

Economía de carrera y *stiffness*

Cuando queremos correr más rápido y mejorar nuestras marcas, pensamos que solo hay una opción, correr más kilómetros y hacer más series. Si lo hacemos de forma adecuada, con una correcta planificación, podremos conseguirlo aumentando la potencia aeróbica y nuestro rendimiento. Pero hay otra solución, aunque mucho menos conocida, que permitirá mejorar nuestros resultados sin tener que soportar un mayor gasto metabólico. La economía de carrera es uno de los mejores recursos a trabajar, sobre todo en carreras de larga distancia. Y lo más sencillo sería aumentando el *stiffness* (rigidez de resorte de la pierna). Al aplicar una fuerza y deformar un tendón, el que tenga mayor rigidez devolverá con mayor eficacia esa energía acumulada. Si mejoramos esta cualidad seremos corredores más eficientes y además lo haremos de manera gratuita, sin necesidad de aumentar nuestra condición aeróbica.

Iván Rodríguez Hernández Licenciado en CC. de la Actividad Física y del Deporte. Responsable de Reebok Rendimiento. Cofundador de Xinerxia Top

Cristina Loring de Anta Licenciada en CC. de la Actividad Física y del Deporte. Responsable de Reebok Rendimiento. Experta en hipoxia

Foto: Hoka.



Factores determinantes del rendimiento en carreras de fondo

El dominio de los corredores de África oriental en carreras de fondo es muy llamativo, por lo que hay abundante investigación al respecto. Larsen (2015) realizó una comparativa de los tres factores fisiológicos más importantes del rendimiento entre corredores kenianos y no kenianos, que incluyen consumo máximo de oxígeno, utilización fraccional de ese VO_2 máx y economía de carrera. La investigación confirmó que en corredores de élite el VO_2 máx era elevado, pero muy similar al de otros corredores. La fracción de utilización de VO_2 máx también era muy alta, pero similar a la de corredores de Europa. Incluso el porcentaje de fibras musculares lentas no era diferente. Sin embargo, sí se encontró un menor costo de oxígeno en los corredores de élite de Kenia.

En otra investigación (Wilber y Pitsiladis, 2012) se hacía una nueva comparativa, esta vez teniendo en cuenta muchas más variables como la predisposición genética o marcadores sanguíneos. Los resultados mostraban de nuevo valores muy similares entre corredores kenianos frente al resto, pero se mostraba fundamentalmente una economía/eficiencia biomecánica y metabólica excepcional respecto a otros corredores. Las prin-

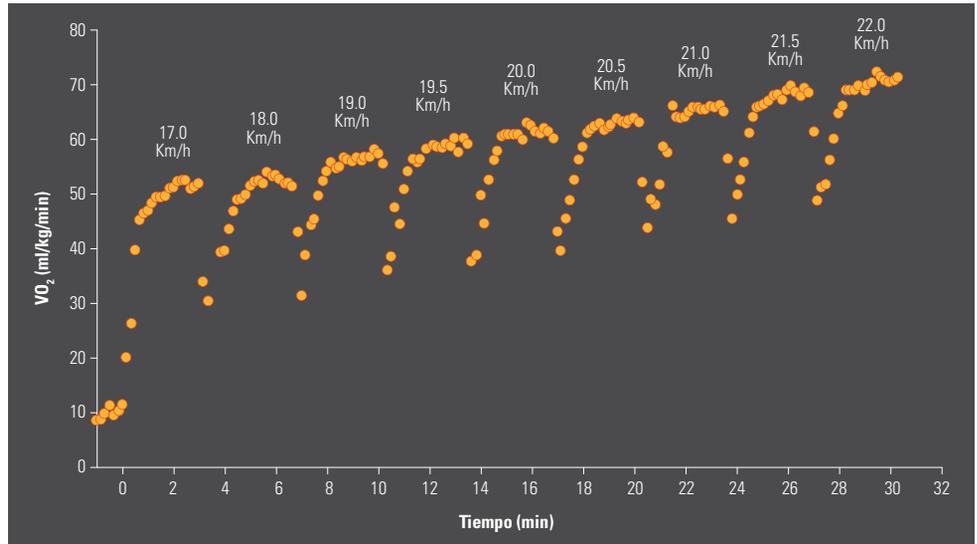


Figura 2.

cipales razones de estas diferencias eran morfológicas ya que los corredores kenianos tenían mayor longitud de pierna (5% más) y pantorrillas más delgadas (12% más livianas). Pero también la exposición crónica a altura combinada con altos volúmenes de entrenamiento de alta intensidad.

Economía de carrera

Como hemos visto, a nivel fisiológico la diferencia entre los mejores y los que ganan a los mejores, puede ser la economía de carrera.

Pero si aún no estamos convencidos de la importancia de esta cualidad, vamos a ver un ejemplo que puede hacernos entenderlo mucho mejor. Si os dijera que es posible correr un maratón en 2 h a 21 km/h con menos de 70 ml/kg/min posiblemente no os lo creeríais. Pero según un interesante estudio realizado con 16 maratonianos de élite (Jones, 2021), concretamente la media para mantener esa velocidad era de «solo» 65,8 ml/kg/min; eso sí, con unos valores de economía de carrera excelentes. Ver figura 2.

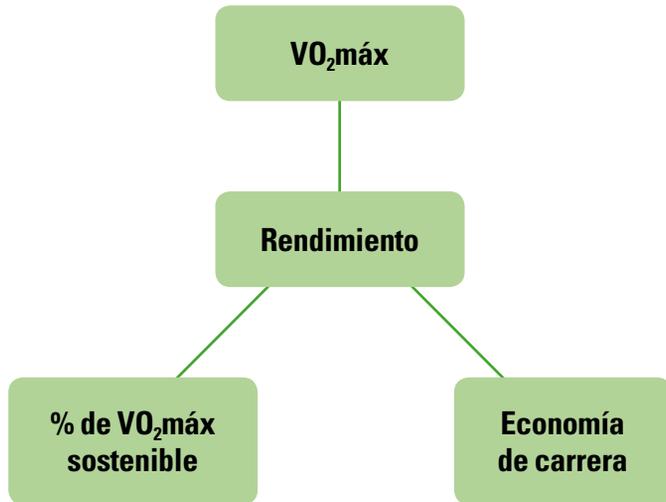


Figura 1.

A nivel fisiológico la diferencia entre los mejores y los que ganan a los mejores, puede ser la economía de carrera.

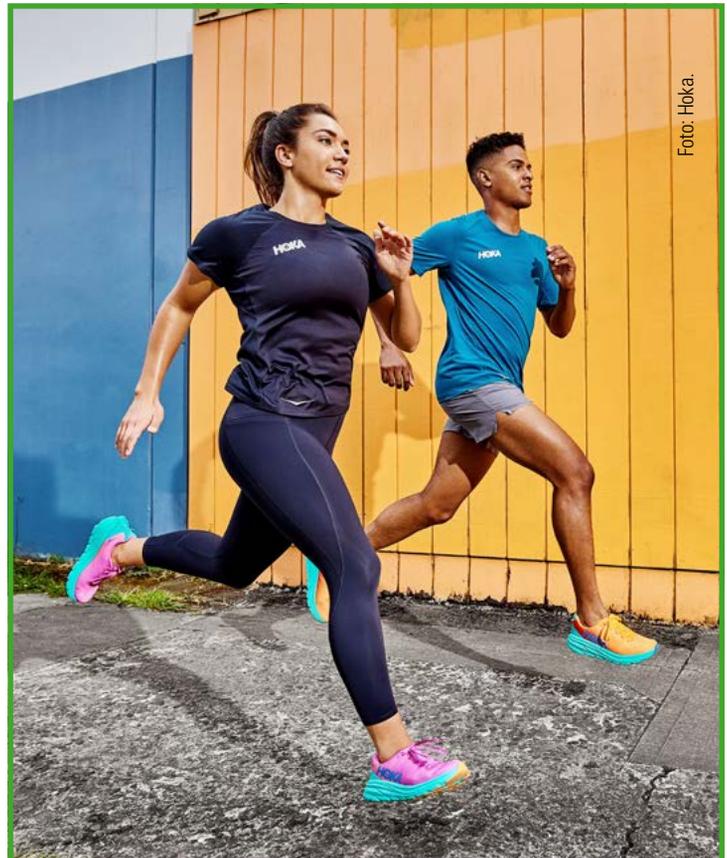


Foto: Hoka.

La economía de carrera podría definirse como la demanda energética necesaria para correr a una velocidad submáxima determinada. Se expresa en cantidad de oxígeno utilizado por kilómetro recorrido, sin influir la velocidad, siempre que sea submáxima, y dividido entre el peso.

En 2007, Foster y Lucia pudieron registrar una economía de carrera récord de poco más de 150 ml/kg/km al atleta Zersenay Tadese corriendo a 19 km/h. Mientras que, en corredores recreacionales, hemos registrado valores superiores a los 240-250 ml/kg/km.

Otro buen ejemplo, es el registrado por Jones (2006) evaluando los cambios fisiológicos de la explusmarquista mundial de maratón Paula Radcliffe a lo largo de más de 10 años. En este periodo se pudo comprobar cómo la economía de carrera mejoró un 15%, pasando de 205 ml/kg/km en 1992 a 175 ml/kg/km en 2003 consiguiendo el récord del mundo en el maratón de Londres.

Es decir, pensar solo en aumentar el $VO_{2\text{máx}}$ para mejorar nuestras marcas puede ser un error. La economía de carrera puede suponer grandes beneficios en corredores de

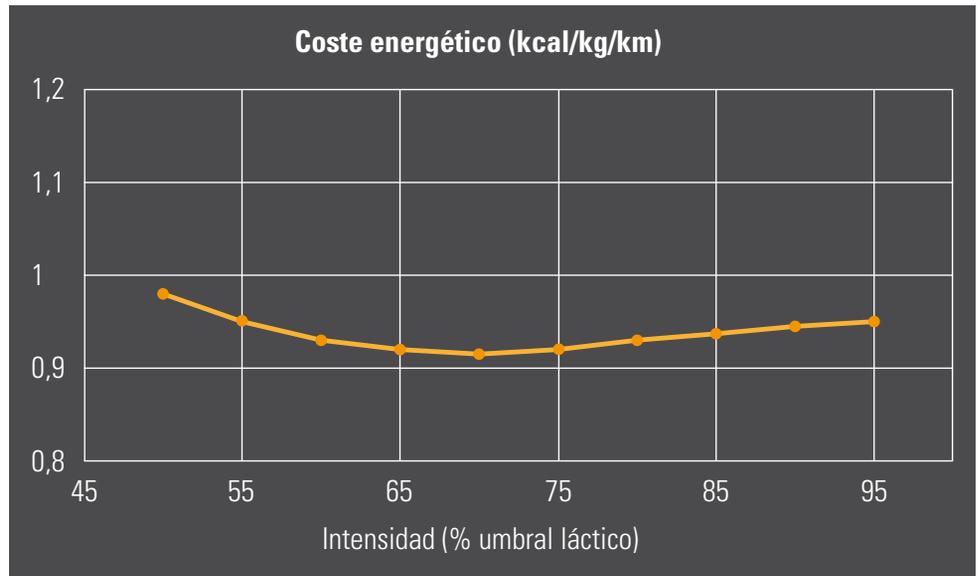


Figura 3.

fondo y si no lo hemos trabajado nunca podría ser una de las mejores opciones para conseguir aumentar nuestro nivel.

Valoración de la economía de carrera

Todo buen corredor, además de realizarse una prueba de esfuerzo para conocer el $VO_{2\text{máx}}$ y sus zonas de entrenamiento, debería valorar su economía de carrera. Con la

economía de carrera podemos realizar una comparativa muy sencilla entre cualquier tipo de corredor, siendo indiferente el sexo o nivel del atleta.

Incluso la velocidad no es muy importante, ya que la diferencia entre intensidades varía poco entre sujetos. Pero si queremos optimizar resultados, en un estudio (Black, 2018) realizado con 92 corredores de diversos niveles, se mostró que la economía en una valoración progresiva de intensidad mostraba una forma de «U» curvilínea, siendo la intensidad más económica de aproximadamente un 70% del umbral láctico. Ver figura 3.

El inconveniente es que para valorar la economía de carrera necesitamos un analizador de gases que permita conocer los datos de VO_2 . Incluso según algunos autores (Fletcher, 2009), consideran que es más acertado controlar el RER en la medición y utilizar el parámetro kcal/kg/km ya que las calorías consumidas son inferiores con un RER menor.

Aunque no hay un baremo reconocido a nivel científico, nosotros utilizamos estos valores (tabla 1):

Economía de carrera (ml O_2 /kg/km)	Valoración
160-180	Excelente
180-200	Bueno
200-220	Mejorable
+ 225	Pobre

Tabla 1.



Si los resultados muestran una economía de carrera por encima de los 200 ml/kg/km tenemos un potencial de mejora y debería ser una cualidad específica a trabajar dentro de nuestro plan de entrenamiento.

¿Cómo mejorar la economía de carrera?

Según Barnes y Kilding (2014), hay de seis pilares para mejorar, que vamos a repasar rápidamente:

- 1. Entrenamiento de resistencia:** Los corredores con mayores volúmenes de entrenamiento suelen tener los mejores resultados, pero eso se consigue de forma lenta con el paso de los años, incluso hay la teoría de que los corredores africanos tienen ventaja en este aspecto por la cantidad de kilómetros acumulados en su infancia.
- 2. Entrenamientos de alta intensidad:** Trabajar a intensidades muy próximas al $VO_{2\text{máx}}$ o superiores, suponen una mejor utilización del oxígeno en las mitocondrias, haciendo que la producción de energía sea más eficiente.
- 3. Trabajo de fuerza con cargas altas:** El aumento de fuerza/potencia en un corredor tiene un efecto positivo mejorando la cantidad de fuerza aplicada en el menor tiempo posible contra el suelo (*rate of force development*, RFD).
- 4. Entrenamientos en altura o en hipoxia intermitente:** La exposición a condiciones de hipoxia suponen adaptaciones centrales y periféricas que mejoran el suministro

Todo buen corredor, además de realizarse una prueba de esfuerzo para conocer el $VO_{2\text{máx}}$ y sus zonas de entrenamiento, debería valorar su economía de carrera.

y utilización del oxígeno consiguiendo mejoras en la economía de carrera.

- 5. Nutrición y suplementos:** Parece que la suplementación con nitratos puede suponer algunos beneficios. Incluso hay alguna referencia a posibles beneficios de la cafeína.
- 6. Pliometría:** Los beneficios pueden ser importantes en la capacidad reactiva y devolución de la energía (*stiffness*). Pero puede ser un método agresivo y para el que debemos estar preparados.

En este último aspecto es en el que nos vamos a detener. El *stiffness* está muy relacionado con la economía de carrera, ya que a mayor capacidad para devolver la energía con la que llegamos al suelo, utilizaremos un menor consumo de oxígeno a la misma intensidad (Tam, 2018).

Normalmente es un método que se incluye en casi cualquier programa de técnica de carrera, pero la propuesta en este caso es diferente. Se trata de realizar ejercicios que nos aporten beneficios específicos en la capacidad muscular y tendinosa de resis-

tirse a la deformación de forma activa y en la devolución de la energía (*stiffness*).

¿Cómo medir el *stiffness*?

Se puede valorar rápidamente con una simple sucesión de saltos y comprobar si necesitamos mejorar. Pero necesitaremos medios precisos para tener una buena referencia, como plataformas de fuerza o sistemas como Optogait. También se puede comprobar de forma sencilla con un móvil y una app como My Jump.

Una muy buena opción es utilizar un acelerómetro de carrera y así podemos controlar la progresión del entrenamiento. Un sistema que tiene respaldo científico es Stryd (Imbach, 2020). En caso de utilizar el sistema Stryd nos tendríamos que fijar en el dato LSS (*Leg spring stiffness*) que suele encontrarse entre 6 y 14 kN/m. Cuanto más elevado sea el valor de *stiffness*, mejor economía de carrera. Sin embargo, es más preciso utilizar el ratio LSS/peso corporal. No es lo mismo una fuerza de compresión de 10 kN/m en un corredor de 50 kg que en uno de 80 kg, ya que el corredor más ligero aprovechará mucho más esa misma fuerza. Ver figura 4.

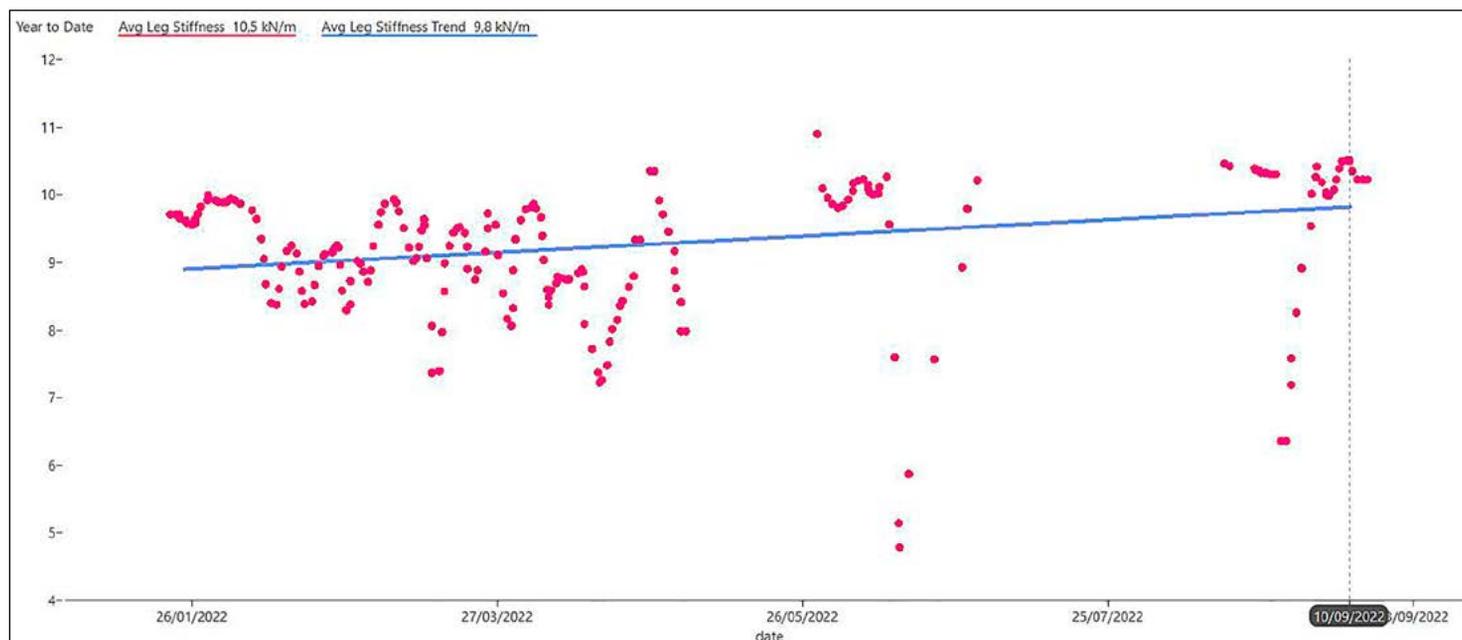


Figura 4.

Los estudios de Steve Palladino sitúan valores inferiores a 0,13 como muy mejorables, siendo en este caso necesario un trabajo específico de esta cualidad. Los valores de 0,14-0,15 son adecuados y solo los que tienen un excelente *stiffness* se acercan a 0,17.

Es importante conocer que estos valores pueden cambiar de forma importante por el tipo de zapatilla (mayor en las revolucionarias zapatillas de placa de carbono) y el terreno, ya que una superficie más blanda como la arena de playa disminuirá mucho este parámetro. Pero aun así puede ser una muy buena ayuda en el control de los efectos del entrenamiento y la progresión. También supone una gran ayuda en la comprensión de la fatiga y su relación con el incremento del gasto energético (Fletcher y Macintosh, 2018). Algo que puede ayudar a entender cambios en pruebas de larga duración y efectos de entrenamientos de días previos.

¿Cómo se puede mejorar el *stiffness*?

Una alta rigidez del Tendón de Aquiles puede suponer un ahorro de energía de hasta un 39% y una disminución de un 31% en la activación muscular del tríceps sural entre diferentes sujetos (Fletcher y Macintosh, 2018). Y según otra investigación de los mismos autores, el gasto energético de corredores bien entrenados de este grupo muscular es de casi el 25% del gasto metabólico total y puede representar casi el 40% en corredores poco entrenados (Fletcher y Macintosh, 2017).

Los corredores más económicos muestran una mayor rigidez del tendón de Aquiles en comparación a los corredores menos económicos, incluso al comparar sujetos bien entrenados. Pero parece que se necesitan periodos largos de entrenamiento para ver resultados, ya que 8 semanas no son suficientes para alterar el *stiffness* del tendón de manera consistente (Fletcher y Macintosh, 2010).

La mejor opción para mejorar el *stiffness* es utilizar el entrenamiento pliométrico, ya que puede suponer beneficios importantes en la fuerza reactiva y economía de carrera según un reciente metaanálisis (Ramírez-Campillo, 2021). Sin embargo, también suponen un método agresivo que puede aumentar la posibilidad de lesionarnos, por lo que debemos estar preparados para ello con una buena base de carrera y una adecuada planificación para integrar este tipo de ejercicios. Pero sobre todo un adecuado nivel de fuerza y control neuromuscular excéntrico, diferenciado de las ac-

ciones concéntricas (Enoka, 1996) y preparación para soportar altas cargas.

Para comenzar, propongo un trabajo más sencillo y también muy eficaz propuesto con un protocolo de trabajo de García-Pinillos (2020):

- Realizar solo durante 5 min en forma de calentamiento saltando a la comba 30" y 30" de descanso.
- Comenzar con solo dos veces por semana y finalizando con hasta cuatro sesiones semanales.

El resultado de estas 10 semanas de entrenamiento es una mejora de la fuerza reactiva y

rigidez del arco plantar. Pero también una mejora del rendimiento de carrera en una prueba de 3 km (22,9 sg vs 11,3 sg), incluso con una ligera reducción del volumen de entrenamiento respecto al grupo control.

Estrategias nutricionales para mejorar el *stiffness*

Si al entrenamiento pliométrico le sumamos la ventaja de un aspecto nutricional que puede fomentar la mejora del *stiffness* podemos mejorar este aspecto con mayor facilidad y en menos tiempo. En este caso la mejor opción es utilizar gelatina enriquecida con vitamina C en los días que realicemos este tipo de entrenamiento. Según Lis y Baar (2018) utilizar 15 g de gelatina natural (no comer-

Semanas	Sesiones semana	Ratio trabajo/descanso	Cadencia	Tipo	Tiempo total semanal
1-2	2	30/30	100-120	Bilateral	10
3-4	3	30/30	100-120	Bilateral	15
5-6	3	30/30	120-140	Unilateral alterno	15
7-8	4	30/30	120-140	Unilateral alterno	20
9-10	4	40/20	120-140	Unilateral alterno	20

Tabla 2.



cial) ingerida 1 h antes del ejercicio, producía un incremento de un 20% del péptido N-terminal del procolágeno.

Aunque no conocemos ninguna investigación que lo haga, nosotros recomendamos utilizar además de la gelatina y vitamina C, que podemos preparar en casa añadiendo fruta, una buena dosis de Glicina. Este aminoácido (el más pequeño de todos) es imprescindible para formar la triple hélice de colágeno y supone el mayor potenciador de colágeno (Paz-Lugo, 2018). Además, en las dietas actuales en las que eliminamos el tejido conectivo de los animales (piel, cartílago, caldos de huesos y pescado, etc.) solemos tener ciertas carencias y mantenemos por debajo de los niveles séricos adecuados.

Resumen

- Conocer la economía de carrera puede ayudarnos a darle la importancia necesaria a esta cualidad y el tipo de trabajo que debemos realizar. Si ésta es superior a 200 ml/kg/km debemos incluir este aspecto de mejora en nuestra planificación de entrenamiento.
- El aumento del *stiffness* mejorará la economía de carrera, ideal para competiciones de larga distancia, pero también el rendimiento en pruebas más cortas.
- Si utilizamos acelerómetros de carrera (Stryd), podremos controlar las sesiones, fatiga y ver de forma objetiva la progresión del entrenamiento en el *stiffness*.
- El trabajo de pliometría y multisaltos puede ser bastante agresivo, por lo que necesitaremos unas condiciones de fuerza y sobre

Una gran opción para mejorar el *stiffness* es utilizar el salto a la comba, ya que puede suponer beneficios importantes en la fuerza reactiva y economía de carrera.

todo trabajo excéntrico imprescindibles. Si no es así podemos aumentar el riesgo de sobrecargas y lesiones.

- Saltar a la comba puede ser una de las formas más sencillas para aumentar el *stiffness* del arco plantar y tendón de Aquiles. Incluir unos minutos en el ca-

lentamiento en los días de menos carga, puede suponer grandes beneficios con poco riesgo.

- Si combinamos este entrenamiento con una ayuda nutricional adecuada con colágeno, glicina y vitamina C, aumentaremos las probabilidades de mejora. ■ ■ ■

BIBLIOGRAFÍA

- BARNES, K.R. y KILDING, A.E. «Strategies to improve running economy» (2014).
BLACK, M. y col. «Is there an optimal speed for economical running?» (2018).
ENOKA, R. «Eccentric contractions require unique activation strategies by their nervous system» (1996).
FLETCHER, J.R. y col. «Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake» (2009).
FLETCHER, J.R. y MACINTOSH, B.R. «Changes in Achilles tendon stiffness and energy cost following a prolonged run in trained distance runners» (2018).
FLETCHER, J.R. y MACINTOSH, B.R. «Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners» (2010).
FLETCHER, J.R. y MACINTOSH, B.R. «Running economy from a muscle energetics perspective» (2017).
FLETCHER, J.R. y MACINTOSH, B.R. «Theoretical considerations for muscle-energy savings during distance running» (2018).
FOSTER, C. y LUCIA, A. «Running economy» (2007).
GARCÍA-PINILLOS, F. y col. «Jump-rope training: improved 3km time-trial performance endurance runners via enhanced lower-limb reactivity and foot-arch stiffness» (2020).
IMBACH, F. y col. «Validity of the Stryd power meter in measuring running parameters at submaximal speeds» (2020).
LARSEN, H.B. y SHEEL, A.W. «The Kenyan runners» (2015).
LIS, D.M. y BAAR, K. «Effects of different vitamin C - enriched collagen derivatives on collagen synthesis» (2018).
PAZ-LUGO, P. y col. «High glycine concentration increase collagen synthesis by articular chondrocytes in vitro: acute glycine deficient could be an important cause of osteoarthritis».
RAMÍREZ-CAMPILLO, R. y col. «Effects of jump training on physical fitness and athletic performance in endurance runners: a meta-analysis» (2021).
TAM, N. y col. «Running economy: neuromuscular and joint stiffness contributions in trained runners» (2018).
WILLBER, R. y PITSILADIS, Y. «Kenyan and Ethiopian distance runners: what makes them so good?» (2012).

Xinergia Top



**ENTRENAMIENTO
CRUZADO**

ÚNETE AHORA



WWW.XINERGIATOP.COM



ENTRENAMIENTO EN HIPOXIA Y
CONTROL DE LA OXIGENACIÓN

CURSOS ONLINE

**DA MAYOR
RESULTADO**