PubliCE, (PubliCE) 2011

Monograph

Entrenamiento de la Capacidad Aeróbica en Corredores de Distancia: Una Pausa de lo Tradicional

Anthony N Turner

London Sports Institute,Middlesex University,Queensway, Enfield, London, United Kingdom.

RESUMEN

La capacidad aeróbica está determinada por tres factores: (a) el consumo máximo de oxígeno, (b) el umbral de lactato (LT) y (c) la economía de carrera (RE); y se debería optimizar el desarrollo de cada uno de estos factores. Aparentemente, el VO_2máx y el LT pueden adaptarse simultáneamente y la mejor forma de entrenamiento parece ser mediante el entrenamiento intervalado de alta intensidad. La mejor forma de desarrollar la RE parece ser a través del entrenamiento de la fuerza, la potencia y del entrenamiento pliométrico. Por último, parece ser beneficioso reemplazar un tercio del total de entrenamiento de la resistencia por entrenamiento en el gimnasio.

Palabras Clave: capacidad aeróbica, consumo máximo de oxígeno, umbral de lactato, economía, fuerza, potencia

INTRODUCCIÓN

Se ha reportado previamente (6, 11, 14, 22) que la capacidad aeróbica está determinada por tres factores, el consumo máximo de oxígeno (VO_2máx), el umbral de lactato (LT) y la economía de carrera (RE); y cualquier cambio en una de estas variables afectará el rendimiento. Por lo tanto, para los deportes que dependen en gran medida de este componente de la aptitud física, es esencial conocer cuál es la mejor forma de entrenar la capacidad aeróbica y estos factores individuales. El propósito del presente artículo es, por lo tanto, discutir brevemente los protocolos de entrenamiento (entrenamiento intervalado de alta intensidad, entrenamiento de la fuerza y potencia, y volumen y carga de entrenamiento) para de esta manera realizar recomendaciones basadas en la evidencia disponible.

¿EL ENTRENAMIENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDAD MEJORA EL VO_2MAX Y EL UMBRAL DE LACTATO?

Si bien una consideración común es que el método para mejorar la capacidad aeróbica es la carrera continua de larga duración y moderada intensidad, este puede no ser realmente el método más efectivo. Por ejemplo, en un grupo de 55 hombres moderadamente entrenados (que promediaban 25 años de edad y que entrenaban 3 veces por semana y con un valor medio de VO_2máx de 55 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), Helgerud et al (13) hallaron que el entrenamiento de la resistencia de alta

intensidad fue significativamente más efectivo que el entrenamiento de intensidad baja-moderada para mejorar el VO_2máx (Tabla 1) y que el volumen y la intensidad del entrenamiento no son intercambiables. Esto concuerda con otros estudios (7, 15), incluyendo aquellos que examinaron a atletas con altos valores de VO_2máx (13) y con aquellos que concluyeron que la intensidad del entrenamiento no puede ser compensada por una mayor duración del mismo (28, 34).

Interesantemente, y en concordancia con otros tres estudios (12, 19, 22); Helgerud et al (13) no observaron cambios en el LT expresado como porcentaje del VO_2máx (aunque todos los grupos mejoraron significativamente la velocidad al LT en un 9.6%) y por lo tanto concluyeron que en virtud del incremento en el VO_2máx el LT también debe incrementarse. Debido a que el LT identifica el comienzo del metabolismo anaeróbico, es considerado el responsable del % de VO_2máx que puede sostenerse por un período extendido de tiempo y por lo tanto un importante componente del rendimiento aeróbico.

De esta manera se podría indicar que la alta intensidad provoca un mayor incremento en el VO_2máx que la baja intensidad (5, 8, 13, 17, 35), siendo los intervalos realizados casi a máxima intensidad los más efectivos (8). Por lo tanto, sería recomendable que una vez que los atletas hayan acumulado suficiente entrenamiento de la resistencia aeróbica (utilizando los protocolos convencionales continuos de intensidad moderada y que se haya alcanzado un VO_2máx > 58 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) estos deberían progresar hacia el entrenamiento intervalado de alta intensidad y posiblemente para variar el programa se puedan alternar entre los métodos de 15 × 15 y 4 × 4 descritos en la Tabla 1. Para el conocimiento del autor, en la actualidad no se sabe si los protocolos de alta intensidad provocarían mayores/más rápidas mejoras que los programas de intensidad baja-moderada en individuos que comienzan el entrenamiento con valores de VO_2máx < 58 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

Grupo de Entrenamiento	Protocolo	Intensidad de Entrenamiento	VO_2máx Pre Entrenamiento ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	VO_2máx Post Entrenamiento ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)
Carrea lenta de larga duración	Carrera continua al 70% de la HRmáx durante 45 min	Baja	55.8 ±6.6	56.8 ± 6.3
Carrera al umbral de lactato (LT)	Carrera continua al LT (85% de la HRmáx) durante 24.25 min	moderada	59.6 ± 7.6	60.8 ± 7.1
Entrenamiento Intervalado (15 × 15)	47 repeticiones de 15 s al 90-95% de la HRmáx con 15 s de recuperación activa a la velocidad de entrada en calor correspondiente al 70% de la HRmáx	Alta	60.5 ± 5.4	64.4 ± 4.4 Incremento del 5.5%*
Entrenamiento Intervalado (4 × 4)	Entrenamiento intervalado de 4 × 4 min al 9095% de la HRmáx con períodos de recuperación activa de 3 min al 70% de la HRmáx entre los intervalos	Alta	55.5 ± 7.4	60.4 ± 7.32 Incremento del 7.3%*

***Tabla 1**. Sistemas de entrenamiento utilizados por Helgerud et al (13) para mejorar la capacidad aeróbica. * Significativamente diferente del valor pre entrenamiento (p<0.001). HRmáx = frecuencia cardíaca máxima.*

¿EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA Y LA POTENCIA MEJORA LA ECONOMÍA DE CARRERA?

Es posible que los incrementos en el incremento en la fuerza pueda mejorar la resistencia aeróbica al reducir la fuerza relativa (%máx) aplicada durante la fase de contacto de la zancada (23, 26), derivando así en la reducción de la demanda metabólica para la misma producción de fuerza y creando una reserva de unidades motoras disponible para realizar trabajo adicional (26). Además, debido a que los incrementos en la fuerza con frecuencia están acompañados de

incrementos en la potencia y en la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) (1), podría producirse un incremento en el flujo sanguíneo (26) y una mejora en la oxigenación muscular y en el intercambio de sustratos/metabolitos (20). Esto podría explicarse por el hecho de que se recluta un menor número de unidades motoras para una producción de fuerza/tasa de trabajo (26) y a que el incremento en la RFD reduce el tiempo de contracción. Esto incrementará el tiempo de relajación en el cual se produce la oxigenación y el intercambio de sustratos.

Por lo tanto, dadas las adaptaciones propuestas y producidas por el entrenamiento de la fuerza y la potencia, es lógico asumir que este ejerce una gran influencia sobre la RE. En efecto, esto fue evidenciado por Storen et al (27) quiénes observaron que corredores de fondo bien entrenados que completaron un protocolo de entrenamiento con sobrecarga de 8 semanas, exhibieron un incremento en el tiempo hasta el agotamiento de 72 s o un incremento de 21.3%. Esto se produjo a pesar de no observarse cambios en el peso corporal, el VO_2máx, la velocidad al LT o en el LT expresado como % del VO_2máx. Por esta razón los autores atribuyeron los cambios observados a la mejora del 5% en la RE consecuente con la intervención de entrenamiento con sobrecarga.

Los entrenadores de fuerza y acondicionamiento deberían ser precavidos en relación con la estrategia de entrenamiento con sobrecarga frecuentemente utilizada en la cual se reducen las pausas entre las series bajo la presunción de que esto incrementará el estímulo aeróbico. En contraste (16, 25) si los períodos de recuperación son muy cortos (≤ 30 s) la magnitud de la carga se verá comprometida, disminuyendo así las ganancias de fuerza, potencia y RFD (26). Además, debido a que una de las principales adaptaciones responsables de este beneficio es el incremento en el número (y tamaño) de las fibras tipo IIa (con una reducción concomitante en la proporción de fibras tipo IIx), las cuales tienen un alto potencial glucolítico y oxidativo y son relativamente resistentes a la fatiga, entonces puede observarse la necesidad de utilizar altas cargas (≥ 85% de 1 repetición máxima [1RM]).

Se recomienda a los lectores la lectura del artículo de Turner (30) para detalles referentes al volumen de la carga y la prescripción del ejercicio. Con base en este artículo, la Tabla 2 ilustra un ejemplo de sesiones de entrenamiento con sobrecarga que pueden ser incorporadas dentro de un programa periodizado. Esencialmente, el programa refleja el enfoque actual dentro del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento, donde se debe entrenar la potencia (y la RFD) para mejorar el rendimiento deportivo (debido a que la mayoría de las destrezas motoras son dependientes del tiempo y la fuerza). En este sentido, el volumen de la carga debe estresar la calidad más que la cantidad de las repeticiones (i.e., un bajo número de repeticiones con descansos prolongados) y los ejercicios relevantes deben ser de naturaleza balística, capaces de altas producciones de potencia y de estimular la RFD. Además, el programa reconoce la relación fundamental entre la fuerza máxima y estas variables (i.e., las ganancias de fuerza pueden incrementar tanto la potencia como la RFD) y por lo tanto busca mejorar y mantener la fuerza a través de todas las fases.

En la actualidad se sabe que la RE está influenciada en forma significativa por la rigidez o stiffness músculo-tendinosa (22, 32, 33) y dentro de la disciplina del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento se acuerda que la mejor forma de desarrollar esta rigidez es a través de la pliometría.

Sesión de Fuerza 1	Sesión de Fuerza 2	Sesión de Potencia 1	Sesión de Potencia 2
Sentadilla de arranque (2 × 4 con cargas variables)*	Sentadilla de envión y segundo tiempo con desliz en tijera (4 × 2 reps con cargas variables)*	Sentadillas (3 × 3 con cargas de 3-4 RM)*	Sentadillas por delante (3 × 3 con cargas de 3-4RM)*
Press de pecho con mancuernas (4 × 4 reps de 4RM)	Remo acostado (4 × 4 reps de 4RM)	Arranque de potencia colgante → arranque de potencia colgante con desliz en tijera (5 × 3 con cargas variables)*	Cargadas de potencia colgantes (5 × 3 con cargas variables)*
Sentadillas por detrás (4 × 4 reps de 4RM)	Sentadillas por delante (4 × 4 reps de 4RM)	Pero muerto con rodillas extendidas o ejercicio Nórdico para isquiotibiales (4 × 4 reps de 4RM)	Segundo tiempo con desliz en tijera (5 × 3 con cargas variables)*
Ejercicio Nórdico para Isquiotibiales (4 × 4 reps de 4RM)	Peso muerto con rodillas extendidas (4 × 4 reps de 4RM)		

Tabla 2. *Dos ejemplos de sesiones de fuerza y dos ejemplos de sesiones de potencia en base a la revisión de Turner (30). *Utilizadas para desarrollar/mantener la técnica y la fuerza/potencia. RM = repetición máxima; → = progresar a; (series x repeticiones a la*

intensidad indicada)

Para mayores detalles respecto de esto último, se recomienda a los lectores la revisión del artículo realizado por Turner y Jeffreys (31). Con base en este artículo, la Tabla 3 ilustra una progresión de ejercicios pliométricos que deberían incluirse en forma gradual y lógica (i.e., cuando el atleta domina el ejercicio precedente) en el programa de entrenamiento con sobrecarga del atleta. Esencialmente, estos ejercicios ayudan a acomodar las altas fuerzas que actúan durante la toma de contacto con el suelo y que gradualmente inhiben el Órgano Tendinoso de Golgi, que es responsable de la complianza muscular, mejorando así la propulsión la economía. Estos ejercicios mejorarán adicionalmente la RFD del atleta al imitar los cortos tiempos de contracción y los tiempos de contacto durante la carrera.

VOLUMEN DE LA CARGA DE ENTRENAMENTO: ¿DEMASIADO DE ALGO BUENO?

Es importante señalar que el entrenamiento de la fuerza, la potencia y el entrenamiento pliométrico no deberían simplemente agregarse al programa existente de entrenamiento aeróbico. Por ejemplo, Bastiaans et al (3) y Paavolainen et al (21) reemplazaron el 37% del total de entrenamiento de la resistencia con entrenamiento de la fuerza. Este protocolo fue capaz de preservar, e incluso mejorar, la capacidad para mantener si altas producciones de potencia, al menos por cortos períodos de tiempo, mejorando así los factores asociados con la mejora del rendimiento de resistencia aeróbica (en base a pruebas contra reloj de una hora) (26). Por lo tanto, estos estudios reemplazaron parte del entrenamiento de la resistencia aeróbica con entrenamiento de la fuerza más que simplemente adicionar más entrenamiento. Se ha mostrado que altos volúmenes de entrenamiento pueden producir un gran estrés de entrenamiento, reduciendo el índice testosterona/cortisol (4, 9, 10), de manera que las ganancias de fuerza y de resistencia se verán eventualmente comprometidas (26). En resumen, estos reportes también contradicen la creencia común de que el entrenamiento concurrente de la fuerza y la resistencia comprometen el desarrollo deportivo. Si bien, esto puede ser verdad para los atletas de fuerza y potencia, se puede observar que no es el caso para los atletas de resistencia.

Ejercicios pliométricos (SSC) y de transferencia
Ejercicios SSC para el tren inferior (1 × 3)
Ejercicios para el tobillo (1 repetición = 4 metros) → saltos al cajón (incrementar gradualmente la altura) → caídas (incrementar gradualmente la altura) → saltos con caída (incrementar gradualmente la altura) → saltos consecutivos (e.g., saltos con caída seguidos de saltos por sobre 3 vallas) → saltos laterales → variantes a una pierna de los anteriores ejercicios

Tabla 3. *Ejemplo de ejercicios pliométricos que pueden desarrollarse en los períodos de recuperación de un programa de entrenamiento con sobrecarga o como parte de una sesión de entrenamiento pliométrico en base a la revisión de Turner y Jeffreys (31). SSC = ciclo de estiramiento acortamiento; → = progresar a; (series × repeticiones)*

CONCLUSIÓN

La capacidad aeróbica está determinada por 3 factores: (a) el VO_2máx, (b) el LT, y (c) la RE, y se debería entrenar cada uno de estos factores para optimizar el desarrollo de la resistencia aeróbica. Aparentemente, el VO_2máx y el LT pueden adaptarse simultáneamente a través del entrenamiento intervalado de alta intensidad. Si bien la RE se ve afectada positivamente por los años de entrenamiento (18), la proporción de fibras tipo I (24, 29) y la antropometría (2), la mejora en este componente puede exacerbarse a través del entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad utilizando ejercicios compuestos (e.g., sentadillas y peso muerto al 85% de 1RM) y de levantamientos realizados con altos valores de potencia/velocidad (ejercicios balísticos). Estos ejercicios deberían suplementarse con ejercitaciones que mejoren el mecanismo de estiramiento-acortamiento (i.e., pliometría), facilitando así mejoras adicionales en la propulsión y economía de la zancada.

REFERENCIAS

1. Aagaard P, Simonsen E, Andersen J, Magnusson P, and Dyrepoulsen P (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol 98: 1318–1326*
2. Bailey S and Pate R (1991). Feasibility of improving running economy. *Sport Med 12: 228–236*
3. Bastiaans J, Vandiemann A, Venberg T, and Jeukendrup A (2001). The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol 86: 79–84*
4. Busso T, Hakkinen K, Pakarinen A, Carasso C, Lacour J, Komi P, and Kauhanen H (1990). A systems model of training responses and its relationship to hormonal responses in the elite weightlifter. *Eur J Appl Physiol 61: 48–54*
5. Esfarjani F and Laursen P (2007). Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO2max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport 10: 27–35*
6. Esteve-Lanano J, Rhea M, Fleck S, and Lucia A (2008). Running-specific, periodised strength training attenuates loss of stride length during intense endurance running. *J StrengthCond Res 22: 1176–1183*
7. Franch J, Madsen K, Djurhuus M, and Pedersen P (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med Sci Sport Exerc 30: 1250–1256*
8. Gormley S, Swain D, High R, Spina R, Dowling E, and Kotipalli U (2008). Effect of intensity of aerobic training on VO2max. *Med Sci Sport Exerc 40: 1336–1343*
9. Hakkinen K (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *J Sport Med 29: 9–26*
10. Hakkinen K, Pakarinen A, Alen M, and Komi P (1985). Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *Eur J Appl Physiol 53: 287–293*
11. Helgerud J (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol 68: 155–161*
12. Helgerud J, Engen L, Wisloff U, and Hoff J (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sport Exerc 33: 1925–1931*
13. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, and Bjerkaas M (2007). Aerobic high intensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Med Sci Sport Exerc 39: 665–671*
14. Hoff J, Gran A, and Helgerud J (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sport 12: 288–295*
15. Knuttgens H, Nordensjo L, Ollander B, and Saltin B (1973). Physical conditioning through interval training with young male adults. *Med Sci Sport Exerc 5: 220–226*
16. Kulling F, Hardison B, Jacobson B, and Edwards S (1999). Changes in muscular endurance from different rest periods between sets in a resistance training program. *Med Sci Sport Exerc (Supplement abstract 437) 31: S116*
17. MacDougall J, Hicks A, MacDonald J, McKelvie R, Green H, and Smith K (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol 84: 2138–2142*
18. Mayhew J (1997). Oxygen cost and energy expenditure of running in trained runners. *Br J Sport Med 11: 116–121*
19. McMillan K, Helgerud J, Macdonald R, and Hoff J (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in profesional youth soccer players. *Br J Sport Med 39: 273–277*
20. Osteras H, Helgerud J, and Hoff J (2002). Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol 88: 255–263*
21. Paavolainen L, Hakkinen I, Hamalainen A, Nummela A, and Rusko H (1999). Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol 86: 1527–1533*
22. Pate R and Kiuska A (1984). Physiological basis of the sex difference in cardiorespiratory endurance. *Sport Med 1: 87–98*
23. Ploutz L, Tesch P, Biro R, and Dudley G (1994). Effect of resistance training on muscle use during exercise. *J Appl Physiol 76:1675–1681*
24. Pollock M (1973). The quantification of endurance training programs. *Exerc Sport Sci Rev 1: 155–188*
25. Robinson J, Penland C, Stone M, Johnson R, Warren B, and Lewis D (1995). Effects of different weight training exercise-rest intervals on strength, power and high intensity endurance. *J Strength Cond Res 9: 216–221*
26. Stone M, Stone M, Sands W, Pierce K, Newton R, and Haff G (2006). Maximum strength and strength training–A relationship to endurance?. *Strength Cond J 28: 44–53*
27. Storen O, Helgerud J, Stoa E, and Hoff J (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sport Exerc 40: 1087–1092*
28. Thomas T, Adeniran S, and Etheridge G (1984). Effects of different running programs on VO2max, percent fat, and plasma lipids. *Can J Sport Sci 9: 55–62*
29. Trappe S, Harber M, Creer A, Gallagher P, Slivka D, Minchev K, and Whitsett D (2006). Single muscle fiber adaptations with marathon training. *J Appl Physiol 101: 721–727*
30. Turner A (2009). Training for power: Principles and practice. *Prof Strength Cond 14: 20–32*
31. Turner A and Jeffreys I (2010). The stretch shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength Cond J 32: 87–99*
32. Verkhoshansky YU (1966). Perspectives in the development of speed-strength preparation in the development of jumper. *Track Field 11–12*
33. Voigt M, Bojsen-Moller F, Simonsen EB, and Dyhre-Poulsen P (1995). The influence of tendon Young–s modulus, dimensions and instantaneous moment arms on the efficiency of human movement. *J Biomech 28: 281–291*
34. Wenger H and Bell J (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise in altering cardio respiratory fitness. *Sport Med 3: 346–356*

35. Wisloff U, Stoylen A, and Loennechen J (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients. *Circulation 115: 3086–3094*

Cita Original

Anthony Nicholas Turner. Training the Aerobic Capacity of Distance Runners: A Break from Tradition. Strength & Conditioning Journal, 33(2):39-42, (2011)