology 20: 12-15*
19. Wasserman, K. and McIlroy, M.B (1964). Detecting the threshold of anaerobic threshold in cardiac patients during exercise. *American Journal of Cardiology 14: 844-852*
20. Whipp, B.J., Ward, S.A. and Wasserman, K (1986). Respiratory markers of the anaerobic threshold. *Advanced Cardiology 35: 47-64*
21. Wommersly, J. and Durnin, J.V.G.A (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skin fold thickness: measurement on 481 men and women aged from 16-72 years. *British Journal of Nutrition 32: 77-79.*
22. WMADH (2000). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of the American Medical Association 20: 3043-3045*

Cita Original

Ufuk Şekir, Fadıl Özyener, Hakan Gür, Effect Of Time Of Day On The Relationship Between Lactate And Ventilatory Thresholds: A Brief Report. Journal of Sports Science and Medicine (2002) 1, 136-140