

# Aplicación de un sistema para calcular déficit de fuerza resistencia en atletas de fondo

## *Use of a System for Calculating Strength Endurance Deficit in Long-Distance Athletes*

**EDUARDO VALCARCE MERAYO**

Departamento de Educación Física y Deportiva  
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte  
Universidad de León

**Correspondencia con autor**

**Eduardo Valcarce Merayo**  
edualbares@hotmail.com

### 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 ( $\pm 4$  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 amplitud de zancada, medido a través del índice SLS (*stride loss strength*) comparó dicha pérdida de longitud de zancada ( $\text{cm/m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 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 ( $p \leq 0,05$ ). Concluyendo que este indicador es una herramienta específica para determinar posibles déficits de fuerza en este tipo de deportistas, ayudando 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

#### *Use of a System for Calculating Strength Endurance Deficit in Long-Distance Athletes*

*This study seeks to determine the changes in stride length in endurance athletes who do not periodise strength training. The study examined 6 male endurance athletes aged 31 ( $\pm 4.6$  years) with a sports experience of 14 years ( $\pm 4$  years) who did interval training in which their average stride speed, frequency and length in each repetition was determined in the recording area. The percentage loss of stride length, measured by the Stride Loss Strength (SLS) index, compared the loss of stride length ( $\text{cm/m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) between groups of repetitions - Group 1 (repetitions 1-7), Group 2 (repetitions 8-14), Group 3 (repetitions 15-21) - and a significant decrease in the SLS index was observed between Group 2 and Group 3 ( $p \leq 0.05$ ). The conclusion is that this indicator is a specific tool for identifying possible strength deficits in this type of athlete and will help coaches and athletes who want to assess strength endurance levels in field measurement.*

**Keywords:** *stride length, strength deficit, strength endurance*

### Introducción

Periodizar programas de entrenamiento de fuerza es más eficaz que no periodizarlos, independientemente del objetivo (Rhea & Alderman, 2004; Peterson, Rhea, & Alvar, 2005). 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 creía que los principales factores de rendimiento para los deportes de resistencia eran: el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2$  máx), 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 (Hauswirth & Lehénaff, 2001; Jones & Carter, 2000). Una disminución en esta capacidad podría afectar al rendimiento en la carrera, especialmente en la reducción en la longitud de la zancada.

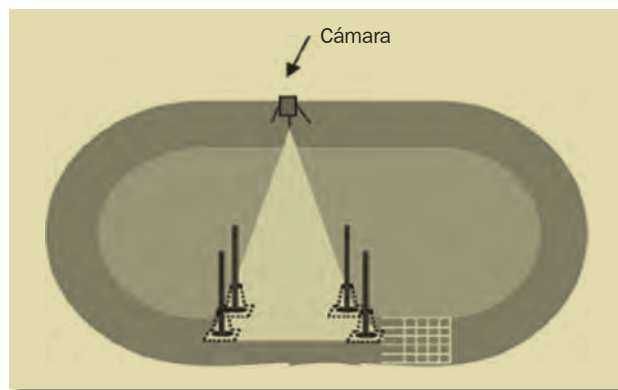
Además de los múltiples beneficios que ofrece el entrenamiento de fuerza a los atletas de resistencia (Saunders et al., 2006; Spurr, Murphy, & Watsford, 2003), este conlleva a una mejora en la economía de carrera, lo que desemboca en un incremento de la capacidad anaeróbica por mejoras a nivel neuromuscular, reclutando un

mayor número de unidades motoras y mejorando la contracción y reducción del tiempo de apoyo (Jung, 2003). Diversos estudios han identificado cambios cinemáticos de la carrera asociados a la fatiga (Gazeau, Koralsztein, & Billat, 1997; Hayes, Bowen, & Davies, 2004), incluyendo la disminución de la longitud de la zancada (Shim, Acevedo, Kraemer, Haltom, & Tryniecki, 2003). Además, los corredores que son capaces de mantener su mecánica de carrera durante el mayor tiempo posible, a la postre son los que mantendrán su velocidad competitiva durante más tiempo (Gazeau et al., 1997). Por ello el propósito de este estudio fue comprobar la evolución de la amplitud de zancada durante una sesión de entrenamiento interválico en atletas de resistencia 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, manteniendo la velocidad de carrera por incremento de la frecuencia de zancada.

## Material y método

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 ( $\pm 4$  años), en entrenamiento de larga distancia. Sus mejores marcas en medio maratón y maratón oscilaban entre: (1 hora 9 minutos 31 segundos y 1 hora 25 minutos 14 segundos) y (2 horas 36 minutos 10 segundos y 2 horas 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, Rhea, Fleck y Lucía (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 dispuso de un sistema de referencia 2D. Los atletas tenían que realizar la carrera por la calle número 1. Se determinó el criterio del contacto del suelo como “el primer contacto del pie”. Se midió la velocidad, frecuencia y am-



**Figura 1**

Zona de grabación entrenamiento interválico

(Fuente de publicación: Esteve-Lanao, Rhea, Fleck, & Lucía, 2008)

plitud de zancada media de cada repetición en la zona de grabación (10 metros). Se utilizó para el cálculo de la frecuencia 4 zancadas, realizando un análisis temporal a 50 Hz utilizando el *software* TMPGenc 4.0 Express (fig. 1).

Las mediciones fueron realizadas durante el periodo competitivo de los atletas, en uno de los entrenamientos exigentes para ellos (21 repeticiones de 300 metros al 80-85 % de la mejor marca en la distancia). La recuperación entre repeticiones fue de 60 segundos y todas las mediciones fueron realizadas por el mismo investigador.

Se calcularon los estadísticos descriptivos (media  $\pm$  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, con el objetivo de contrastar la hipótesis sobre la igualdad de media. Se determinaron diferencias significativas cuando  $p < 0,05$ .

## Resultados

En la *tabla 1* se muestran los estadísticos descriptivos de velocidad, amplitud y frecuencia de zancada del entrenamiento interválico. Para un análisis más exhaustivo

Variables	Media	$\pm$ SD
Velocidad (m/s <sup>-1</sup> )	5,88	$\pm 0,26$
Amplitud (m)	1,84	$\pm 0,060$
Frecuencia (Hz)	3,19	$\pm 0,10$

**Tabla 1**

Estadísticos descriptivos de las variables velocidad, amplitud y frecuencia de carrera

**Tabla 2**

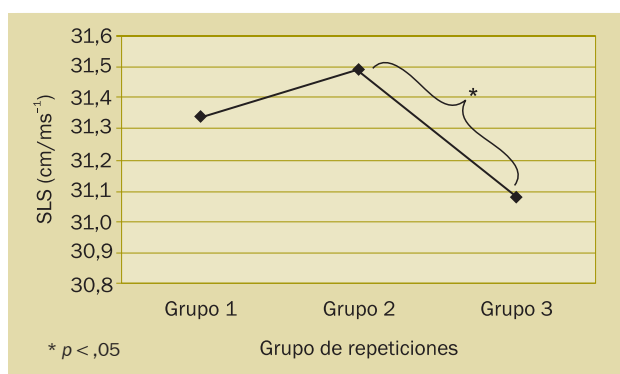
Estadísticos descriptivos de las variables amplitud y frecuencia de carrera en las diferentes repeticiones del entrenamiento interválico

Repeticiones	Amplitud (media $\pm$ SD)	Frecuencia (media $\pm$ SD)
Grupo 1	1,84 ( $\pm$ 0,058 m)	3,19 ( $\pm$ 0,085 hz/s)
Grupo 2	1,83 ( $\pm$ 0,061 m)	3,18 ( $\pm$ 0,1 hz/s)
Grupo 3	1,85 ( $\pm$ 0,065 m)	3,21 ( $\pm$ 0,11 hz/s)

**Tabla 3**

Estadísticos descriptivos de la variable SLS. Evolución en las diferentes repeticiones del entrenamiento interválico

SLS. Grupos de repeticiones	Media (cm)	$\pm$ SD (cm)	Nivel significación (p=)
SLS (cm/m $\cdot$ s <sup>-1</sup> ). Grupo 1	31,34	$\pm$ 0,85	N.S
SLS (cm/m $\cdot$ s <sup>-1</sup> ). Grupo 2	31,49	$\pm$ 1,03	
SLS (cm/m $\cdot$ s <sup>-1</sup> ). Grupo 3	31,08	$\pm$ 1,12	p = 0,017

**Figura 2**

Evolución datos índice SLS (cm/ms<sup>-1</sup>) a lo largo del entrenamiento interválico

se fraccionó dicho entrenamiento en bloques de 7 repeticiones: grupo 1 (repeticiones 1-7), grupo 2 (repeticiones 8-14) y grupo 3 (repeticiones 15-21) (tabla 2). Se utilizó el índice SLS (*stride loss strength*), siguiendo las indicaciones de Esteve-Lanao et al. (2008).

En la tabla 3 se puede observar la evolución media del índice SLS (cm/m  $\cdot$  s<sup>-1</sup>), y cómo existen diferencias significativas en SLS entre las repeticiones (8-14) y las repeticiones (15-21).

Al comparar la evolución del índice SLS entre grupos de repeticiones, la prueba de Wilcoxon refleja diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre el grupo 2, y el grupo 3. En la figura 2, podemos observar la evolución del índice SLS.

## Discusión

En nuestro estudio, el descenso del índice SLS es significativo entre el segundo tercio de las series (repeticiones 8-14) y el último tercio (repeticiones 15-21) siendo esta del 1,3 %. Los resultados obtenidos están en

consonancia con los expuestos por Esteve-Lanao et al. (2008) donde los atletas de resistencia que no periodizaban el entrenamiento de fuerza disminuían un 4,4% en amplitud de zancada entre las seis primeras repeticiones y las seis últimas en un entrenamiento similar al mostrado en el estudio que se presenta. Petersen, Bugge Hansen, Aagaard y Madsen (2007) obtuvieron descensos del 14 % en la amplitud de zancada en maratonianos 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. Si bien es cierto, el descenso en la amplitud de zancada puede explicarse por el escaso tiempo de recuperación entre repeticiones, estudios como el de Collins et al. (2000) determinaron que no existían modificaciones cinemáticas de carrera 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. Por tanto, existen evidencias de que el entrenamiento de fuerza resistencia retrasa la fatiga en eventos de alta intensidad aeróbica mejorando el rendimiento en pruebas de larga distancia, (Chtara et al., 2005). Así, la mayoría de trabajos que periodizan el entrenamiento de fuerza con atletas de resistencia, determinan que la mejora en el rendimiento está asociada a una mejora en la economía de carrera y a la postre una mayor capacidad de mantener la fuerza muscular (Esteve-Lanao et al., 2008).

## Conclusiones

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

La importancia de periodizar el entrenamiento de fuerza en atletas de resistencia queda patente en este estudio; y cómo el índice SLS puede ser una herramienta útil y de fácil aplicación para determinar déficits de fuerza resistencia en este tipo de atletas. Se hacen necesarios futuros estudios que utilicen más corredores; que diferencien en función del nivel, e incluso, existe la posibilidad de comparar entre diferentes especialidades (atletas de fondo vs atletas de medio fondo) para comparar los valores obtenidos del índice SLS.

## Referencias

- Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., ... Amri, M. (2005) Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 555-560. doi:10.1136/bjism.2004.015248
- Collins, M. H., Pearsall, D. J., Zavorsky, G. S., Bateni H., Turcotte, R. A., & Montgomery, D. L. (2000). Acute effects of intense interval training on running mechanics. *Journal of Sports Sciences*, 18(2), 83-90. doi:10.1080/026404100365144
- Esteve-Lanao, J., Rhea, M. R., Fleck, S. J., & Lucía, A. (2008). Running-specific, periodized strength training attenuates loss of stride length during intense endurance running. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1176-1183. doi:10.1519/JSC.0b013e31816a861f
- Gazeau, F., Koralsztein, J. P., & Billat, V. (1997). Biomechanical events in the time to exhaustion at maximum aerobic speed. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 105(6), 583-590. doi:10.1076/apab.105.6.583.3272
- Hauswirth, C., & Lehénaff, D. (2001). Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. *Sports Medicine*, 31(9), 679-689. doi:10.2165/00007256-200131090-00004
- Hayes, P. R., Bowen, S. J., & Davies, E. J. (2004). The relationships between local muscular endurance and kinematic changes during a run to exhaustion at  $VO_{2max}$ . *Journal of Strength & Conditioning Research* 18(4), 898-903. doi:10.1519/00124278-200411000-00037
- Jones, A. M., & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29(6), 373-386. doi:10.2165/00007256-200333070-00005
- Jung, A. P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*, 33(7), 539-552. doi:10.2165/00007256-200333070-00005
- 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. *European Journal of Applied Physiology* 101(3), 385-396. doi:10.1007/s00421-007-0504-x
- Peterson, M. K., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2005). Applications of dose-response for muscular strength development: A review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 950-958. doi:10.1519/00124278-200511000-00038
- Rhea, M. R., & Alderman, B. L. (2004). A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75(4), 413-422.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., & Hawley, J. A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 947-954. doi:10.1519/00124278-200611000-00036
- Shim, J., Acevedo, E. O., Kraemer, R. R., Haltom, R. W., & Tryniecki, J. L. (2003). Kinematic changes at intensities proximal to onset of lactate accumulation. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(3), 274-278.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 1-7. doi:10.1007/s00421-002-0741-y