PubliCE, (PubliCE) 2005

Research

Implicaciones Metabólicas durante una Cicloergometría de Alta Intensidad para la Acumulación y el Clearance de Lactato

Bruce Davies[1], N. E Thomas[2] y J. S Baker[1]

[1]*Health and Exercise Science Research Unit, School of Applied Sciences, University of Glamorgan, Trefforest, Pontypridd, CF37 1DL, Wales, UK.*
[2]*School of Sport, Physical Education and Recreation, University of Wales Institute Cardiff, Cyncoed Rd, Cyncoed, Cardiff, Wales.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue investigar las diferencias en la acumulación de lactato en sangre luego de 10 y 20 segundos de ejercicio máximo en bicicleta ergométrica. Ocho sujetos varones realizaron dos protocolos de esprint máximo en bicicleta ergométrica, de 10 y 20 segundos de duración en orden aleatorio con una semana de separación. Se recolectaron por duplicado muestras de sangre (corregidas para los cambios en el volumen plasmático) en tubos capilares (lóbulo de la oreja), antes y a los 5 y 10 minutos posteriores al ejercicio. No se hallaron diferencias en las producciones pico de potencia entre las condiciones de 10 y 20s (981.3±114 vs. 990±96 Watts, respectivamente). Las producciones medias de potencia fueron mayores durante la prueba de 10s (620±114 vs. 539±96 Watts; $p<0.05$). Durante las pruebas de 10 y 20s los niveles de lactato medidos antes y a los 5 y 10 minutos luego del ejercicio fueron de 1.58±0.78, 4.43±1.4, y 3.5±1.2mmol/L vs. 1.72±0.65, 6.14±2, y 5.68±2.22mmol/L respectivamente. Se hallaron diferencias ($p<0.01$) entre el reposo, los 5 minutos y los 10 minutos post-ejercicio en ambos grupos. También se hallaron diferencias en la concentración de lactato entre los grupos en ambas etapas post-ejercicio ($p<0.05$). Los resultados indican que existen diferencias significativas en las concentraciones de lactato provocadas por los protocolos, durante la acumulación (5min) y el clearance (10min), pero que no existen diferencias significativas en la tasa de clearance. Los hallazgos también indican que los niveles de lactato sanguíneo se mantienen elevados luego de 10 minutos de haber finalizado el ejercicio para ambas condiciones experimentales.

Palabras Clave: producción de potencia, lactato sanguíneo, cicloergometría

INTRODUCCION

Es posible que los diseños de los programas de entrenamiento actuales no respeten correctamente los períodos de descanso/recuperación entre las series de entrenamiento. Como resultado, estos programas pueden desperdiciar sesiones de entrenamiento, debido a que los diseños de estos programas maximizan el sistema de energía glucolítico a expensas de ATP-PCr. El objetivo de este estudio fue investigar cualquier diferencia en la acumulación de lactato sanguíneo luego de 10

y 20s de ejercicio máximo en bicicleta ergométrica. Los hallazgos de este estudio pueden indicar que los intervalos de recuperación necesitan ser revisados si es requerida una recuperación metabólica completa durante fases específicas del entrenamiento.

METODOS

Ocho hombres saludables y físicamente activos fueron reclutados como sujetos. Todos los sujetos completaron un informe de consentimiento informado y un cuestionario acerca de su nivel de entrenamiento. Antes de comenzar con la recolección de los datos se les informó a los sujetos que podían abandonar los tests en cualquier momento y fueron completamente familiarizados con los procedimientos. El permiso ético para el estudio fue otorgado por el Comité de Ética de la Universidad de Glamorgan. Para evitar la depleción del glucógeno muscular, una hora antes de cada condición experimental los sujetos consumieron un desayuno estandarizado que consistió de dos tostadas y un vaso de agua. Las evaluaciones fueron realizadas a la misma hora del día por todos los sujetos comenzando a las 9 y terminando a las 11a.m. Los sujetos se reportaron al laboratorio en ayunas y se les instruyó para que después de la última cena el día anterior a las evaluaciones, consumieran solamente agua.

Protocolo del Test en Bicicleta Ergométrica

La bicicleta ergométrica (Monark 864) fue calibrada antes de la recolección de datos (8). Se utilizaron fuerzas de resistencia de 85g/kg, como lo recomienda la Asociación Británica de Ciencias del Deporte y el Ejercicio (British Association of Sport and Exercise Sciences) para la valoración del ejercicio de alta intensidad en deportistas (BASES 2000). En ambos tests se utilizó el mismo cicloergómetro. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente para realizar inicialmente o el protocolo de ejercicio de 10s o el protocolo de 20s. Cada sujeto retornó al laboratorio para realizar el test restante una semana después de la realización del primer test. Se ha observado que este período facilita la completa recuperación. Todos los sujetos eran físicamente activos, y estaban completamente familiarizados con los protocolos de evaluación y con el modo de ejercicio, con lo cual se minimizó el efecto potencial de la familiarización (10, 16). La altura del asiento se ajustó para que la rodilla alcanzara una posición de flexión parcial entre los 170º y los 175º (siendo los 180º la posición de extensión de la rodilla), durante la parte descendente del pedaleo. Los pies fueron sujetados firmemente a los pedales mediante punteras. Se les instruyó a los sujetos para que se mantuvieran sentados durante todo el test y fueron estimulados verbalmente para que rindieran al máximo en cada test. Todos los sujetos realizaron una entrada en calor estandarizada de 5 minutos antes de la recolección de los datos experimentales (25). Los sujetos pedalearon durante 5s a 60rpm antes de la aplicación de las fuerzas de resistencia. A la voz de “ya” los sujetos comenzaron a pedalear al máximo a la vez que se aplicaban de forma simultánea las fuerzas de resistencia, y en ese mismo momento se comenzaba con la recolección de los datos. Los índices de rendimiento se calcularon a partir de las revoluciones de la rueda utilizando un programa computarizado que corregía los valores por la inercia (8). Para la transferencia de los datos se utilizó un sensor y un suministro de corriente colocados en la horquilla del ergómetro opuesta a la rueda (8). La frecuencia de muestreo del sensor fue de 18.2Hz. Se ha reportado que la validez y la confiabilidad de la cicloergometría para evaluar la potencia de los músculos utilizando diferentes fuerzas resistivas y poblaciones es de r=0.83-0.98 (28). A cada sujeto se le monitoreo la frecuencia cardíaca antes y después del ejercicio utilizando un sistema telemétrico de corto alcance (Sport Tester 3000, Polar Electro Finlandia).

Terminología

Se registraron los siguientes índices de rendimiento de alta intensidad:

1. Producción pico de potencia (Watts). Valor más alto de potencia alcanzado durante cualquier período de 1s.
2. Producción media de potencia (Watts). Producción promedio de potencia durante los tests.
3. Índice de fatiga: es la reducción en la potencia desde el valor más alto al valor más bajo medidos durante el período de ejercicio.
4. Trabajo realizado (joules). Se define como la cantidad total de trabajo realizado durante el test.

Recolección de las Muestras de Sangre

Las muestras sanguíneas se recolectaron por duplicado y por el mismo investigador para intentar controlar las variaciones biológicas entre los sujetos (29). Para controlar los cambios en el volumen plasmático, todas las muestras de reposo fueron recolectadas luego de 30min de descanso en posición supina. Las muestras post-ejercicio fueron recolectadas con los sujetos colocados en posición supina en una camilla para minimizar de esta manera cualquier riesgo asociado al desfallecimiento de los sujetos. Este procedimiento fue utilizado para ambas condiciones experimentales. Además, las

muestras capilares fueron corregidas para los cambios en el volumen plasmático utilizando las ecuaciones de Dill y Costill (12). Las muestras se recolectaron en el lóbulo de la oreja derecha utilizando tubos capilares. Todas las muestras de sangre fueron analizadas inmediatamente después de la extracción. Las concentraciones de lactato en sangre fueron determinadas utilizando un analizador de lactato Analox (P-LM5 analox instruments). El hematócrito fue determinado utilizando un lector de microhematócrito Hawksley. El lector de hematócrito fue limpiado entre cada muestra utilizando hisopos para uso medicinal. La β-hemoglobina fue recolectada en un hemocue (Angelhome, Sweden) y medida con un fotómetro. El volumen de las células empaquetadas fue medido mediante la técnica de lectura microcapilar estándar, y corregido para el 1.5% de plasma atrapado entre los eritrocitos (11).

Análisis Estadísticos

Los datos fueron analizados utilizando estadística paramétrica con un programa estadístico (SPSS, Surrey Inglaterra). Se estableció la significancia a $p<0.05$. La fortaleza de los tests fue calculada al 95%. La confirmación de que todas las variables dependientes tenían una distribución normal fue valorada por medio de los tests de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias en los componentes de la potencia entre los tests fueron analizadas utilizando la prueba t de Student para muestras apareadas. Los cambios en las variables dependientes seleccionadas en función del tiempo (pre-ejercicio vs. 5min post- vs. 10min post-ejercicio) y la condición (10 vs. 20 segundos) fueron valorados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para mediciones repetidas. Luego de la determinación del efecto principal y de los efectos de interacción, se realizaron pruebas t con la corrección de Bonferroni para comparar a posteriori el efecto del tiempo en cada nivel del factor de condición. Para examinar el efecto de la condición en función del tiempo se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor y las comparaciones a posteriori se realizaron utilizando el test de Tukey de Diferencia Significativa.

RESULTADOS

Lactato Sanguíneo

Los valores medios para la edad, masa corporal y talla del grupo fueron 21.4±1.6 años, 82.57±9.94kg y 177±5.94cm respectivamente, habiéndose registrado estos valores antes de la realización de ejercicios. Los datos acerca del lactato sanguíneo se presentan en la Tabla 1.

Condición	Pre-ejercicio	5min Post-ejercicio	10 min Post-ejercicio
10s	1.58±0.78	4.43±1.4 * †	3.52±1.2 * †
20s	1.72±0.65	6.14±1.96 * †	5.68±1.3 * †

Tabla 1. *Concentraciones de lactato sanguíneo (mmol/L) medidas en tres momentos diferentes durante las dos condiciones experimentales. Todos los valores son presentados como medias±DE. † Diferencia significativa entre los grupos, p<0.05; * Diferencia significativa dentro de los grupos, p<0.05.*

No se observaron diferencias significativas entre los protocolos para las concentraciones de lactato previas al ejercicio. Los niveles de lactato sanguíneo se incrementaron significativamente desde el reposo hasta los 5min post-ejercicio, tanto con el protocolo de 10s como con el protocolo de 20s, y estos valores fueron mayores que los registrados a los 10min post-ejercicio. También se observaron diferencias significativas entre los grupos en las concentraciones de lactato de las muestras recolectadas a los 5min post-ejercicio, observándose los valores más altos luego del protocolo de 20s. Los niveles de lactato sanguíneo registrados a los 10min post-ejercicio fueron significativamente mayores que los valores de reposo para ambos protocolos, observándose las mayores concentraciones después del protocolo de 20 segundos. Se observaron diferencias en las concentraciones de lactato entre los 5min y los 10min post-ejercicio en ambos protocolos. No se registraron diferencias significativas en la tasa de remoción de lactato dentro de los grupos a los 5-10min post-ejercicio (0.91±0.58 vs. 0.46±0.48mmol/L, respectivamente). Los valores de lactato registrados en las muestras recolectadas a los 10min fueron más de dos veces mayores que los valores de reposo en el protocolo de 10s y fueron más de tres veces mayores que los valores registrados en las muestras recolectadas en reposo en el protocolo de 20s.

Resultados de los Tests en Bicicleta Ergométrica

No se registraron diferencias significativas entre las producciones pico de potencia entre las pruebas de 10 y 20 segundos (Tabla 2). Las producciones promedio de potencia fueron significativamente mayores durante la prueba de 10s (Tabla 2). Se observaron diferencias significativas entre las pruebas para el índice de fatiga y se registraron mayores valores durante el protocolo experimental de 20s (Tabla 2). El trabajo realizado fue también significativamente mayor durante la prueba de 20s (Tabla 2). No se registraron diferencias significativas entre las frecuencias cardíacas de ambos protocolos, medidas inmediatamente post-ejercicio (Tabla 2).

Condición	PPO (W)	MPO (W)	WD (J)	FI (%)	FC (latidos/min)
10s	981.3±114	620±114 †	6206±1143 †	19.3±8.62 †	168±8
20s	990±96	539±96 †	10785±1923 †	29.49±7.92 †	174±9

Tabla 2. *Resultados de los tests en bicicleta ergométrica mostrando la producción pico de potencia (PPO), la producción media de potencia (MPO), el trabajo realizado (WD), el índice de fatiga (FI) y las frecuencias cardíacas (FC inmediatamente post-ejercicio), para ambos protocolos. Todos los valores son presentados como medias±DE. † Diferencias significativas entre los grupos, p<0.05.*

DISCUSION

Los propósitos principales del estudio fueron investigar los efectos de la duración del ejercicio máximo sobre la acumulación y la remoción de lactato utilizando fuerzas de resistencia más altas que las experimentadas en estudios previos. Los resultados indicaron que el lactato se acumuló más rápidamente desde el reposo hasta los 5min post-ejercicio durante la prueba de 20 segundos. Aunque se observó una reducción en la concentración de lactato desde los 5 a los 10min post-ejercicio en ambas pruebas, no se observaron diferencias significativas en la tasa de remoción de lactato durante este mismo período. Esto puede deberse al hecho de que la contribución de la glucólisis en la generación de energía se incrementa cuando el ejercicio continúa mas allá de los ~6 segundos. El incremento observado puede ser el resultado de la reducción en la energía suministrada por las fuentes de fosfatos de alta energía (4, 7, 31).

No se hallaron diferencias significativas entre las pruebas para la PPO. La razón de esto puede ser que durante ambas pruebas los mayores valores de potencia fueron registrados durante los segundos iniciales del ejercicio en donde las vías metabólicas del ATP y la PCr suministraron la mayor parte de la energía utilizada. Gollnick et al. (18) sugirieron que la acidosis metabólica que acompaña al ejercicio pesado es un proceso tanto no destructivo como autolimitante. Bogdanis et al. (4) examinaron la recuperación de los metabolitos musculares y la capacidad para generar potencia cuando se repetían ejercicios de esprint luego de 2 minutos de ejercicio después de haber completado esprints de 10 o 20 segundos. El estudio demostró que, inmediatamente después del ejercicio, los niveles de lactato eran significativamente mayores en la prueba de 20s en comparación con la prueba de 10 segundos. Luego de los 2min de recuperación los niveles de lactato sanguíneo se reducían significativamente después del esprint de 10 segundos. El estudio sugirió que la reducción en la producción de potencia podía estar relacionada con la reducción en la regeneración glucolítica del ATP, debido a la mayor acidosis muscular. Jacobs et al. (24) también hallaron un incremento significativo en la acumulación de lactato luego de la realización de 20 s de ejercicio máximo en comparación con la realización de 10 segundos. Sin embargo, estudios recientes tienen opiniones contradictorias, sugiriendo que la acumulación de lactato tiene poco efecto sobre el rendimiento en ejercicios máximos de corta duración.

Westerblad (36) halló que cuando se examinaban los efectos de la acidosis a la temperatura corporal en lugar de a temperatura ambiente, los efectos inhibitorios eran mínimos. Allen et al. (1) indicaron que durante la realización de ejercicios máximos de corta duración la acidosis láctica tiene poco efecto sobre la reducción en el rendimiento. Estos autores sugirieron que la degradación de la fosfocreatina, que resulta en la producción de iones fosfato deprime la función muscular por medio de la reducción en la sensibilidad de las proteínas contráctiles por el Ca2+, influenciando por lo tanto sobre la capacidad de las proteínas contráctiles para producir fuerza. Esta sugerencia fue respaldada por Bogdanis et al. (4) quienes demostraron que la diferencia significativa en los niveles de PCr resultaba en una reducción de la producción de potencia. Fujitsuka et al. (13) y Ohkuwa et al (27) hallaron correlaciones positivas entre las velocidades de carrera en distancias de 100-400 metros y las concentraciones pico de lactato. Hamilton (20) observó que los jugadores de deportes de equipo tienden a producir mayores picos de potencia y mayores velocidades pico que los atletas entrenados en resistencia. Los jugadores de deportes de equipo también mostraron una mayor declinación en la potencia en comparación con los atletas de resistencia, con valores de lactato significativamente mayores. Hamilton (20) también observó una correlación entre la velocidad pico y el pico de lactato sanguíneo. Durante el presente estudio los tres sujetos que

registraron los mayores picos de potencia y las mayores concentraciones de lactato a los 5min post-ejercicio luego de las dos condiciones experimentales eran jugadores de rugby, que jugaban en posiciones que requieren del desarrollo de la fuerza explosiva. Los mismos sujetos también entrenaban más regularmente en comparación con los demás sujetos del grupo. Este hallazgo sugiere que los sujetos que se entrenaban más regularmente, eran los más potentes y además tenían la mayor capacidad para producir las mayores concentraciones de lactato sanguíneo.

Gollnick et al. (18) sugirieron que la tasa de remoción de lactato puede estar asociada con la eficiencia metabólica individual. Gisolfi et al. (15) sugirieron que el mecanismo principal del clearance de lactato sanguíneo luego de la realización de ejercicios intensos es el incremento en el flujo sanguíneo muscular, asociado con el nivel de entrenamiento. Debido a que el entrenamiento induce un estado hipertónico y mejora el flujo sanguíneo a los músculos activos debido a la mayor densidad capilar, la oxidación intramuscular de lactato puede estar incrementada (5, 34). Por lo tanto el entrenamiento puede derivar en el incremento de la eficiencia metabólica para remover el lactato luego de la realización de ejercicios intensos.

Jacobs et al. (23) sugirieron que la respuesta del lactato al ejercicio de alta intensidad es un indicador sensible de la adaptación metabólica al entrenamiento de velocidad y que ambas variables están altamente correlacionadas. Esta sugerencia concuerda con los hallazgos de este estudio. Stallnecht et al. (33) sugirieron que el entrenamiento incrementa el clearance de lactato, ya que este refleja el incremento en la capacidad hepática para llevar a cabo gluconeogénesis, así como también el incremento en el transporte de lactato y en la capacidad oxidativa de los músculos. Sin embargo, la confiabilidad de las mediciones de lactato puede ser cuestionada. Tomlin et al. (35) sugirieron que aunque muchos estudios han mostrado una asociación entre la aptitud aeróbica y la tasa de remoción de lactato luego de la realización de ejercicios de alta intensidad, muchos de estos estudios han utilizado mediciones que pueden no representar completamente la aparición y el clearance de lactato en el músculo.

El tipo y la cantidad de fibras musculares presentes en los músculos activos también tendrán un impacto sobre el rendimiento anaeróbico, la acumulación de lactato y el clearance de lactato. En humanos, la mayoría de los músculos contienen una combinación de fibras de contracción lenta y rápida con las unidades motoras asociadas, y debido a que el reclutamiento sigue una secuencia ordenada, todos los tipos de fibras y los subtipos son reclutados durante una actividad intensa (4). La duración y la intensidad del ejercicio que se examina determinarán que tipos de fibras se seleccionaran primero. Debido al mayor número de miofilamentos presentes en las fibras rápidas glucolíticas, durante la realización de actividades intensas de corta duración se utilizan predominantemente estas fibras para producir contracciones musculares potentes. Sin embargo, la fatiga se instala rápidamente, debido a la depleción de PCr y al desequilibrio general en la reserva de nucleótidos de adenina. Cuando esto ocurre el rendimiento debe ser mantenido por medio de la mayor implicancia de las fibras lentas oxidativas. La resísintesis de ATP se vuelve más lenta, lo que resulta en contracciones prolongadas y la subsecuente reducción en el rendimiento de alta intensidad.

Greenhaff et al. (19) observaron que el contenido de PCr y de glucógeno era mayor en las fibras tipo II en comparación con las fibras tipo I. Billat et al. (3) observaron una importante relación entre las fibras tipo I y tipo II y el clearance de lactato. Este autor estableció que las fibras tipo I son más activas en la remoción de los subproductos del metabolismo en comparación con las fibras tipo II. Las tasas de remoción de lactato no fueron significativamente diferentes entre los protocolos de 10s y 20s. Sin embargo, se observaron mayores niveles de lactato sanguíneo luego del protocolo de 20s. Este hallazgo sugiere que este período de ejercicio requiere de un tiempo de recuperación mayor a los 10min, antes de que los niveles de lactato retornen a la concentración pre-ejercicio. Esto también fue cierto para el protocolo de 10s en donde los valores registrados a los 10min post-ejercicio fueron más de dos veces mayores a los valores registrados en reposo. Estos hallazgos deben ser considerados cuidadosamente por los entrenadores y los preparadores físicos. Si no se proporciona suficiente tiempo para que se produzca el clearance del lactato, la capacidad de rendimiento se verá reducida debido a los efectos de la acidosis muscular, lo cual puede resultar en rendimientos incompletos que se relacionan con la dinámica de la contracción muscular. También debe considerarse el tipo de recuperación utilizada. Cortes et al. (6) demostraron que la remoción de lactato se incrementa cuando los individuos realizan una recuperación activa al 17-45% del VO_2máx. Sellens et al. (30) y Cortes et al. (6) también observaron que el tiempo para lavar el lactato hasta la mitad de la concentración pico era significativamente mayor ($p<0.05$) con la utilización de recuperación pasiva en comparación con la recuperación activa utilizando bicicleta ergométrica o cinta rodante. Además, si no se respetan los índices correctos de recuperación/descanso durante el desarrollo de la capacidad de alta intensidad, entonces pueden verse comprometidos los objetivos de la respuesta de entrenamiento.

CONCLUSION

Las consecuencias de estos hallazgos tienen implicaciones de largo alcance. Los diseños actuales de programas de entrenamiento que no respeten los períodos correctos de descanso/recuperación entre las sesiones de entrenamiento pueden maximizar la utilización del sistema glucolítico a expensas del sistema del ATP-PCr. Esto puede resultar en entrenamientos desperdiciados con los cuales no se alcancen las metas y los objetivos específicos, produciendo adaptaciones del entrenamiento que no son las deseadas. Los hallazgos de este estudio indican claramente que las concentraciones de lactato sanguíneo medidas a los 10min post-ejercicio son al menos dos veces mayores que los valores observados en reposo, luego de la realización de ejercicios de alta intensidad de entre 10 y 20 segundos de duración. Los resultados de este estudio sugieren que es necesario revisar los intervalos de recuperación si se requiere de una recuperación metabólica completa durante fases específicas del entrenamiento. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para mostrar cualquier curso potencial en la cinética de recuperación del pH y del lactato dentro del músculo y la sangre.

Dirección para el envío de correspondencia

Julien S. Baker, Health and Exercise Science Research Laboratory, School of Applied Science, University of Glamorgan, Pontypridd, Wales, CF37 1DL. Teléfono: 01443 482972; Fax: 01443 482285; correo electrónico: jsbaker@glam.ac.uk

REFERENCIAS

1. Allen DG, Lannergren J, Westerblad H (2002). Intracellular ATP measured with luciferin/luciferase in isolated single mouse skeletal muscle fibres. *Pflugers Arch; 443: 836-42*
2. Bertocci LA, Gollnick PD (1985). PH effect on mitochondria and individual enzyme function. *Med Sci Sports Exer; 17: 244*
3. Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztein JP (2001). Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exer; 33: 2089-97*
4. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK, Boobis LH (1998). Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand; (3): 261-72*
5. Brooks GA (1986). Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during rest and exercise. *Fed Proc. 45 (13): 2924-9*
6. Cortes CW, Kreider RB, Al Amdalawi S (1989). Lactate clearance during active and passive recovery. *Annals of Sports Med. 4/1: 26-28*
7. Cheetham ME, Boobis LH, Brooks S, and Williams C (1986). Human muscle metabolism during sprint running. *Jour of Appl Physiol. 61: 54-60*
8. Coleman S (1996). Corrected Wingate Anaerobic Test. *Cranlea and Co, Sandpits Lane, Acacia Rd, Bournville, B'ham, U.K: 4-5*
9. Cunningham DA, Stapleton JJ, MacDonald IC, Paterson DH (1981). Daily energy expenditure of young boys as related to maximal aerobic power. *Can J Appl Sport Sci; (4): 207-11*
10. Cleary MA, Kimura IF, Sitler MR, Kendrick ZV (2002). Temporal pattern of the repeated bout effect of eccentric exercise on delayed-onset muscle soreness. *J of Athl Train; 31: 32-36*
11. Dacie JV and Lewis SM (1968). Practical haematology. *London, Churchill*
12. Dill DB, Costill DL (1974). Calculation of the percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells in dehydration. *J of Appl Physiol; 37: 247-248*
13. Fujitsuka N, Yamamoto T, Ohkuwa T, Saito M, Miyamura M (1982). Peak blood lactate after short periods of maximal treadmill running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 48 (3): 289-96*
14. Fukuba Y, Walsh ML, Morton RH, Cameron BJ, Kenny KJC, Banister EW (1999). Effect of endurance training on blood lactate clearance after maximal exercise. *J of Sports Sci; 17 (3): 239-248*
15. Gisolfi C, Robinson S, Turrell ES (1966). Effects of aerobic work performed during recovery from exhaustive work. *J Appl Physiol. 21:1767-1772*
16. Gleeson N, Eston R, Marginson V, McHugh M (2003). Effects of prior concentric training on eccentric exercise muscle damage. *Br J Sports Med. 37:119-125*
17. Gollnick PD (1982). Peripheral factors as limitations to exercise capacity. *Can J Appl Sport Sci; 7 (1): 14-21*
18. Gollnick PD, Bayly WM, Hodgson DR (1986). Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood. *Med Sci Sports Exerc; 18: 334-340*
19. Greenhaff PL, Timmons JA (1998). Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. *Exerc Sport Sci Rev. 26:1-30*
20. Hamilton AL, Nevill ME, Brooks S, Williams C (1991). Physiological responses to maximal intermittent exercise: difference between endurance trained runners and games players. *J of Sports Sci. 9 (4): 371-82*
21. Hirvonen J, Rehunen S, Rusko H, Haerkonen M (1987). Breakdown of high energy phosphate compounds and lactate accumulation

during short term supramaximal exercise. *Eur J of Appl PhysioL and Occu Physiol; 56 (3): 253-259*
22. Hultman E, Sjoholm H (1983). Energy metabolism and contraction force of human skeletal muscle in situ during electrical stimulation. *J Physiol; 345: 525-32*
23. Jacobs I (1986). Blood lactate, implications for training and sports performance. *Sports Med; 3: 10-25*
24. JacobsI, Tesch PA, Bar Or, Karlsson J, Dotan R (1983). Lactate in human skeletal muscle after 10 and 30 s of supramaximal exercise. *J of Appl Physiol; 55 (2): 365-7*
25. Jaskolska A, Goossens PB, Veenstra B, Jakolski A, Skinner JS (1999). Comparison of treadmill and cycle ergometer measurements of force - velocity relationships and power outputs. *Int J of Sports Med; 20: 92-197*
26. Karlsson J, and Saltin B (1971). Lactate, ATP and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *J of Appl Physiol; 29: 385*
27. Ohkuwa T, Kato Y, Katsumata K, Nakao T, Miyamura M (1984). Blood lactate and glycerol after 400-m and 3,000-m runs in sprint and long distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol; 53 (3): 213-8*
28. Patton J, Murphy M, Frederick F (1985). Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int J of Sports Med; 6: 82-5*
29. Reilly T, Brooks GA (1982). Investigation of circadian rhythms in metabolic responses to exercise. *Ergonomics; 25: 1093-1197*
30. Sellens M, and Altunsoy M (2002). Effect of exercise mode on blood lactate accumulation and clearance. *J of Sports Sci; (1): 57-58*
31. Smith JC, Hill DW (1991). Contribution of energy systems during a Wingate power test. *Brit J of Sports Med; 25 (4): 196-9*
32. Spencer MK, Katz A (1991). Role of glycogen in control of glycolysis and IMP formation in human muscleduring exercise. *Am J Physiol; 260: (6 Pt 1)*
33. Stallnecht B, Vissing J, Galbo H (1998). Lactate production and clearance in exercise: Effects of training. *Scan J of Med and Sci in Sports; 8 (3): 127-131*
34. Stanley JC, Dohm GL, McManus BS, Newsholme EA (1984). Activities of glucokinase and hexokinase in mammalian and avian livers. *J Biochem; 1; 224 (2): 667-71*
35. Tomlin DL, Wenger HA (2002). The relationship between aerobic fit. and recov. from high intensity intermittent exercise. *Sp. Med; 2001; 31 (1): 1-11. W. H, A. DG, L. J. Muscle fatigue: Lactic acid or inorg. phosphate the major cause?. News Physiol Sci; 17: 17-21*

Cita Original

Baker J.S., Thomas N., Davies B. Metabolic Implications Of High Intensity Cycle Ergometry Exercise For Blood Lactate Accumulation And Clearance. JEPonline, 8 (3): 18-25, 2005.