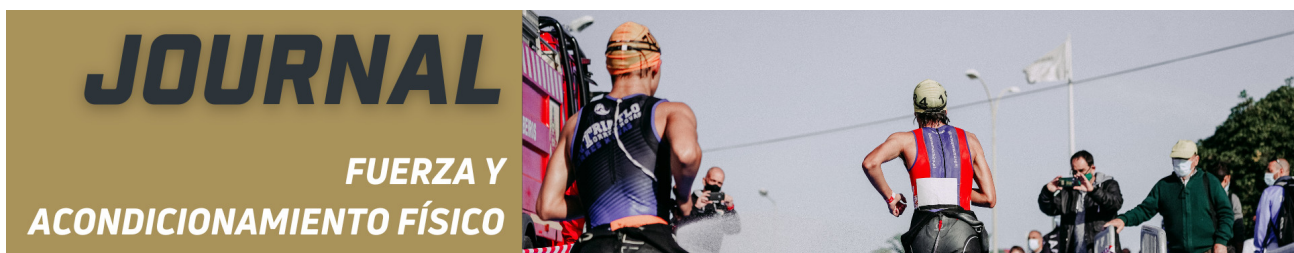


## ENTRENAMIENTO DE FUERZA PARA TRIATLETAS DE LARGA DISTANCIA: TEORÍA Y PRÁCTICA



Kate M. Baldwin, PhD,<sup>1,2</sup> Claire E. Badenhorst, PhD,<sup>3</sup> Ashley J. Cripps, PhD,<sup>1</sup> Grant J. Landers, PhD,<sup>4</sup> Robert J. Merrells, Grad Dip Sc,<sup>1</sup> Max K. Bulsara, PhD,<sup>5</sup> and Gerard F. Hoyne, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Health Sciences, University of Notre Dame, Fremantle, Australia; <sup>2</sup>Discipline of Exercise Science, Murdoch University, Australia <sup>3</sup>School of Sport, Exercise and Nutrition, College of Health, Massey University, Auckland, New Zealand; <sup>4</sup>School of Human Sciences, University of Western Australia, Crawley, Australia; and <sup>5</sup>Institute for Health Research, University of Notre Dame, Fremantle, Australia

Artículo original: Strength Training for Long-Distance Triathletes: Theory to Practice. Strength and Conditioning Journal, 2022, 44(1): 1-14.

### RESUMEN

El entrenamiento concurrente, comúnmente reconocido como un método de entrenamiento en el que el entrenamiento de la fuerza y ??de resistencia se complementan entre sí, es una estrategia que a menudo se implementa en los programas de corredores y ciclistas de resistencia para mejorar los determinantes fisiológicos del éxito, como la economía del ejercicio. Aunque los métodos y estrategias de entrenamiento concurrente se han examinado en gran medida en ciclistas y corredores de resistencia, la literatura que examina los métodos de entrenamiento concurrente óptimos para mejorar las variables fisiológicas en los triatletas de larga distancia es mínima, lo que deja relativamente desconocida la programación óptima. Este documento de aplicaciones prácticas identifica y describe los conceptos y consideraciones actuales con respecto al entrenamiento concurrente para triatletas de larga distancia, incluidos los mecanismos que contribuyen a mejorar el rendimiento, los patrones musculares y de

movimiento utilizados, la selección de ejercicios, la carga, la velocidad del movimiento, la programación, la frecuencia y la duración del entrenamiento. También se identifican conceptos erróneos comunes relacionados con el entrenamiento concurrente y se discuten consideraciones prácticas para la aplicación del entrenamiento concurrente para entrenadores, atletas y otros profesionales para mejorar las 3 disciplinas del triatlón.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que existe una gran cantidad de investigaciones que recomiendan la implementación de entrenamiento de fuerza y ??resistencia simultáneos para un rendimiento óptimo y mejoras fisiológicas, los entrenadores tienden a tener puntos de vista opuestos sobre la implementación del entrenamiento de fuerza (EF) en los programas de los atletas de resistencia. La inclusión de EF en los programas de los triatletas de larga distancia (LD) puede mejorar tanto la economía de ciclismo (ECi) como la economía de carrera (ECa), que se considera fundamental para el éxito en el triatlón de LD (58, 62). Además, la investigación ha demostrado que el EF puede mejorar significativamente las variables de rendimiento (economía, rendimiento en pruebas contrarreloj, frecuencia cardíaca [FC] reducida a intensidades submáximas, velocidad en el VO2máx., y la potencia en el VO2máx) en deportes de resistencia de modo único como el ciclismo y la carrera (10,11,25,61,71,72,79,80,83,90,91, 98,100). El triatlón de LD se clasifica como cualquier distancia de triatlón superior a una carrera de distancia olímpica (> 1500 m de natación, 40 km de ciclismo y 10 km de carrera) (59) con las 2 formas más comunes conocidas como distancia de medio Iron Man (1,9 km de natación, 90 km de ciclismo y 21,1 km de carrera a pie) y distancia completa de Iron Man (3,8 km de natación, 180 km de ciclismo y 42,2 km de carrera a pie).

Un estudio reciente que examinó las características de los hábitos del EF en triatletas de LD encontró que solo el 54,6% de los triatletas incluían una forma de EF en su régimen de entrenamiento normal y los participantes informaron restricciones de tiempo y falta de conocimiento sobre qué ejercicios de fuerza completar, cómo progresar en ejercicios, y la técnica de carrera como las principales barreras (59). Como el EF se considera un término amplio que abarca muchas variables diferentes que se pueden manipular (51), puede ser complejo para un entrenador o atleta comprender la prescripción óptima de EF para lograr los objetivos del atleta. Las variables que se pueden manipular incluyen el tipo de contracción muscular (isométrica, concéntrica o excéntrica), selección de ejercicios (cadena abierta o cerrada), volumen (número de repeticiones, series, carga levantada), velocidad de movimiento, intervalos de descanso y frecuencia de entrenamiento (52). Además, la periodización de un programa de entrenamiento proporcionará la estructura general y el estímulo de entrenamiento específico y, posteriormente, determinará la adaptación y respuesta del individuo. La complejidad de comprender la prescripción óptima de EF para los triatletas de LD se destaca en un estudio reciente realizado por los autores actuales que muestran mejoras significativas en la ECi después de 12 semanas de EF de carga moderada sin efecto sobre la ECa o el tiempo de natación (58). Sin embargo, un programa posterior de EF de carga pesada de 12 semanas mejoró significativamente la ECa, pero no mejoró aún más la ECi o el tiempo de natación (58). Específicamente para el entrenamiento de resistencia, los entrenadores pueden prescribir sesiones de "fuerza-resistencia" como nadar con remos, andar en bicicleta con una marcha grande o correr cuesta arriba para mejorar la fuerza. Durante estas sesiones de "fuerza-resistencia", un atleta completará cientos o incluso miles de repeticiones para cada uno de estos movimientos (es decir, si un corredor sube una colina a una cadencia

de 170 pasos por minuto durante 2 minutos, completará 340 pasos por minuto). Estos parámetros de "fuerza" no se ajustan a la prescripción de EF más tradicional (51) y, por lo tanto, no abarcan el EF, a pesar de que el entrenador implemente estas sesiones con el objetivo de "mejorar la fuerza".

Aunque existen numerosos estudios que respaldan la implementación de EF para mejorar el rendimiento y las variables fisiológicas en atletas de resistencia (10,11,25,61,71,72,79,80,83,90,91,98,100), los artículos de aplicación práctica se centran principalmente en la carrera (8), deportes "monomodo" (9) o están desactualizados (20). Por lo tanto, el propósito de este documento es educar a los entrenadores y atletas sobre los beneficios de completar el entrenamiento concurrente de fuerza y ??resistencia para mejorar los factores fisiológicos que contribuyen al rendimiento del triatlón de LD. Se presta especial atención a los diferentes grupos de músculos y contracciones musculares que se utilizan durante las 3 disciplinas del triatlón en comparación con los deportes de resistencia de modalidad única. Este documento tiene como objetivo abordar las barreras informadas de la falta de conocimiento sobre la implementación del EF para que los entrenadores y atletas puedan tener confianza al implementar EF en su régimen de entrenamiento actual y, a su vez, mejorar el rendimiento. Además, este documento describe las diferencias en la programación de EF para las 3 disciplinas del triatlón e identifica factores adicionales a considerar al implementar EF, como la suboptimización del rendimiento de resistencia y la programación del EF.

## **VARIABLES FISIOLÓGICAS QUE CONTRIBUYEN AL RENDIMIENTO EN TRIATLETAS DE LARGA DISTANCIA**

### **Economía del ejercicio**

La economía del ejercicio se define como la demanda de energía requerida a una intensidad submáxima absoluta determinada y, a menudo, se la considera uno de los indicadores clave del rendimiento en los atletas de resistencia (7). Un triatlón consiste en nadar, andar en bicicleta y correr de forma consecutiva durante períodos prolongados, donde se imponen demandas extremas de energía al cuerpo, especialmente en las etapas finales críticas de la carrera cuando se agotan las reservas de energía (43,63,64). El ciclismo y la carrera a pie comprenden las disciplinas más largas dentro de una carrera de triatlón de LD y representan el 55 y el 35% del tiempo total de carrera respectivamente (33), enfatizando su importancia para el desempeño general. Se reconoce que E<sub>ci</sub> y E<sub>ca</sub> son cruciales para el éxito en el triatlón de LD y para mejorar el rendimiento en estas disciplinas, los atletas deben entrenar su cuerpo para usar sus suministros de energía de manera más eficiente (43,63,64). El ciclismo y la E<sub>ca</sub> son multifactoriales y están influenciados por factores antropométricos, fisiológicos, biomecánicos y neuromusculares (82). La eficiencia del rendimiento neuromuscular puede verse afectada por el tipo de fibra muscular, la señalización neural, la programación motora, la producción de fuerza y ??la rigidez músculo-tendinosa (7). Estos factores pueden ser modificados a través de la implementación de diversas estrategias de capacitación, siendo reconocida la EF como una de las intervenciones más efectivas para mejorar la E<sub>ca</sub> (82,83).

### **Consumo máximo de oxígeno y umbral de lactato (UL)**

Los altos niveles de potencia aeróbica son cruciales para el éxito en el triatlón de LD, con triatletas de alto rendimiento que alcanzan valores máximos de consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>máx) casi el doble del valor de un individuo sin entrenamiento (13). Muchos atletas

de resistencia de alto rendimiento tienen valores altos de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  similares y comparables, aunque la ECa puede variar en gran medida entre los individuos y, por lo tanto, puede ser el factor que separa a los mejores atletas de los novatos (23, 65). De hecho, hasta el 65% de la variación en el rendimiento de la carrera en corredores de alto nivel podría atribuirse a las diferencias en la ECa (23). El umbral de lactato, definido como la carga de trabajo más allá de la cual se produce una rápida acumulación de lactato en sangre (BLa), también está muy relacionado con el rendimiento en triatlón (92). El UL identifica la fracción del  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  que se puede mantener durante un esfuerzo prolongado durante un evento de resistencia como un triatlón de LD (92). Por lo tanto, los atletas con valores más altos de UL pueden mantener una intensidad submáxima más alta sin un aumento continuo en BLa, que se asocia con un rápido aumento en el metabolismo anaeróbico que contribuye al costo de energía del movimiento.

## PREVENCIÓN DE LESIONES

Las lesiones son una ocurrencia común entre los triatletas de LD y pueden estar asociadas con los volúmenes de entrenamiento sustanciales realizados (de 13,5 a 21,5 horas por semana) (37,101). Anderson et al. examinaron la ocurrencia de lesiones en triatletas de LD durante un período de entrenamiento de 26 semanas con el 87% de toda la cohorte informando una forma de lesión por uso excesivo, y más de la mitad de estas lesiones se clasificaron como un problema "sustancial" (definido como " aquellos que conducen a reducciones moderadas o severas en el volumen de entrenamiento, o reducciones moderadas a severas en el rendimiento deportivo, o incapacidad total para participar en el deporte") (2). A lo largo del período de 26 semanas, más de la mitad de la cohorte sufría una lesión por uso excesivo que afectaba la rodilla, la pantorrilla, la parte inferior de la espalda o el hombro (2). Dado que el entrenamiento es uno de los modificadores más importantes del rendimiento de resistencia (48) y los triatletas de LD generalmente completan altos volúmenes de entrenamiento, se puede suponer que pasar más tiempo fuera del entrenamiento debido a una lesión puede resultar en una disminución del rendimiento. Sufrir una lesión por el entrenamiento o las carreras puede provocar que los atletas pierdan o alteren las sesiones de entrenamiento, lo que aumenta el tiempo necesario para alcanzar un nivel más alto de rendimiento en una competición. Por el contrario, si un triatleta evita lesiones y puede mantener un mayor volumen de entrenamiento, lo que parece necesario para el rendimiento en el triatlón de LD, puede lograr un nivel óptimo de rendimiento para su evento. Un metanálisis reciente mostró que la implementación del EF fue el protocolo de prevención de lesiones más efectivo, ya que el EF redujo las lesiones deportivas por sobreuso en casi la mitad (54). Por lo tanto, se puede plantear la hipótesis de que la inclusión de EF puede beneficiar el rendimiento de los triatletas de LD a través de la reducción de la ocurrencia de lesiones.

La investigación en triatletas de LD ha indicado que el tobillo y la rodilla son los sitios de lesiones más comunes. Aproximadamente el 77,7 % de las lesiones por sobreuso notificadas afectan al tendón de Aquiles y el 66,6 % a la rodilla (30). Vleck et al., también observaron que los sitios de lesiones más frecuentes en los que sufrieron los triatletas de LD fueron la rodilla (44 %), la pantorrilla (20 %), el tendón de la corva (20 %) y la parte inferior de la espalda (20 %), con la mayoría de las lesiones por uso excesivo sufridas por correr (60%), mientras que el ciclismo representó el 32% y la natación el 16% de las lesiones por sobreuso.

## **GRUPOS MUSCULARES Y PATRONES DE MOVIMIENTO UTILIZADOS EN TRIATLÓN**

### **Carrera**

Durante la carrera, una fuerza de reacción del suelo entre 2 y 3 veces el peso corporal del individuo se ejerce a través de la extremidad inferior del atleta con cada paso. Esta fuerza es contrarrestada por el comportamiento de resorte del sistema músculo-tendinoso de la pierna de apoyo (69,82). La energía mecánica se almacena en los músculos y tendones durante la fase de contacto de la carrera antes de gastarse durante la fase de impulso (34). La recuperación y gasto de esta energía almacenada reduce la necesidad de contracciones musculares, disminuyendo así los requerimientos energéticos (34). Este comportamiento similar a un resorte de las extremidades inferiores y el uso de energía elástica enfatiza la importancia de la rigidez músculo-tendinosa para un rendimiento y una economía de carrera óptimas, con estimaciones sobre el consumo de oxígeno durante la carrera siendo un 30-40% más altas sin las contribuciones del almacenamiento y retorno de energía elástica (21). La fuerza de los músculos tríceps sural (gastrocnemio y sóleo) está asociada con la ECa, ya que estos músculos representan hasta el 40 % del costo metabólico total de la carrera en atletas recreativos y el 25 % en atletas de alto nivel (36). El tríceps sural es el mayor contribuyente de la propulsión hacia adelante durante la carrera con su tendón común de inserción (tendón de Aquiles) devolviendo eficientemente el 90% de la energía mecánica durante el impulso, con las fuerzas del tendón estimadas en 6 a 8 veces el peso corporal del atleta (70). Del grupo de músculos tríceps sural, el sóleo es el principal contribuyente a impulsar el cuerpo hacia adelante (41). A medida que aumenta la velocidad de carrera, las fibras del músculo sóleo se contraen con las velocidades más altas de cualquier músculo durante la última fase de apoyo, lo que permite una flexión plantar más rápida y, por lo tanto, reduce el tiempo de contacto con el suelo, lo que se asocia con la velocidad de carrera y, posteriormente, con la economía (29, 40).

Los isquiotibiales, los cuádriceps y el tibial anterior también juegan un papel importante durante la carrera, contrayéndose tanto concéntrica como excéntricamente durante las diferentes fases de la marcha, trabajando juntos para aumentar la rigidez músculo-tendinosa y mejorar la producción de fuerza en las fases de frenado y/o propulsión de la carrera. (53). El glúteo mayor tiene un papel importante para producir la extensión de la cadera y trabaja predominantemente de forma concéntrica durante la carrera. Las extremidades superiores no contribuyen notablemente a la carrera porque generan menos del 1% de la aceleración de la carrera (41).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los brazos pueden contrarrestar eficazmente el impulso de las extremidades inferiores y pueden influir en la actividad de los músculos de las extremidades inferiores, especialmente la del glúteo mayor a través de la oscilación oblicua posterior (donde el dorsal ancho y el glúteo mayor se unen en la parte posterior a la columna vertebral por la fascia toracolumbar) (85).

### **Ciclismo**

A diferencia de la carrera, solo se producen contracciones musculares concéntricas durante el ciclismo de ruta (16,31), lo que reduce la capacidad de los ciclistas para almacenar energía durante las contracciones musculares excéntricas y utilizarla de la

misma manera que los corredores. Los cuádriceps, glúteos, bíceps femoral y tibial anterior trabajan sinérgicamente para generar potencia durante el primer cuarto de la pedalada (parte superior de la pedalada a 90°) (75,76,87). Luego, los cuádriceps se vuelven menos activos, mientras que los isquiotibiales, el gemelo y el glúteo mayor se vuelven más activos hasta el punto muerto inferior del pedaleo para completar la fase propulsiva del ciclismo (75,76,87). Los flexores de la cadera (psoas ilíaco y cabeza corta del bíceps femoral) también están activos durante el ciclismo, lo que permite el movimiento efectivo hacia arriba del pedal después de la propulsión hacia abajo (75,76). La articulación del tobillo se estabiliza durante todo el recorrido del pedal para garantizar que la fuerza se transfiera a través del tobillo a la biela, lo que se realiza mediante la coactivación de los flexores plantares del tobillo (tríceps sural) y el tibial anterior (46, 75, 76).

Al igual que al correr, los músculos del tronco y los brazos brindan una fuerza de contrapeso a las extremidades inferiores durante el pedaleo con la mano, el brazo, el hombro, el abdomen y la espalda formando un cabestrillo muscular que se mueve hacia adelante y hacia atrás en apoyo del tronco y la pelvis (87). Cabe señalar que en las carreras de triatlón de LD, los atletas utilizan principalmente bicicletas de contrarreloj en las que la posición se centra predominantemente en mejorar la aerodinámica en comparación con una bicicleta de carretera. Dichos cambios en el tipo y la posición de la bicicleta pueden provocar algunos cambios en la activación muscular. Una posición más aerodinámica en una bicicleta de contrarreloj puede resultar en un mayor grado de flexión de la cadera, lo que puede disminuir la activación de los flexores de la cadera (17,50). Para compensar la pérdida de fuerza de los flexores de la cadera, se propone que los flexores de la rodilla (isquiotibiales) aumenten la actividad en la posición de contrarreloj. Un aumento en la actividad de los isquiotibiales en los ciclistas se ha asociado con un aumento en la producción de fuerza durante la pedalada (17, 50).

## **Natación**

Los principales músculos de propulsión utilizados en la natación al estilo crol son el pectoral mayor y el dorsal ancho; sin embargo, los estudios muestran una gran variación en la activación muscular, lo que refleja la gran variabilidad en la técnica de brazada de natación entre los atletas (73,86). Una característica importante para el éxito durante la natación crol frontal es estabilizar la extremidad superior permitiendo una propulsión más fuerte bajo el agua durante la brazada. Los músculos pectoral mayor, redondo menor y los del manguito de los rotadores trabajan juntos durante la brazada de manera estabilizadora (73, 86). Se sugiere que la patada con la pierna durante la natación se use para estabilizar el cuerpo, lo que permite una mejor cinemática de la brazada, en vez de una fuerza propulsiva. Esto se debe a investigaciones que sugieren que la patada solo contribuye al 10 % de la propulsión durante el nado crol (73,86). Durante la natación en aguas abiertas, la cinemática de la brazada de natación variará respecto a la natación en piscina debido a las condiciones del agua (oleaje, temperatura del agua, olas, mareas) y al uso de trajes de neopreno, que pueden influir en la eficiencia, la técnica y la mecánica de la brazada. Además, en la natación en aguas abiertas, se pone énfasis en hacer que el movimiento de la brazada de natación sea lo más eficiente posible, en lugar de centrarse en la producción de potencia (5).

## **ENTRENAMIENTO CONCURRENTE DE FUERZA Y RESISTENCIA EN TRIATLETAS DE LARGA DISTANCIA**

Los programas EF que demuestran mejoras fisiológicas y de rendimiento significativas en los deportes de resistencia generalmente se componen de ejercicios de alta carga y pocas repeticiones, comúnmente denominados EF "pesados" o "máximos" (1–8 repeticiones, 3–5 series, 70% de 1 repetición máxima [1RM]). Esto puede ser contrario a los procesos populares utilizados por algunos entrenadores de resistencia que pueden implementar programas de baja carga y muchas repeticiones para centrarse en la resistencia muscular, porque creen que esto se adaptará mejor a las demandas metabólicas y musculares del atleta de resistencia. Es importante que los entrenadores comprendan que el entrenamiento de resistencia tradicional (p. ej., ciclos enfocados en ejercicios aeróbicos de larga duración o entrenamiento de intervalos específicos para correr) debe prescribirse para abordar los aspectos de rendimiento cardiovascular y de resistencia muscular (12, 18, 81, 90, 91).

Los estudios que examinan la eficacia del entrenamiento concurrente han mostrado resultados variables, principalmente debido a las diferencias en los protocolos y metodología del EF. Se ha demostrado que un programa de EF de carga progresiva de 26 semanas mejora significativamente tanto la ECi ( $p = 0,001$ , 7,53 %, TE = 0,97) como la ECa ( $p = 0,004$ , 4,86 %, TE = 0,57) en el grupo de fuerza y resistencia, sin cambios significativos demostrados en el grupo de control (58). Esta intervención constaba de dos bloques de EF de 12 semanas, el primero de los cuales consistía en EF de carga "moderada" (3 a 4 series, 8 a 12 repeticiones, 75 % de 1 RM), al que luego le seguía un bloque de EF de carga "elevada" de 12 semanas (3–5 series, 1–6 repeticiones, 85% de 1RM). Las mejoras significativas en ECa solo se observaron durante el bloque de EF de intensidad elevada de 12 semanas, mientras que las mejoras significativas en ECi se observaron después del bloque de EF inicial de carga moderada de 12 semanas. La carrera y la ECi se evaluaron durante un triatlón de LD simulado, replicando la competición específica y las demandas fisiológicas del triatlón de LD mientras se acomodaba la fatiga acumulada de la disciplina anterior (60). Además, las mejoras observadas en ECa fueron mayores que las de TE y el cambio más pequeño que valió la pena asociado con la medición de ECa (82), por lo tanto, potencialmente demuestra mejoras fisiológicas significativas. Otro estudio que examinó el EF concurrente en 15 triatletas bien entrenados observó mejoras significativas en las medidas de fuerza máxima y ECa ( $p < 0,05$ ) en el grupo de fuerza resistencia solo después de completar un programa de EF de carga pesada de 14 semanas (3-5 series de 3-5 repeticiones hasta el fallo) (62).

En un estudio adicional que examinó a 14 triatletas bien entrenados, los participantes completaron un programa de EF de intensidad elevada de 5 semanas (3–5 series, 3–5 repeticiones hasta el fallo, 90% de 1RM) que resultó en mejoras significativas en la fuerza máxima (6 %) en el grupo de fuerza y resistencia sin cambio asociado en la masa corporal (42). El grupo de fuerza y resistencia también mostró un aumento en la actividad electromiográfica en el vasto lateral, lo que permitió a los autores concluir que el aumento en la fuerza máxima probablemente se debió a mecanismos neurales como una mayor activación neural, una sincronización más eficiente de la unidad motora, una excitabilidad más eficiente de las neuronas motoras y una disminución de la inhibición del órgano tendinoso de Golgi (42). La mejora significativa en la fuerza máxima (6%) fue menor que la de otros estudios similares en ciclistas y corredores de resistencia que han mostrado mejoras en las medidas de fuerza máxima entre el 14 y el 45 % (10, 62, 77, 79, 90, 91, 100). Las mejoras relativamente menores en la fuerza máxima y la actividad EMG

observadas por Hausswirth et al. no se tradujeron en mejoras en la ECI, lo que sugiere que 5 semanas de EF pesado pueden no ser una duración de entrenamiento suficiente para provocar cambios significativos en la ECI.

La efectividad de los protocolos pliométricos de EF en triatletas también ha sido evaluada por Bonacci et al., quienes realizaron 3 sesiones pliométricas de 30 minutos por semana durante 8 semanas en 8 triatletas moderadamente entrenados, y la actividad EMG mostró cambios en los patrones de reclutamiento muscular que tendían a replicar una carrera aislada. Sin embargo, estos resultados neuromotores favorables no se tradujeron en mejoras significativas en la ECa (19).

También se observan hallazgos similares en la literatura que examina el EF concurrente en duatletas (bicicleta, carrera) y ciclistas con participantes que mejoran significativamente la ECI después de 8 a 12 semanas de EF pesado completado dos veces por semana (10,79,91,98,100). En 2 de estos estudios, las disminuciones en el consumo de oxígeno y la FC no se observan hasta las últimas etapas de los períodos de prueba submáximos prolongados (79,100), lo que enfatiza la importancia del EF para mejorar la ECI cuando los atletas se fatigan después de períodos prolongados. Además, los participantes en los grupos de fuerza y resistencia de estos estudios mejoraron significativamente el rendimiento durante un ciclo máximo de 5 minutos después de un ejercicio submáximo prolongado (3 horas), que puede replicar un sprint o un mayor esfuerzo para terminar al final de una carrera de triatlón de LD (79,100). Los autores propusieron que la reducción del consumo de oxígeno y la FC durante el trabajo submáximo prolongado redujeron la tensión fisiológica, la fatiga y el consumo de energía, lo que permitió a los atletas conservar mejor las reservas de glucógeno para el esfuerzo máximo de 5 minutos (79,100). Además, un programa de EF máximo de 16 semanas realizado por ciclistas de élite dio como resultado una mejora significativa en la potencia durante una prueba contrarreloj de ciclismo de 45 minutos (8%) en el grupo de fuerza y resistencia, mientras que el grupo de control no mejoró significativamente el tiempo-contrarreloj (1). La distancia total recorrida, el trabajo total y la producción de potencia promedio fueron significativamente mayores en el grupo de fuerza y resistencia que en el grupo de control después del entrenamiento (1). Se observan resultados similares en duatletas femeninas con una mejora significativa en la potencia media durante una prueba contrarreloj máxima de 40 minutos (98). Además, Ronnestad et al. encontraron mejoras significativas en  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  después de completar el EF máximo en ciclistas ( $p < 0,05$ ; TE = 0,81 (78), TE = 0,84 (79)).

Los estudios que implementan protocolos de EF en corredores de resistencia también han mostrado resultados similares con una revisión sistemática reciente que incluye corredores de LD, duatletas y triatletas que observaron mejoras en ECa entre 2% y 8% (TE 0.14–3.22) después de completar programas pesados ??de EF (>80 % de 1RM) (18). Además, se han observado mejoras significativas en la ECa a partir de un programa de EF basado en pliometría (83) o un programa "combinado" (que incluye ejercicios pliométricos y de fuerza de alta intensidad) (10). También se han visto mejoras significativas en las pruebas contrarreloj de 3000 m–5000 m y velocidad del  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  como resultado de programas pliométricos/explosivos basados ??en EF en corredores (14,61,71,88).

Hasta donde sabemos, no hay investigaciones que examinen el entrenamiento simultáneo de fuerza y ??resistencia en las medidas de rendimiento de natación en



aguas abiertas; sin embargo, la literatura recomienda la inclusión de EF en el régimen de entrenamiento normal de los nadadores de en aguas abiertas (97). Un estudio que examinó las cargas de entrenamiento de los nadadores de élite identificó que los nadadores de LD generalmente incluían EF en tierra firme como una parte constante de su régimen de entrenamiento (74). Estos programas EF parecen centrarse tanto en el acondicionamiento metabólico como en la fuerza máxima (74). Los programas de EF en tierra firme para natación en piscina de distancias más cortas han mostrado mejoras significativas en el rendimiento de natación con la prescripción de programas de EF de alta intensidad ??(2–3 repeticiones, 3–5 series al 80–90 % de 1RM) (4,38); sin embargo, se debe tener cuidado al usar estos resultados, ya que los protocolos de EF pueden haber mejorado las salidas y virajes en la natación en piscina, lo que puede no ser aplicable para la natación en aguas abiertas.

## **MECANISMOS QUE CONTRIBUYEN A LAS MEJORAS FISIOLÓGICAS**

Se han propuesto varias adaptaciones neurológicas y morfológicas para contribuir a las mejoras obtenidas del entrenamiento concurrente de fuerza y ??resistencia. Las mejoras en la rigidez músculo-tendinosa se citan comúnmente como una de las adaptaciones más importantes de los programas de EF para mejorar el rendimiento de resistencia, especialmente en la carrera (62, 83, 90). El aumento de la rigidez músculo-tendinosa puede mejorar el uso de la energía elástica de los tendones y, por lo tanto, disminuir la contracción muscular requerida durante la carrera, reduciendo las demandas de energía en los músculos y, por lo tanto, mejorar la ECa (11).

Otro mecanismo propuesto son las mejoras significativas en la RFD dinámica a partir del aumento de la activación neural de las fibras musculares. Esto permitiría al atleta impulsarse rápidamente contra el suelo o el pedal, disminuyendo el tiempo de contracción y la constricción del flujo sanguíneo y permitiendo que fluya más sangre a los músculos activos, facilitando así un aumento en la oxigenación y el uso de sustratos (90,91).

EF también puede dar como resultado un aumento en la contribución del trabajo de las fibras musculares tipo I y retrasar el reclutamiento de las fibras tipo II (24,45). Además, el EF también puede aumentar la proporción de fibras musculares de tipo IIa menos fatigables a expensas de una reducción en las fibras de tipo IIx, lo que puede contribuir aún más a la mejora del rendimiento en atletas de resistencia (1).

## **BARRERAS Y CONCEPTOS ERRONEOS SOBRE EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN TRIATLETAS DE LARGA DISTANCIA**

Aunque existe una gran cantidad de investigaciones que respaldan la implementación del EF para la optimización del rendimiento en atletas de resistencia, los triatletas de LD todavía perciben algunas barreras en torno a la realización de EF (59). Si bien la preocupación por la hipertrofia puede considerarse inicialmente como una barrera de vanguardia, solo el 5,1 % de los triatletas de LD informaron esto como una barrera del EF (59). Los estudios que implementan EF pesado en programas de atletas de resistencia con frecuencia no han mostrado cambios en la masa corporal en triatletas, ciclistas y corredores (62, 90, 91). El ejercicio de resistencia puede afectar negativamente las vías intracelulares importantes para la síntesis de proteínas miofibrilares, por lo tanto, inhibiendo la hipertrofia muscular, lo que puede contribuir a la falta de hipertrofia muscular y masa corporal informada en estudios de entrenamiento de fuerza y ??resistencia concurrentes (22). Sin embargo, contrario a esto, algunos estudios que investigan el

entrenamiento simultáneo de fuerza y ??resistencia han informado un aumento significativo en el área de sección transversal muscular (CSA) después de las intervenciones de EF tanto en corredores como en ciclistas, sin un aumento asociado en la masa corporal (77, 98, 99). Por lo tanto, es posible que, como resultado de EF, parte de la masa grasa sea reemplazada por masa muscular sin cambios generales en la masa corporal (77). Una relación entre la CSA del músculo cuádriceps y la ECI mejorada ( $r=0,54$ ) (98), lo que indica la importancia potencial de un pequeño aumento en el CSA muscular para mejorar el rendimiento. Por lo tanto, un aumento en el tamaño del músculo no debería ser una barrera que inhiba a los triatletas para completar el entrenamiento de fuerza y ??resistencia concurrente.

Las restricciones de tiempo son la principal barrera percibida informada por los triatletas de LD (53,1 %), lo que puede deberse a los grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia que realizan actualmente los triatletas de LD (59). Los programas de EF implementados que han dado como resultado mejoras en ECa y ECI tienen una duración relativamente corta (30-60 minutos), especialmente cuando se comparan con una sesión de entrenamiento de resistencia clave que involucra un ciclo de resistencia o una carrera. Los grupos de control en la mayoría de los estudios de entrenamiento de fuerza y ??resistencia simultáneos no mejoraron significativamente el rendimiento de resistencia; por lo tanto, podría plantearse la hipótesis de que la inclusión de EF, a costa de una sesión de entrenamiento de resistencia, puede mejorar el rendimiento y, al mismo tiempo, ser más eficaz en el tiempo que trabajar solo con entrenamiento de resistencia (10, 11, 61, 71, 72, 79, 80, 83,90,91,98,100). Otra barrera importante que contribuyó a la falta de EF en los triatletas de LD fue que los atletas no estaban seguros de qué ejercicios completar, la técnica y cómo progresar en los ejercicios con el 52,5% de los atletas que informaron esto como una barrera, enfatizando la necesidad de educar a los atletas y también entrenadores con respecto a la programación adecuada y óptima del EF (59).

## **PROGRAMACIÓN DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA PARA TRIATLETAS DE LARGA DISTANCIA**

### **Selección del ejercicio**

Para un rendimiento óptimo en los deportes de resistencia, los sistemas músculo-tendinosos de la cadera, la rodilla y el tobillo deben trabajar simultáneamente para producir fuerza contra el suelo o el pedal (11,12). Los ejercicios compuestos de cadena cinética cerrada multiarticular (donde se fija la extremidad distal) deben incluirse en los programas EF porque generalmente dan como resultado una mayor mejora del rendimiento en comparación con los ejercicios aislados de una sola articulación (89). Además, debido a que las restricciones de tiempo son la barrera más grande reportada por los triatletas que impiden completar EF (59), los ejercicios compuestos son efectivos en el tiempo y pueden enfocarse en múltiples grupos musculares y movimientos a la vez. Al seleccionar ejercicios de fuerza, el entrenador debe considerar el efecto de transferencia de entrenamiento de cada ejercicio en una adaptación del rendimiento.

Los ejercicios seleccionados deben replicar fielmente patrones de movimiento similares y usar los mismos grupos musculares que los que se usan en el deporte para permitir una mayor transferencia al rendimiento general. Utilizando los mismos grupos musculares y replicando las acciones utilizadas, el atleta facilitará las adaptaciones neurales y estructurales de grupos musculares específicos y apropiados (81). Sin embargo, esta tarea es complicada en el triatlón debido a la naturaleza de los diferentes grupos de

músculos y patrones de movimiento utilizados en las 3 disciplinas diferentes, como se describe anteriormente. Además, las disciplinas de natación y ciclismo no involucran una fuerza de reacción del suelo y, por lo tanto, no utilizan el almacenamiento de energía elástica, lo que sugiere que se producirán diferentes contracciones musculares para cada disciplina.

Los ejercicios más comunes utilizados en la literatura de entrenamiento de fuerza y ??resistencia concurrente para ciclistas y corredores incluyen; una sentadilla trasera y/o prensa de piernas (1,10,11,25,62,72,77,80,84,90,91,98,100), variaciones de peso muerto o flexiones de isquiotibiales (1,10,11,62,84), movimientos basados ??en la flexión plantar del tobillo (1, 25, 32, 62, 79, 80, 84, 98–100) y variaciones de flexión de cadera o zancadas (10, 11, 72, 79, 80, 98–100). Solo una pequeña cantidad de estudios que examinaron el entrenamiento simultáneo de fuerza y ??resistencia incluyeron ejercicios para la parte superior del cuerpo o "tronco" (32, 49, 72). Cabe señalar que los ejercicios compuestos como el peso muerto y las sentadillas traseras también pueden cargar sustancialmente los músculos de la parte superior del cuerpo y del tronco mientras fortalecen las extremidades inferiores.

La implementación de las variaciones del peso muerto es más escasa en la literatura en comparación con las variaciones de la sentadilla; sin embargo, se fomenta la programación de variaciones de peso muerto tanto para la prevención de lesiones como para el desarrollo de la fuerza y ??la potencia de los músculos de la cadena posterior (8). Debe hacerse énfasis en la inclusión de sentadillas para el rendimiento en ciclismo, con un estudio que muestra mejoras significativas en ECi y tiempo hasta el agotamiento en el grupo de fuerza y resistencia al incorporar solo sentadillas traseras en un programa de EF (91).

Siempre se debe incluir una forma de ejercicio de flexión plantar del tobillo con la rodilla doblada que se centre en los músculos del tríceps sural, en particular el sóleo, como una elevación de pantorrilla sentado con una sola pierna (SL). Esto se debe a que los corredores que poseen los valores más altos de ECa presentan una mayor fuerza de los músculos tríceps sural y una mayor rigidez de la aponeurosis del tendón (3,34,35). Para fortalecer los músculos del tríceps sural apropiadamente para mejorar el ECa, se debe hacer énfasis en tener la rodilla doblada. Del grupo de músculos tríceps sural, el sóleo es el principal contribuyente a impulsar el cuerpo hacia adelante (41) y a medida que aumenta la velocidad de carrera, las fibras del músculo sóleo se contraen con las velocidades más altas de cualquier músculo durante la última fase de apoyo, que está asociada con la velocidad y economía de carrera (29,40). Como el sóleo cruza solo la articulación del tobillo, un movimiento de flexión plantar con la rodilla flexionada apuntará al sóleo más que un movimiento con la pierna estirada que apuntará al gastrocnemio que cruza tanto la articulación de la rodilla como la del tobillo.

Aunque el uso de una cargada de potencia o colgado no se incorpora comúnmente en la literatura de entrenamiento de fuerza y ??resistencia concurrente, 2 artículos de revisión recientes han recomendado la inclusión de estos ejercicios porque se enfocan en los músculos de la cadena posterior que se usan durante eventos de resistencia y tienen un fuerte efecto de transferencia del entrenamiento (8,9). Además, un power o hang clean puede mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza de extensión de cadera al mismo tiempo que mejora la fuerza de la parte superior del cuerpo (8,9). Si el atleta encuentra que el movimiento de potencia o cargada es demasiado complejo, se puede hacer una regresión

a un movimiento de triple extensión a través de las extremidades inferiores y se debe hacer hincapié en el manejo adecuado de la carga.

Además del tradicional EF pesado, el entrenamiento pliométrico y basado en gestos explosivos puede ser efectivo para mejorar la ECa con ejercicios pliométricos populares comunes que incluyen CMJ, sentadillas con salto, saltos con vallas, saltos y saltos con caída (14, 71, 83, 88). Siete estudios compararon los resultados de rendimiento del EF pesado con entrenamiento pliométrico (6, 14, 39, 84, 93, 94) en corredores de resistencia (6, 39, 93, 94) mostrando cuatro de ellos mayores mejoras en ECa tras EF de alta intensidad respecto a entrenamiento pliométrico, lo que sugiere que la programación intensa de EF puede ser más beneficiosa para mejorar la ECa. Curiosamente, los protocolos EF pliométricos y de carga más ligera parecen no tener impacto en la ECi en ciclistas de resistencia (19, 55). Es posible que el entrenamiento pliométrico no mejore la ECi ya que solo se producen contracciones musculares concéntricas durante la pedalada, lo que elimina la necesidad de almacenamiento y retorno de energía elástica (16,31).

Hasta donde sabemos, no ha habido estudios que investiguen la eficacia de los programas de EF para prevenir lesiones en triatletas de LD; sin embargo, se ha demostrado que los programas de EF reducen las lesiones deportivas por uso excesivo en casi la mitad en una variedad de otros deportes (54). Sin embargo, se ha recomendado la implementación de EF para adultos (>40 años) y triatletas femeninas para disminuir el riesgo de lesiones (57). Para ayudar a prevenir la alta incidencia de lesiones en los triatletas de LD, los programas de EF deberían considerar incluir algunos ejercicios específicos de prevención de lesiones. Teniendo en cuenta que las lesiones que afectan a la rodilla, la pantorrilla, el tendón de Aquiles, el hombro y la parte baja de la espalda se reconocen constantemente como áreas de alto riesgo de ocurrencia de lesiones en los triatletas de LD (30,101), podrían implementarse algunos ejercicios para abordar específicamente estas áreas.

Además, se puede incorporar el EF para mejorar la biomecánica y la absorción de las fuerzas de reacción del suelo para ayudar a disminuir la alta incidencia de fracturas por estrés en los triatletas (57,68). Estos ejercicios basados ??en la prevención de lesiones pueden incluirse como un ejercicio de "activación" o "asistencia" que puede completarse antes de un EF pesado y actuar como un calentamiento dinámico. Tanto los programas de fortalecimiento de la cadera como de la rodilla pueden ser efectivos para minimizar el dolor patelofemoral en una variedad de participantes, incluidos los corredores (95). Existe un sesgo positivo hacia el abordaje de los ejercicios de fortalecimiento del abductor de la cadera y del rotador externo para obtener resultados óptimos en la reducción del dolor de rodilla con ejercicios como deslizamientos de pared, peso muerto, caídas pélvicas (pelvic drops) y subidas y bajadas de setp, que se implementan en los programas de fortalecimiento (95). La implementación de ejercicios de fortalecimiento de la cadera puede mejorar la mecánica de carrera y se han prescrito junto con EF pesado, lo que resulta en mejoras significativas en ECa y velocidad del VO<sub>2</sub>máx (11). Para tratar las lesiones del tendón de Aquiles y de la pantorrilla, el fortalecimiento del tríceps sural y del tendón de Aquiles a través de un EF pueden ser efectivo para disminuir el dolor y mejorar la función (67).

Para abordar todos los factores anteriores y, al mismo tiempo, tener en cuenta las restricciones de tiempo informadas por los triatletas de LD, los programas de EF deben incluir predominantemente ejercicios de alta intensidad ??(1–8 repeticiones, 3–5 series,

780 % de 1RM) para abordar las 3 disciplinas. Si las mejoras en ECa son el enfoque principal, también se pueden incluir 1 o 2 ejercicios explosivos. También se recomienda la inclusión de algún trabajo accesorio como una forma de calentamiento dinámico o activación para prevenir lesiones y, por lo tanto, mejorar potencialmente el rendimiento en los triatletas de LD. La tabla 1 describe los ejercicios de EF comúnmente utilizados y recomendados en la literatura y la disciplina de triatlón asociada a la que se dirige cada ejercicio. Las tablas 2 a 5 describen ejemplos de sesiones de EF que se pueden incluir en los programas de los triatletas de LD y en las sesiones dirigidas a disciplinas específicas de triatlón.

<b>Table 1</b> <b>Selection of strength exercises and associated triathlon discipline specifically targeted</b>			
Exercise	Swimming	Cycling	Running
Injury prevention			
Wall slide, SL deadlifts, step-up/step-downs, pelvic drops, hip abduction		x	x
Scapula push-ups, shoulder internal/external rotation, seated row	x		
Explosive/plyometric			
Pogo jump, depth jump, countermovement jump			x
Heavy strength			
Half range or 90° squat		x	x
Deadlift	x	x	x
SL leg press		x	x
Seated SL calf raise	x	x	x
Lat pull-down	x	x	x
Standing hip flexion on cable machine		x	x
Lunge/split squat		x	x
Glute hamstring raise		x	x
Power clean/hang clean	x	x	x
Bent-over row	x	x	x
Weighted hip thrust		x	x
90° = knee angle to 90°; half range = femur parallel to ground; SL = single leg.			

**Table 2**  
**Example strength training session addressing all disciplines for long-distance triathletes**

Exercise	Sets	Repetitions	Loads
Injury prevention			
Scapula push-ups	3	12	Bodyweight
Wall slides	3	6 each leg	Bodyweight
Pelvic drops	3	12 each leg	Bodyweight
Performance/strength <sup>a</sup>			
Deadlift	3	6	85% of 1RM
Back squat	3	6	85% of 1RM
Single leg seated calf raise	3	6	85% of 1RM
Lat pull-down	3	6	85% of 1RM

<sup>a</sup>All performance/strength exercises completed with a 3-second eccentric lower, as fast as possible concentric phase. If the athlete is new to strength training or accumulating excessive fatigue, decrease the number of performance heavy strength exercises as appropriate.

### Carga, velocidad y reposo

Las investigaciones que examinan el entrenamiento simultáneo de fuerza y ??resistencia muestran que las mayores mejoras en el rendimiento se generan principalmente a partir de ejercicios de EF de carga moderada a progresivamente pesada (?80% de 1RM) con 2-3 minutos de descanso entre cada serie

(10,11,39,62,71,72,77–79,83,84,88,90,91,96,99,100). Para garantizar que el EF se complete con las cargas correctas, los atletas pueden realizar pruebas de 1RM para los ejercicios primarios con regularidad. Como lo demostraron Baldwin et al., la ECi y la ECa mejoraron significativamente después de la implementación de EF con un enfoque controlado de 3 segundos en la fase excéntrica de cada ejercicio y la fase concéntrica completada lo más rápido posible en los triatletas de LD. Además, la literatura reciente también demuestra una alta correlación entre la fuerza excéntrica y la ECa, lo que enfatiza aún más la importancia de prescribir EF con un enfoque excéntrico (56).

Para fomentar mejoras en la tasa de desarrollo de la fuerza, los ejercicios también deben prescribirse haciendo hincapié en desarrollar la máxima velocidad posible durante la fase concéntrica (44,81); sin embargo, aún pueden ocurrir mejoras en la tasa de desarrollo de la fuerza a partir de EF pesado sin este enfoque en la velocidad (1). Antes de levantar cargas pesadas con un enfoque excéntrico, se recomienda que los atletas se concentren

en la técnica de ejercicios más básicos y progresen gradualmente a movimientos excéntricos (56). Se recomienda que los atletas comiencen el EF con cargas más ligeras y aumenten progresivamente hasta cargas pesadas de EF para minimizar la fatiga y el dolor muscular de aparición tardía, que pueden afectar las sesiones posteriores de entrenamiento de resistencia (81).

<b>Table 3</b> <b>Example strength training session with a swim focus for long distance triathletes</b>			
Exercise	Sets	Repetitions	Loads
Injury prevention			
Scapula push-ups	3	12	Bodyweight
Shoulder internal/external rotation	3	12	Moderate resistance
Performance/strength <sup>a</sup>			
Hang clean	3	6	85% of 1RM
Lat pull-down	3	6	85% of 1RM
Bent-over row	3	6	85% of 1RM
<sup>a</sup> All performance/strength exercises completed with a 3-second eccentric lower, as fast as possible concentric phase with the exception of the hang clean which should be completed with the concentric phase as fast as possible and the athlete taking time between each repetition to ensure good technique.			

**Table 4**  
**Example strength training session with a cycle focus for long distance triathletes**

Exercise	Sets	Repetitions	Loads
Injury prevention			
Step ups/downs	3	8	Bodyweight
Walking lunge	3	8 each leg	2 × 5–10 kg dumbbells
SL deadlifts	3	8 each leg	2 × 5–10 kg dumbbells
Performance/strength <sup>a</sup>			
Deadlift	3	6	85% of 1RM
Back squat	3	6	85% of 1RM
Split squat	3	6	85% of 1RM
Single leg seated calf raise	3	6	85% of 1RM

<sup>a</sup>All performance/strength exercises completed with a 3-second eccentric lower, as fast as possible concentric phase. If the athlete is new to strength training or accumulating excessive fatigue, decrease the number of performance heavy strength exercises as appropriate.



<b>Table 5</b> <b>Example strength training session with a run focus for long-distance triathletes</b>			
Exercise	Sets	Repetitions	Loads
Injury prevention			
Single leg deadlifts	3	8 each leg	2 × 5–10 kg dumbbells
Pelvic drops	3	12 each leg	Bodyweight
Wall slide	3	6 each leg	Bodyweight
Performance/strength <sup>a</sup>			
countermovement jump	3	4–8	Bodyweight
Power clean	3	6	85% of 1RM
Back squat	3	6	85% of 1RM
Single leg seated calf raise	3	6	85% of 1RM
<sup>a</sup> All performance/strength exercises completed with a 3-second eccentric lower, as fast as possible concentric phase except the power clean which should be completed with the concentric phase as fast as possible and the athlete taking time between each repetition to ensure good technique. If the athlete is new to strength training or accumulating excessive fatigue, decrease the number of performance heavy strength exercises as appropriate.			

## Frecuencia y duración

Un meta-análisis reciente encontró una relación significativa entre la duración del entrenamiento y la mejora de la ECI del ejercicio, lo que sugiere que tan solo 6 a 8 semanas de EF pueden reducir la ECI. Los protocolos que constaban de más de 24 sesiones de fuerza en total mostraron mayores mejoras en ECI en comparación con los protocolos que tenían menos de 24 sesiones (15). En apoyo de esto, una sesión de EF con sobrecarga progresiva completada dos veces por semana durante 12 semanas puede resultar en mejoras significativas en la fuerza máxima, ECI y ECa en triatletas de LD (58). Si el atleta se encuentra en el período de máxima competición o se está enfocando en otros aspectos del entrenamiento de resistencia, es importante no interrumpir el EF para mantener los beneficios obtenidos del entrenamiento concurrente. Una sesión de EF por semana durante 20 semanas puede ser lo suficientemente sustancial para mantener las mejoras en la fuerza si se mantiene la intensidad y, por lo tanto, la carga de cada sesión de EF (10, 11, 78). La tabla 6 describe un ejemplo de programa EF periodizado para diferentes fases de la temporada de carreras.

<b>Table 6</b> <b>Example periodized strength training program for long distance triathletes of a 38-week training cycle</b>					
	General building phase of training		Competition specific phase	Racing season	Taper
	0–6 wk	6–12 wk	12–24 wk	24–36 wk	36–38 wk
Frequency per week	2–3	2–3	2	1–2	1
Exercise selection <sup>a</sup>	2–3 injury prevention exercises, 3–4 strength exercises (Inc 1 plyometric if focusing on running)	2–3 injury prevention exercises, 3–4, strength exercises (Inc 1 plyometric if focusing on running)	2–3 injury prevention exercises, 3–4 strength exercises (Inc 1 plyometric if focusing on running)	2–3 injury prevention exercises, 3–4 strength exercises (Inc 1 plyometric if focusing on running)	1–2 injury prevention exercises, 2–3 strength exercises (Inc 1 plyometric if focusing on running)
Injury prevention prescription	2–3 sets, 8–12 repetitions	2–3 sets, 8–12 repetitions	2–3 sets, 8–12 repetitions	2–3 sets, 8–12 repetitions	2 sets, 8–12 repetitions
Strength prescription (all exercises completed with a 3 s eccentric control phase and fast as possible concentric phase)	3–4 sets, 8–12 repetitions, $\leq 75\%$ of 1RM, 90 s–3 min rec	3–4 sets, 8–12 repetitions, $\leq 75\%$ of 1RM, 90 s–3 min rec	3–5 sets, 1–6 repetitions, $\geq 80\%$ of 1RM, 3–5 min rec	3–5 sets, 1–6 repetitions, $\geq 80\%$ of 1RM, 3–5 min rec	1–3 sets, 1–6 repetitions, $\leq 70\%$ of 1RM, 3–5 min rec
Plyometric prescription	2–3 sets, 4–8 contacts each set, 90 s–3 min rec	2–3 sets, 4–8 contacts each set	2–3 sets, 4–8 contacts each set, 90 s–3 min rec	2–3 sets, 4–8 contacts each set, 90 s–3 min rec	1–2 sets, 4–8 contacts each set, 90 s–3 min rec
<sup>a</sup> Beginner triathletes and those new to strength training may decrease the number of exercises selected initially. Athletes experiencing a high level of fatigue may also want to decrease the number of exercises per session by 1–2 if needed.					
Inc = including; rec = recovery; RM = repetition maximum.					

## Planificación

Debe reconocerse que, aunque el EF puede mejorar significativamente el rendimiento en los triatletas, la carga de entrenamiento adicional puede afectar negativamente la calidad de las sesiones de entrenamiento de resistencia posteriores y conducir potencialmente a una suboptimización del rendimiento de resistencia inducida por el entrenamiento de resistencia (RT-SEP) (26-28). Para minimizar la RT-SEP, el EF puede implementarse estratégicamente alrededor de las sesiones de entrenamiento de resistencia y prescribirse para tener en cuenta el modo, la intensidad y la duración de las sesiones de entrenamiento de resistencia. Puede ser necesario un mayor tiempo de recuperación al completar las sesiones de EF después de correr en comparación con el ciclismo o la natación, porque las contracciones musculares excéntricas y las fuerzas de reacción del suelo al correr inducen más estrés en el cuerpo. Las siguientes consideraciones se han esbozado en investigaciones recientes para ayudar a minimizar la RT-SEP (28):

Si es posible, complete el EF en un día en el que no se haya completado el entrenamiento de resistencia.

Si esto no es posible, intente completar primero la sesión de entrenamiento de

resistencia, seguida de la sesión de EF como la segunda sesión del día. Si no es posible que el atleta complete primero el entrenamiento de resistencia, primero complete la sesión de EF y luego complete una sesión de natación o ciclismo en segundo lugar, preferiblemente con la sesión de natación o ciclismo por debajo del umbral anaeróbico (UA). Si una carrera está programada para el mismo día que el EF y por razones logísticas debe completarse después de la sesión de EF, mantenga la intensidad de la carrera por debajo del UA.

Permita de 6 a 9 horas de recuperación entre la finalización del entrenamiento de fuerza y ??resistencia para una recuperación y adaptación óptimas de ambas sesiones.

Trate de incorporar sesiones clave de intervalos de carrera (intensidades por encima del UA) 48 a 72 horas después de una sesión de EF de alto volumen de carga.

Supervise los niveles de fatiga entre las sesiones de entrenamiento de fuerza y ??resistencia (usando frecuencia cardiaca y/o escala de esfuerzo percibido).

Los atletas y entrenadores también pueden considerar el "concepto de prioridad", particularmente cuando el atleta no está en el pico de su temporada de carreras. Usando este concepto, el atleta puede priorizar su eslabón "más débil" primero en el entrenamiento. Por lo tanto, si a un triatleta en particular le falta fuerza, puede beneficiarse de priorizar esto primero en el entrenamiento y, a medida que se acerca la temporada de carreras, puede enfocarse en otros aspectos del entrenamiento como prioridad (47,66). Alternativamente, dado que puede tomar un mínimo de 8 semanas para ver una mejora significativa en las variables fisiológicas de las intervenciones del EF y debido a un posible efecto negativo en el entrenamiento de resistencia en las etapas iniciales del comienzo del EF, un atleta puede preferir abstenerse de comenzar un EF próximo a la fecha de una competición y esperar hasta el comienzo de su próxima temporada para completar el entrenamiento de fuerza y ??resistencia concurrente.

## **CONCLUSIÓN**

Se recomienda completar el entrenamiento simultáneo de fuerza y ??resistencia para los triatletas de LD para mejorar las variables fisiológicas que contribuyen al rendimiento general. Optimizar el EF para triatletas de LD es complejo debido a la naturaleza de prescribir ejercicios para 3 disciplinas diferentes, cada una de las cuales utiliza diferentes patrones de movimiento y grupos musculares. Se debe implementar el EF de alta intensidad para optimizar tanto la ECi como la ECa, mientras que se puede incluir la adición de ejercicios pliométricos/explosivos si el objetivo del atleta es mejorar la ECa. Los entrenadores deben programar cuidadosamente el EF para atletas individuales, teniendo en cuenta su historial de entrenamiento y lesiones, fortalezas y debilidades de la disciplina, fatiga y régimen de entrenamiento de resistencia. La programación y la frecuencia del EF pueden manipularse para minimizar cualquier posible efecto secundario negativo que el EF pueda tener en las sesiones de entrenamiento de resistencia y el rendimiento general. Una limitación del artículo actual es la falta relativa de estudios que hayan examinado el EF específicamente en triatletas de LD y la falta de estudios para evaluar las mejoras en el rendimiento fisiológico de un triatleta utilizando diseños experimentales más robustos.

## **APLICACIONES PRÁCTICAS**

Identifique las fortalezas y debilidades del triatleta dentro de cada disciplina deportiva (natación, ciclismo o carrera) y prescriba ejercicios de EF en consecuencia para abordar una disciplina en particular.

Considere no solo el rendimiento del atleta, sino también el historial de lesiones y considere implementar ejercicios de fortalecimiento específicos para abordar las lesiones como parte integral del programa de EF.

Se recomienda el EF de alta intensidad para mejorar el rendimiento en las 3 disciplinas, mientras que los ejercicios de tipo pliométrico/explosivo solo parecen ser beneficiosos para mejorar el rendimiento de carrera.

Para prescribir un programa de EF para abordar las 3 disciplinas, programe un EF intenso. Se pueden incluir 1 o 2 ejercicios pliométricos si se prioriza el rendimiento de la carrera.

Periodice el programa de EF y considere el calendario de carreras del atleta en este proceso. Se necesita un mínimo de 24 sesiones de EF para lograr mejoras óptimas en el rendimiento e, idealmente, estas deben completarse antes del momento pico de la competición. Esta carga de EF se puede reducir a tan solo 1 sesión por semana durante un máximo de 20 semanas para mantener las mejoras en la fuerza.

Si completa las sesiones de fuerza y ??resistencia el mismo día, complete las sesiones de entrenamiento de resistencia como la primera sesión del día y, si es posible, trate de evitar las sesiones de intervalos de carrera dentro de las 9 a 24 horas posteriores a las sesiones de EF de alta carga.

El factor más importante a considerar al programar un EF para triatletas de LD es individualizar el programa para que sea específico para las metas de cada atleta, historial de lesiones, gustos y aversiones, y fortalezas y debilidades de la disciplina.

## REFERENCIAS

1. Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, et al. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 21: e298–e307, 2011.
2. Andersen CA, Clarsen B, Johansen TV, Engebretsen L. High prevalence of overuse injury among iron-distance triathletes. *Br J Sports Med* 47: 857–861, 2013.
3. Arampatzis A, De Monte G, Karamanidis K, et al. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. *J Exp Biol* 209: 3345–3357, 2006.
4. Aspenes S, Kjendlie PL, Hoff J, Helgerud J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med* 8: 357–365, 2009.
5. Baldassarre R, Bonifazi M, Zamparo P, Piacentini MF. Characteristics and challenges of open-water swimming performance: A review. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 1275–1284, 2017.

6. Barnes KR, Hopkins WG, McGuigan MR, Northuis ME, Kilding AE. Effects of resistance training on running economy and cross-country performance. *Med Sci Sports Exerc* 45: 2322–2331, 2013.
7. Barnes KR, Kilding AE. Running economy: Measurement, norms, and determining factors. *Sports Med Open* 1: 8, 2015.
8. Barrie B. Concurrent resistance training enhances performance in competitive distance runners: A review and programming implementation. *Strength Cond J* 42: 97–106, 2020.
9. Bazyler C, Abbott H, Bellon C, Taber C, Stone M. Strength training for endurance athletes: Theory to practice. *Strength Cond J* 37: 1–12, 2015.
10. Beattie K, Carson BP, Lyons M, Kenny IC. The effect of maximal- and explosive-strength training on performance indicators in cyclists. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 470–480, 2017.
11. Beattie K, Carson BP, Lyons M, Rossiter A, Kenny IC. The effect of strength training on performance indicators in distance runners. *J Strength Cond Res* 31: 9–23, 2017.
12. Beattie K, Kenny IC, Lyons M, Carson BP. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Med* 44: 845–865, 2014.
13. Bentley DJ, Wilson GJ, Davie AJ, Zhou S. Correlations between peak power output, muscular strength and cycle time trial performance in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness* 38: 201–207, 1998.
14. Berryman N, Maurel DB, Bosquet L. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running. *J Strength Cond Res* 24: 1818–1825, 2010.
15. Berryman N, Mujika I, Arvisais D, et al. Strength training for middle- and long-distance performance: A meta-analysis. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 57–63, 2018.
16. Bijker KE, de Groot G, Hollander AP. Differences in leg muscle activity during running and cycling in humans. *Eur J Appl Physiol* 87: 556–561, 2002.
17. Bini RR, Hume P, Croft J, Kilding A. Pedal force effectiveness in cycling: A review of constraints and training effects. *J Sci Cycling* 2: 11–24, 2013.
18. Blagrove RC, Howatson G, Hayes PR. Effects of strength training on the physiological determinants of middle- and long-distance running performance: A systematic review. *Sports Med* 48: 1117–1149, 2018.
19. Bonacci J, Green D, Saunders PU, et al. Plyometric training as an intervention to correct altered neuromotor control during running after cycling in triathletes: A preliminary randomised controlled trial. *Phys Ther Sport* 12: 15–21, 2011.
20. Britton A. Strength training periodization for triathletes. *Strength Cond J* 30: 65–66, 2008.
21. Cavagna GA, Saibene FP, Margaria R. Mechanical work in running. *J Appl Physiol* 19: 249–256, 1964.

22. Coffey VG, Pilegaard H, Garnham AP, O'Brien BJ, Hawley JA. Consecutive bouts of diverse contractile activity alter acute responses in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 106: 1187–1197, 2009.
23. Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 12: 357–360, 1980.
24. Coyle EF, Sidossis LS, Horowitz JF, Beltz JD. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc* 24: 782–788, 1992.
25. Damasceno MV, Lima-Silva AE, Pasqua LA, et al. Effects of resistance training on neuromuscular characteristics and pacing during 10-km running time trial. *Eur J Appl Physiol* 115: 1513–1522, 2015.
26. Doma K, Deakin GB. The effects of strength training and endurance training order on running economy and performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 38: 651–656, 2013.
27. Doma K, Deakin GB, Bentley DJ. Implications of impaired endurance performance following single bouts of resistance training: An alternate concurrent training perspective. *Sports Med* 47: 2187–2200, 2017.
28. Doma K, Deakin GB, Schumann M, Bentley DJ. Training considerations for optimising endurance development: An alternate concurrent training perspective. *Sports Med* 49: 669–682, 2019.
29. Dorn TW, Schache AG, Pandy MG. Muscular strategy shift in human running: Dependence of running speed on hip and ankle muscle performance. *J Exp Biol* 215: 1944–1956, 2012.
30. Egermann M, Brocai D, Lill CA, Schmitt H. Analysis of injuries in long-distance triathletes. *Int J Sports Med* 24: 271–276, 2003.
31. Ericson MO, Nisell R, Arborelius UP, Ekholm J. Muscular activity during ergometer cycling. *Scand J Rehabil Med* 17: 53–61, 1985.
32. Ferrauti A, Bergermann M, Fernandez-Fernandez J. Effects of a concurrent strength and endurance training on running performance and running economy in recreational marathon runners. *J Strength Cond Res* 24: 2770–2778, 2010.
33. Figueiredo P, Marques EA, Lepers R. Changes in contributions of swimming, cycling, and running performances on overall triathlon performance over a 26-year period. *J Strength Cond Res* 30: 2406–2415, 2016.
34. Fletcher JR, Esau SP, Macintosh BR. Economy of running: Beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol* 107: 1918–1922, 2009.
35. Fletcher JR, Esau SP, MacIntosh BR. Changes in tendon stiffness and running economy in highly trained distance runners. *Eur J Appl Physiol* 110: 1037–1046, 2010.
36. Fletcher JR, MacIntosh BR. Achilles tendon strain energy in distance running: Consider the muscle energy cost. *J Appl Physiol* 118: 193–199, 2015.

37. Gilinsky N, Hawkins KR, Tokar TN, Cooper JA. Predictive variables for half-Ironman triathlon performance. *J Sci Med Sport* 17: 300–305, 2014.
38. Girolid S, Jalab C, Bernard O, et al. Dry-land strength training vs. electrical stimulation in sprint swimming performance. *J Strength Cond Res* 26: 497–505, 2012.
39. Guglielmo LG, Greco CC, Denadai BS. Effects of strength training on running economy. *Int J Sports Med* 30: 27–32, 2009.
40. Hamner SR, Delp SL. Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds. *J Biomech* 46: 780–787, 2013.
41. Hamner SR, Seth A, Delp SL. Muscle contributions to propulsion and support during running. *J Biomech* 43: 2709–2716, 2010.
42. Hausswirth C, Argentin S, Bieuzen F, et al. Endurance and strength training effects on physiological and muscular parameters during prolonged cycling. *J Electromyogr Kinesiol* 20: 330–339, 2010.
43. Hausswirth C, Bigard AX, Berthelot M, Thomaidis M, Guezennec CY. Variability in energy cost of running at the end of a triathlon and a marathon. *Int J Sports Med* 17: 572–579, 1996.
44. Heggelund J, Fimland MS, Helgerud J, Hoff J. Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *Eur J Appl Physiol* 113: 1565–1573, 2013.
45. Horowitz JF, Sidossis LS, Coyle EF. High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *Int J Sports Med* 15: 152–157, 1994.
46. Hug F, Dorel S. Electromyographic analysis of pedaling: A review. *J Electromyogr Kinesiol* 19: 182–198, 2009.
47. Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med* 40: 189–206, 2010.
48. Jeukendrup AE, Martin J. Improving cycling performance: How should we spend our time and money. *Sports Med* 31: 559–569, 2001.
49. Johnston R, Quinn T, Kertzer R, Vroman N. Strength training in female distance runners: Impact on running economy. *J Strength Cond Res* 11: 224–229, 1997.
50. Jongerius N, Walker J, Wainwright B, Bissas A. Differences in strength and power profiles between road and time trial cyclists. *J Sci Cycling* 7: 38–39, 2018.
51. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34: 364–380, 2002.
52. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc* 36: 674–688, 2004.

53. Kyrolainen H, Avela J, Komi PV. Changes in muscle activity with increasing running speed. *J Sports Sci* 23: 1101–1109, 2005.
54. Lauersen JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med* 48: 871–877, 2014.
55. Levin GT, McGuigan MR, Laursen PB. Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *J Strength Cond Res* 23: 2280–2286, 2009.
56. Li F, Newton RU, Shi Y, Sutton D, Ding H. Correlation of eccentric strength, reactive strength, and leg stiffness with running economy in well-trained distance runners. *J Strength Cond Res* 35: 1491–1499, 2019.
57. Loudon JK. The master female triathlete. *Phys Ther Sport* 22: 123–128, 2016.
58. Luckin-Baldwin KM, Badenhorst ECI, Cripps AJ, et al. Strength training improves exercise economy in triathletes during a simulated triathlon. *Int J Sports Physiol Perform* 16: 663–673, 2021.
59. Luckin KM, Badenhorst ECI, Cripps AJ, et al. Strength training in long-distance triathletes: Barriers and characteristics. *J Strength Cond Res* 35: 495–502, 2018.
60. Luckin KM, Badenhorst ECI, Cripps AJ, et al. The reliability of physiological responses obtained during a simulated long distance triathlon laboratory test. *J Sci Cycling* 8: 25–32, 2019.
61. Mikkola JS, Rusko HK, Nummela AT, Paavolainen LM, Häkkinen K. Concurrent endurance and explosive type strength training increases activation and fast force production of leg extensor muscles in endurance athletes. *J Strength Cond Res* 21: 613–620, 2007.
62. Millet GP, Jaouen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO(2) kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 34: 1351–1359, 2002.
63. Millet GP, Vleck VE. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in olympic triathlon: Review and practical recommendations for training. *Br J Sports Med* 34: 384–390, 2000.
64. Millet GP, Vleck VE, Bentley DJ. Physiological requirements in triathlon. *J Hum Sport Exerc* 6: 184–204, 2011.
65. Morgan DW, Craib M. Physiological aspects of running economy. *Med Sci Sports Exerc* 24: 456–461, 1992.
66. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balague G, Farrow D. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *Int J Sports Physiol Perform* 13: 538–561, 2018.



67. Murphy MC, Travers MJ, Chivers P, et al. Efficacy of heavy eccentric calf training for treating mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 53: 1070–1077, 2019.
68. Neidel P, Wolfram P, Hotfiel T, et al. Cross-sectional investigation of stress fractures in German elite triathletes. *Sports (Basel)* 7: 88, 2019.
69. Nilsson J, Thorstensson A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. *Acta Physiol Scand* 136: 217–227, 1989.
70. Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture* 7: 77–95, 1998.
71. Paavolainen L, Häkkinen K, Hamalainen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86: 1527–1533, 1999.
72. Piacentini MF, De Ioannon G, Comotto S, et al. Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *J Strength Cond Res* 27: 2295–2303, 2013.
73. Pink M, Perry J, Browne A, Scovazzo ML, Kerrigan J. The normal shoulder during freestyle swimming. An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med* 19: 569–576, 1991.
74. Pollock S, Gaoua N, Johnston MJ, et al. Training regimes and recovery monitoring practices of elite British swimmers. *J Sports Sci Med* 18: 577–585, 2019.
75. Raasch CC, Zajac FE. Locomotor strategy for pedaling: Muscle groups and biomechanical functions. *J Neurophysiol* 82: 515–525, 1999.
76. Raasch CC, Zajac FE, Ma B, Levine WS. Muscle coordination of maximum-speed pedaling. *J Biomech* 30: 595–602, 1997.
77. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 108: 965–975, 2010.
78. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol* 110: 1269–1282, 2010.
79. Ronnestad BR, Hansen EA, Raastad T. Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scand J Med Sci Sports* 21: 250–259, 2011.
80. Ronnestad BR, Hansen J, Hollan I, Ellefsen S. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports* 25: e89–e98, 2015.
81. Ronnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports* 24: 603–612, 2014.
82. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med* 34: 465–485, 2004.

83. Saunders PU, Telford RD, Pyne DB, et al. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J Strength Cond Res* 20: 947–954, 2006.
84. Sedano S, Marin PJ, Cuadrado G, Redondo JC. Concurrent training in elite male runners: The influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *J Strength Cond Res* 27: 2433–2443, 2013.
85. Shin SJ, Kim TY, Yoo WG. Effects of various gait speeds on the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles associated with the posterior oblique sling system. *J Phys Ther Sci* 25: 1391–1392, 2013.
86. Silveira RP, de Souza Castro FA, Figueiredo P, Vilas-Boas JP, Zamparo P. The effects of leg kick on swimming speed and arm-stroke efficiency in the front crawl. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 728–735, 2017.
87. So RC, Ng JK, Ng GY. Muscle recruitment pattern in cycling: A review. *Phys Ther Sport* 6: 89–96, 2005.
88. Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 89: 1–7, 2003.
89. Stone M, Plisk S, Collins D. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training—A coaching perspective. *Sports Biomech* 1: 79–103, 2002.
90. Storen O, Helgerud J, Stoa EM, Hoff J. Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1087–1092, 2008.
91. Sunde A, Storen O, Bjerkaas M, et al. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res* 24: 2157–2165, 2010.
92. Suriano R, Bishop D. Physiological attributes of triathletes. *J Sci Med Sport* 13: 340–347, 2010.
93. Taipale RS, Mikkola J, Nummela A, et al. Strength training in endurance runners. *Int J Sports Med* 31: 468–476, 2010.
94. Taipale RS, Mikkola J, Vesterinen V, Nummela A, Häkkinen K. Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: Maximal versus explosive strength training or a mix of both. *Eur J Appl Physiol* 113: 325–335, 2013.
95. Thomson C, Krouwel O, Kuisma R, Hebron C. The outcome of hip exercise in patellofemoral pain: A systematic review. *Man Ther* 26: 1–30, 2016.
96. Turner AM, Owings M, Schwane JA. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* 17: 60–67, 2003.
97. VanHeest JL, Mahoney ECi, Herr L. Characteristics of elite open-water swimmers. *J Strength Cond Res* 18: 302–305, 2004.
98. Vikmoen O, Ellefsen S, Troen O, et al. Strength training improves cycling

performance, fractional utilization of VO<sub>2</sub>max and cycling economy in female cyclists. Scand J Med Sci Sports 26: 384–396, 2016.

99. Vikmoen O, Raastad T, Seynnes O, et al. Effects of heavy strength training on running performance and determinants of running performance in female endurance athletes. PLoS One 11: e0150799, 2016.

100. Vikmoen O, Ronnestad BR, Ellefsen S, Raastad T. Heavy strength training improves running and cycling performance following prolonged submaximal work in well-trained female athletes. Physiol Rep 5: e13149, 2017.

101. Vleck VE, Bentley DJ, Millet GP, Cochrane T. Triathlon event distance specialization: Training and injury effects. J Strength Cond Res 24: 30–36, 2010.

**Link al artículo original:** <https://www.congresodefuerza.com/journal-nsca-spain/entrenamiento-de-fuerza-para-triatletas-de-larga-distancia-teoria-y-practica?elem=301632>