

VALIDACIÓN DE UN SISTEMA PARA CALCULAR EL DÉFICIT DE FUERZA DÉBIL EN ATLETAS DE RESISTENCIA

Valcarce E, (edualbares@hotmail.com) Flores FJ,
franciscojavierfloresdefurtos@hotmail.com) Redondo JC,
(jc.castan@unileon.es), Sedano S, (s.sedano.campo@unileon.es)
Universidad de León (Laboratorio de entrenamiento)

RESUMEN: Con este estudio se pretende determinar la evolución en la longitud de zancada en atletas de resistencia que no periodizan el entrenamiento de fuerza. En el estudio participaron 6 sujetos varones atletas de resistencia de 31 años ($\pm 4,6$ años), con una experiencia deportiva de 14 años (± 4 años) que realizaron un entrenamiento interválico donde se determinó la velocidad, frecuencia y amplitud de zancada media de cada repetición a partir de la zona de grabación. El porcentaje de pérdida de longitud de zancada (cm/ms^{-1}) (SLS) se midió comparando la media entre grupos de repeticiones: Grupo 1 (repeticiones 1-7), Grupo 2 (repeticiones 8-14), Grupo 3 (repeticiones 15-21) observándose un descenso significativo en el índice SLS entre Grupo 2 y el Grupo 3 ($p < 0,05$). Concluyendo que este indicador es una herramienta válida y específica para ayudar a entrenadores y atletas que quieran evaluar los niveles de fuerza resistencia en una medición de campo.

PALABRAS CLAVE: amplitud de zancada, déficit de fuerza, fuerza resistencia

ABSTRACT: This study aims to determine the trend in the stride length in endurance athletes that strength training periodisation. 6 male subjects endurance athletes. 31 years (± 4.6 years), a sports experience of 14 years (± 4 years) performed an interval training (21x300 meters, 60 seconds recovery) which determined the speed, stride frequency and stride length of half of each repetition from the recording area (10 m) located 50 meters from the starting line. The percentage of loss of stride length (cm/ms^{-1}) (SLS) was measured by comparing the average of repetitions groups: Group 1 (repetitions 1-7), Group 2 (8-14 repetitions), Group 3 (repetitions 15-21) observed a significant decrease in the SLS rate between Group 2 and Group 3 ($p < 0.05$). In conclusion it is determined that this indicator may be a valid and specific as to help coaches and athletes who want to assess the levels of force resistance in a field measurement.

KEY WORDS: stride length, endurance athletes, strength endurance

1. INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que periodizar programas de entrenamiento de fuerza es más eficaz que no periodizarlos si tenemos como objetivo mejorar la fuerza máxima (Elliott, BC & Roberts, AD, 1980), (Peterson, MK, Rhea, MR, & Alvar, BA, 2005; Rhea, MR & Alderman, BL, 2004). En los últimos años ha habido un creciente interés en evaluar los diferentes tipos de periodizaciones del entrenamiento de la fuerza, sin embargo pocos estudios se han centrado en la periodización de la fuerza en atletas de resistencia.

Tradicionalmente se ha creído que los principales factores de rendimiento para los deportes de resistencia eran: El consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2 \text{ max}$), el umbral láctico y la eficiencia de trabajo muscular que desemboca en mejora de la economía de carrera, pero recientes investigaciones ponen de manifiesto la importancia de otro factor: la capacidad anaeróbica e incluso la potencia anaeróbica (Brandon, JL. 1995; Hausswirth, C & Lehénaff, D 2001; Jones, AM & Carter, H. 2000; O'Toole, ML & Douglas, PS, 1995; Paavolainen, L, Nummela, A, Rusko, H, & Ha"kkinen, K, 1999). Una disminución en esta capacidad podría afectar al rendimiento en la carrera, especialmente en la reducción en la longitud de la zancada.

El entrenamiento de fuerza, además de ser beneficioso para tener una buena base de trabajo en el entrenamiento, en la prevención de lesiones y en la preparación de los atletas para etapas más duras de entrenamiento, tiene un efecto beneficioso sobre el rendimiento en resistencia, ya que va a mejorar la economía de carrera en atletas entrenados, (Saunders, et al 2006), (Spurrs, RW, Murphy, AJ, & Watsford, M, 2003), esto último está en relación con mejoras a nivel neuromuscular, reclutamiento de unidades motoras, mejora en la contracción y reducción del tiempo de apoyo (Jung, AP. 2003).

Las mejoras en la economía de carrera se pueden observar si se trabajan sesiones de fuerza con el objetivo de fuerza máxima o entrenamiento por potencia. Algunos estudios han utilizado cargas altas con pequeñas repeticiones siguiendo el modelo de entrenamiento con pesas o también el pliométrico. Sin embargo en esquiadores de fondo (Nesser, TW, Chen, S, Serfass, RC, and Gaskill, S, 2004) y en nadadores (Kiselev, AP, 1991), (Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, & Widrick, JJ, 1993) utilizar ejercicios de fuerza adaptados a las características específicas de su deporte, obtienen más rendimiento y mayores mejoras de fuerza que siguiendo los métodos clásicos de entrenamiento de pesas.

En carreras de media y larga distancia, los aumentos de la velocidad se producen por un aumento en la longitud de la zancada, que va en relación con disminuir lo máximo posible el tiempo de impulso. Estudios anteriores han identificado cambios cinemáticos de la carrera asociados a la fatiga, (Gazeau, F, Koralsztein, JP, & Billat, 1997) (Hayes, PR, Bowen, SJ, & Davies, EJ, 2004), incluyendo la disminución de la longitud de la zancada (Shim, J, Acevedo, EO, Kraemer, RR, Haltom, RW, & Tryniecki, JL, 2003). Además los corredores que son capaces de mantener una su mecánica de carrera durante el mayor tiempo posible, a la postre son los que en competición mantendrán su velocidad competitiva durante más tiempo, (Gazeau et al., 1997). Por ello el propósito de este estudio fue comprobar la evolución en la longitud de zancada durante una sesión de entrenamiento interválico a velocidad de competición en atletas que no periodizan el entrenamiento de fuerza. La hipótesis que se baraja es el descenso paulatino en la longitud de zancada conforme avanza el número de repeticiones debido a que la muestra no planifica ni realiza ningún tipo de ejercicio de fuerza.

2. METODOLOGÍA

La muestra objeto de estudio se compone de 6 sujetos varones atletas (modalidad de fondo). Con una media de edad de 31 años ($\pm 4,6$ años), 1,75 metros altura ($\pm 0,03$ m) y 64 kg de peso ($\pm 7,66$ kg). Los sujetos tenían una experiencia en el entrenamiento de resistencia de 14 años (± 4 años), en entrenamiento de larga distancia. Sus mejores marcas en medio maratón y maratón oscilan entre: (1 hora 9 minutos 31 segundos y 1 hora 25 minutos 14 segundos) y (2 horas 36 minutos 10 segundos y 2h 37 minutos 11 segundos) respectivamente.

Antes de comenzar el estudio todos los participantes cumplieron un documento de consentimiento informado de participación voluntaria. Se realizó un calentamiento estandarizado consistente en 25 minutos de carrera continua a ritmo libre y posteriormente, se realizaron estiramientos y progresiones de velocidad con una duración total de 10 minutos.

Siguiendo el método de Esteve- Lanao, y cols. (2008), se determinó una zona de 10 metros de longitud donde la cámara iba a grabar el paso del atleta; esta zona se situaba a 50 metros de línea de meta. La cámara (Sony DCR-SR37E) se colocó perpendicular a una distancia de 25 metros. Anteriormente se colocó un sistema de referencia 2D. Los atletas tenían que realizar la carrera por la calle interior número 1. Se determinó el criterio del contacto del suelo como “el primer contacto del pie”.

Las mediciones fueron realizadas durante el periodo competitivo de los atletas, en uno de los entrenamientos exigentes para ellos, en este caso, 21 repeticiones de 300 metros a una intensidad del 70%. La recuperación entre repeticiones fue de 60 segundos y todas las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador.

Se midieron la velocidad, frecuencia y amplitud de zancada media de cada repetición en la zona de grabación (10 metros), siendo el criterio para determinar el contacto con el suelo “el primer contacto con el pie”, en la zona de grabación. Utilizándose para el cálculo de la frecuencia 4 zancadas. Y se realizó un análisis temporal (donde a partir de la velocidad y de la frecuencia de zancada se extrajo la amplitud), utilizado para ello el software TMPGenc 4.0 express, que permitió realizar dicho análisis a 50 Hz.

Se calcularon los estadísticos descriptivos (*media ± desviación estándar*) de las diferentes variables analizadas para cada uno de los grupos que componen la muestra. Utilizándose la prueba no paramétrica de *Wilcoxon* para dos muestras relacionadas, para contrastar la hipótesis sobre la igualdad de media.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los datos medios de velocidad, amplitud y frecuencia de zancada del entrenamiento interválico.

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las variables velocidad, amplitud y frecuencia de carrera.

VARIABLES	Media	±SD
VELOCIDAD (m/s ⁻¹)	5,88	±0,26
AMPLITUD (m)	1,84	±0,060
FRECUENCIA (Hz/seg)	3,19	±0,10

En la tabla 2 se muestran los datos de amplitud y frecuencia de zancada en las diferentes fases del entrenamiento interválico. Para su análisis se fraccionó las

series en bloques de 7 repeticiones con la siguiente relación: grupo 1 (repeticiones 1-7), grupo 2 (repeticiones 8-14) grupo 3 (repeticiones 15-21).

Tabla 2: Estadísticos descriptivos de las variables amplitud y frecuencia de carrera en las diferentes repeticiones del entrenamiento interválico

REPETICIONES	AMPLITUD (media ± SD)	FRECUENCIA (media ± SD)
Grupo 1	1,84 (±0,058 m)	3,19 (±0,085hz/s)
Grupo 2	1,83 (± 0,061 m)	3,18 (±0,1 hz/s)
Grupo 3	1,85 (± 0,065 m)	3,21 (± 0,11 hz/s)

Se utilizó el índice SLS (*stride loss strength*), siguiendo las indicaciones de (Esteve-Lanao, J. et al 2008). En la tabla 3 se puede observar la evolución media del índice SLS (cm/ms^{-1}), y como existen diferencias significativas en SLS entre las repeticiones (8-14) y las repeticiones (15-21).

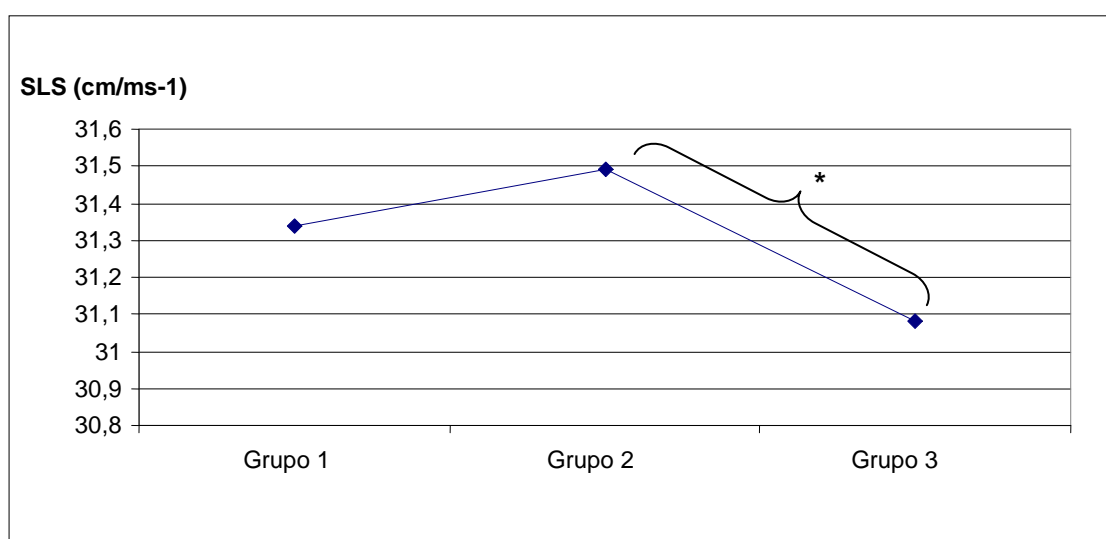
Tabla 3: Estadísticos descriptivos de la variable SLS (stride loss strength). Evolución en las diferentes repeticiones del entrenamiento interválico

SLS. Grupos de repeticiones	Media (cm)	± SD (cm)	Nivel significación (p=)
SLS (cm/ms^{-1}). Grupo 1	31,34	±0,85	
SLS (cm/ms^{-1}) Grupo 2	31,49	±1,03	p= 0,017
SLS (cm/ms^{-1}) Grupo 3	31,08	±1,12	

Al comparar la evolución del índice SLS entre grupos de repeticiones, la prueba de Wilcoxon refleja diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el grupo 2, y el grupo 3, (repeticiones 15-21).

En el gráfico 1, podemos observar la evolución que sigue el índice SLS.

Gráfico 1: Evolución datos SLS (cm/ms^{-1}) a lo largo del entrenamiento interválico.* $p < .05$



4. DISCUSIÓN

La pérdida en la longitud de zancada en los atletas participantes del estudio, significativa entre el segundo tercio de las series (repeticiones 8-14) y el último tercio (repeticiones 15-21), está en consonancia con los resultados obtenidos por Petersen K. y col. (2007) en su estudio realizado con maratonianos. Estos, obtuvieron descensos del 14% en la amplitud de zancada entre el km 8 y el km 38 debido a la fatiga de los músculos flexores de la planta del pie; ya que el mantenimiento de la amplitud de zancada en un esfuerzo submáximo supone un incremento del daño muscular en dicha zona, lo que obligaría a una reducción de la longitud de paso.

Asimismo, Esteve-Lanao, J. y cols. (2008) encontraron que en atletas de resistencia que no periodizaban el entrenamiento de fuerza existía una pérdida de longitud de zancada medida a través del SLS de un 4,4% entre las seis primeras repeticiones y las seis últimas repeticiones en un entrenamiento muy similar al presentado en este estudio (19 repeticiones de 300 metros con recuperaciones 2 minutos).

El descenso en la amplitud de zancada puede explicarse por el escaso tiempo de recuperación entre recuperaciones, aunque, estudios como el de (Collins y cols. 2000) determinaron que no existían modificaciones cinemáticas significativas, (incluyendo amplitud de zancada) entre recuperar 60, 120 o 180 segundos al realizar un entrenamiento interválico intenso con atletas de resistencia de alto nivel.

Existen numeroso estudio que destacan los efectos beneficiosos del entrenamiento de fuerza en atletas de larga distancia, (Bishop D & Jenkins DG, 1996; Braun WA, Flynn, MG, Gerth, M, and Smith, K, 2000; Chtara, M, et al 2005; Nesser, TW, Chen, S, Serfass, RC, & Gaskill, SE, 2004). Así, la mayoría de trabajos que periodizan el entrenamiento de fuerza en atletas de resistencia, determinan que la mejora en el rendimiento parece estar asociada a una mejora en la economía de carrera (menos gasto de oxígeno para una velocidad determinada) y a la postre una mayor capacidad de mantener la fuerza muscular, (Esteve-Lanao, J y cols. 2008)

Existen, por tanto, evidencias de que el entrenamiento de fuerza resistencia retrasa la fatiga en eventos de alta intensidad aeróbica. Turner, AM y cols. (1999), realizaron un estudio con corredores populares donde encontraron diferencias significativas en el grupo que realizaba entrenamiento pliométrico frente al grupo control que no realizaba entrenamiento de fuerza, estudio similar al de (Paavolainen, L. y cols. (1999). Se ha demostrado además que el trabajo de fuerza resistencia (baja intensidad alto volumen) puede ofrecer grandes ganancias, aunque los resultados están supeditados a las características fisiológicas particulares.

En este estudio fue realizado a atletas entrenados en la prueba de 5000m. Su rendimiento en la prueba mejoró respecto al grupo control realizando una combinación de ejercicios pliométricos y ejercicios de fuerza con pesas. Por lo tanto, introducir ejercicios de fuerza (pesas, pliometría, cuestas) mejora el rendimiento en pruebas de carrera de larga distancia.

5. CONCLUSIONES

Se evidencia, una disminución significativa del índice SLS en la última parte del entrenamiento interválico, coincidiendo con la aparición de la fatiga, en atletas de resistencia que no periodizan el entrenamiento de fuerza.

En futuros trabajos, se deberían cuantificar los niveles de fuerza resistencia o resistencia a la fuerza débil en atletas de largas distancias a través del análisis del índice SLS. Siendo este una herramienta muy útil, ya que descensos significativos de estos niveles corresponderían a escasos niveles de fuerza débil, sirviendo a los entrenadores como un indicador de fuerza específica, objetivo y específico que le permita realizar modificaciones en la planificación si fuera preciso.

6. LISTA DE REFERENCIAS

Bishop, D and Jenkins, DG. (1996) The influence of resistance training on the critical power function and time to fatigue at critical power. *Aust J Sci Med Sport* 28: 101–105

Brandon, JL: (1995). Physiological factors associated with middle distance running performance. *Sports Med* 19: 268–277.

Braun, WA, Flynn, MG, Gerth, M, and Smith, K. (2000). The effect of strength training on endurance run performance. *Med Sci Sports Exerc* 32(Suppl.): 654.

Chtara, M, Chamari, K, Chaouachi, M, Chaouachi, A, Koubaa, D, Feki, Y, Millet, GP, and Amri, M. (2005) Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br J Sports Med* 39: 555–560.

Collins, MH, Pearsall DJ, Zavorsky GS, Bateni H, Turcotte RA, Montgomery DL (2000). Acute effects of intense interval training on running mechanics. *J. Sport Science. Feb. 18 (2). 83-90*

Elliott, BC and Roberts, AD. (1980). A biomechanical evaluation of the role of fatigue in middle-distance running. *Can J Appl Sport Sci* 5: 203–207.

Esteve- Lanao, J, Rhea MR, Fleck SJ, Lucia A, (2008) Running-specific, periodized strength training attenuates loss of stride length during intense endurance running. *J Strength Cond Res. Jul;22(4):1176-83.*

Gazeau, F, Koralsztein, JP, and Billat, V. (1997) Biomechanical events in the time to exhaustion at maximum aerobic speed. *Arch Physiol Biochem* 105: 583–590.

Hayes, PR, Bowen, SJ, and Davies, EJ. (2004) The relationships between local muscular endurance and kinematic changes during a run to exhaustion at VO₂max. *J Strength Cond Res* 18: 898–903.

Jones, AM and Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med* 29: 373–386.

Kiselev, AP. (1991). The use of specific resistance in highly qualified swimmers' strength training. *Sov Sports Rev* 26: 131–132.

Nesser, TW, Chen, S, Serfass, RC, and Gaskill, SE. (2004). Development of upper body power in junior cross-country skiers. *J Strength Cond Res* 18: 63–71.

O'Toole, ML and Douglas, PS. (1995). Applied physiology of triathlon. *Sports Med* 19: 251–267.

Paavolainen, L, Häkkinen, K, Hämmäläinen, I, 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.

Paavolainen, L, Nummela, A, Rusko, H, and Häkkinen, K. (1999). Neuromuscular characteristics and fatigue during 10km running. *Int J Sports Med* 20: 516–521.

Petersen K, Bugge Hansen C, Aagaard P, Madsen K (2007). Muscle mechanical characteristics in fatigue and recovery from a marathon race in highly trained runners. *Eur J Appl Physiol*. 101: 385-396

Peterson, MK, Rhea, MR, and Alvar, BA. (2005). Applications of dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res* 19: 950–958.

Rhea, MR and Alderman, BL. (2004). A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *J Strength Cond Res* 75: 413–422.

Saunders, PU, Pyne, DB, Telford, RD, Peltola, EM, Cunningham, RB, and Hawley, JA. (2006) Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J Strength Cond Res* 20: 947–954.

Shim, J, Acevedo, EO, Kraemer, RR, Haltom, RW, and Tryniecki, JL. (2003) Kinematic changes at intensities proximal to onset of lactate accumulation. *J Sports Med Phys Fitness* 43: 274–278,.

Spurrs, RW, Murphy, AJ, and Watsford, ML. (2003) The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 89: 1–7.

Tanaka, H, Costill, DL, Thomas, R, Fink, WJ, and Widrick, JJ. (2003). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Med Sci Sports Exerc* 25: 952–959.

Turner, AM, Owings, JM, and Schwane, JA (1999). Six weeks of plyometric training improves running economy *Med Sci Sports Exerc* 31(Suppl.): 1556.