

Cragnulini, Franco Emmanuel

Revisión del efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento de la resistencia y variables asociadas en distintas disciplinas

**Tesis presentada para la obtención del grado de
Especialista en Programación y Evaluación del
Ejercicio**

Director: Casas, Adrián A.

Cita sugerida:

Cragnulini, F. (2015). Revisión del efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento de la resistencia y variables asociadas en distintas disciplinas (ciclismo, pedestismo, triatlón, etc.). Tesis de posgrado. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. En Memoria Académica. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.1203/te.1203.pdf>

Documento disponible para su consulta y descarga en **Memoria Académica**, repositorio institucional de la **Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE)** de la **Universidad Nacional de La Plata**. Gestionado por **Bibhuma**, biblioteca de la FaHCE.

Para más información consulte los sitios:

<http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar>

<http://www.bibhuma.fahce.unlp.edu.ar>



Esta obra está bajo licencia 2.5 de Creative Commons Argentina.
Atribución-No comercial-Sin obras derivadas 2.5

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación

Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Revisión del efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento de la resistencia y variables asociadas en distintas disciplinas (ciclismo, pedestrismo, triatlón, etc.)

Profesor: Casas, Adrián

Alumno: Cragnulini, Franco Emmanuel.

Correo Electrónico: fcragnulini@gmail.com

Introducción

El propósito de la presente revisión será analizar los resultados de distintas investigaciones en relación al tema mencionado con anterioridad y arribar a una conclusión que permita acercarnos a una respuesta de si resulta beneficioso o contraproducente acoplar el entrenamiento de la fuerza al programa de entrenamiento de la resistencia en deportes cíclicos (ciclismo, pedestrismo, triatlón, etc).

El entrenamiento de la resistencia disminuye la actividad de las enzimas glucolíticas, pero incrementa la reserva de sustratos, la actividad de las enzimas oxidativas, y también la densidad capilar y mitocondrial en el interior del musculo. Por el contrario el entrenamiento con sobrecarga reduce la densidad mitocondrial, afectando marginalmente a la densidad capilar, y las reservas de sustratos intramusculares. (Tanaka y Swensen, 2009).

Parecería ser que el entrenamiento de sobrecarga y el de resistencia persiguen propósitos diferentes. Por tal motivo considero importante explorar los divergentes resultados arrojados por las investigaciones de campo y laboratorio, con el fin de poder concluir bajo que escenarios y con qué actores los entrenamientos de la fuerza potencian o perjudican la performance del deportista de resistencia.

En dicha búsqueda contemplaré la posibilidad de que existiese un efecto de interferencia, definiendo a este como un antagonismo que surge entre dos cargas de entrenamiento, provocando una limitación, reducción o enlentecimiento en las respuestas adaptativas (Casas, 2008).

Entiendo a este como un tópico muy importante a desarrollar ya que el rendimiento deportivo de varias disciplinas requiere de manifestaciones de fuerza y resistencia que interactúan constantemente (Casas, 2008), por lo que se les exige a los atletas desarrollar elevados niveles de ambos atributos para competir en busca de un resultado deportivo.

Intentare en el desarrollo del trabajo explorar una temática fuertemente instalada entre entrenadores y deportistas de disciplinas cíclicas, quienes en ocasiones sin comprender en modo específico que respuestas pueden ocasionar un desarrollo en conjunto de ambas capacidades ponen en práctica distintos métodos o metodologías de entrenamiento que podrían estar entorpeciendo el aumento de la performance del atleta.

1. Desarrollo

A partir de un gran número de investigaciones científicas sobre corredores, ciclistas, nadadores, esquiadores de fondo y triatletas, los requisitos fisiológicos mínimos para cualquiera que desee competir a alto nivel y de forma continuada en pruebas de resistencia e intensidad moderada-alta que duren más de 30 minutos son (Hawley y Burke, 2000):

- Una elevada potencia aeróbica máxima ($\dot{V}O_{2max}$) por encima de 60 ml/kg/min en mujeres y superiores a los 65 ml/kg/min en hombres
- Una elevada potencia relativa a su peso corporal
- Un bajo nivel de masa adiposa
- Una elevada producción de potencia o velocidad
- Tener la capacidad de sostener una alta producción de potencia el mayor tiempo posible en función de las demandas deportivas
- Una elevada capacidad de resistir la fatiga muscular
- Técnica económica y eficaz
- Capacidad de utilizar la grasa como combustible durante el ejercicio sostenido con un ritmo de trabajo elevado para evitar la depleción glucogénica

El objetivo de todo atleta es poder mejorar su performance y lograr el resultado deseado en un momento dado de su calendario deportivo. Para esto lleva adelante una preparación orientada a elevar las potencialidades de factores determinantes y limitantes de su rendimiento. En este sentido, la capacidad aeróbica está determinada por tres factores: el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2max}$), el umbral de lactato (UL) y la economía de carrera (EC) (Laursen y Rhodes, 2001).

A continuación comenzaremos con la revisión del impacto que tiene el entrenamiento de la fuerza sobre las variables asociadas al rendimiento en deportes de resistencia.

1.1 Consumo Máximo de Oxígeno ($\dot{V}O_{2Máx}$)

El $\dot{V}O_{2max}$ hace referencia a la mayor tasa a la cual el cuerpo puede consumir y utilizar oxígeno, y se reconoce que este parámetro es uno de los principales predictores del rendimiento de la resistencia en la población general (Jones y Carter, 2000). La evaluación del $\dot{V}O_{2max}$ es tal vez el procedimiento de laboratorio más utilizado en la fisiología del ejercicio. Los estudios realizados durante la década de 1920 establecieron que cuando se expresaba en relación al peso corporal, el $\dot{V}O_{2max}$ era más alto en los mejores deportistas de fondo. Este hallazgo llevó a la creencia de que era un buen indicador del potencial deportivo en todas las pruebas de resistencia (Hawley y Burke, 2000). Con el avance tecnológico y el resultado de nuevas investigaciones se concluyó que no era el único ni el más determinante factor fisiológico del potencial deportivo.

Las mejoras en el VO₂max están asociadas con el incremento en el gasto cardiaco y en el volumen sanguíneo, lo cual sirve para incrementar el transporte de oxígeno hacia los músculos activos (Jones y Carter, 2000).

Por otro lado las adaptaciones fisiológicas características que se producen con el entrenamiento de la fuerza incluyen el aumento de la masa corporal, el incremento de las fibras de contracción rápida (FT) y la reducción de la actividad de enzimas oxidativas (Sale, Jacobs, Mac Dougall y Garner, 1990). Dichas adaptaciones tienen el poder de reducir el rendimiento de la resistencia adicionando masa muscular y reduciendo la capacidad para utilizar efectivamente el oxígeno.

Con el argumento anteriormente presentado es posible contemplar la falta de aceptación de los atletas de resistencia a incluir un programa de entrenamiento de sobrecarga previendo una reducción en su rendimiento.

En la práctica profesional es frecuente que se presenten argumentos escasos de sustento, malas interpretaciones y afirmaciones por parte de entrenadores y deportistas. En este sentido, es común encontrar afirmaciones como (Ahumada, 2013):

- 1) “Entreno en el gimnasio solo en la pretemporada porque después no me da resultado”
- 2) “El entrenamiento de fuerza me pone duro, y me quita cadencia”
- 3) “El entrenamiento de sobrecarga no sirve, hay que entrenar siempre sobre la bicicleta”
- 4) “Entreno en el gimnasio pero con muy poca carga, y hago muchísimas repeticiones”
- 5) “Primero busco lograr hipertrofia y después transformo a potencia”
- 6) “La fuerza se entrena pedaleando con mucho desarrollo y con trabajos en cuesta”

Como profesionales del área y conocedores del valor que tienen los resultados que arrojan los estudios científicos, así como la información que se genera en ámbitos académicos debemos apoyar nuestra respuesta a tales interrogantes en la evidencia situada en la literatura. Es la intención poder ir desandando el camino que nos permita desembocar en respuestas certeras y con sustento científico.

Lo que dicen las investigaciones

El fallecido Dr. Robert Hickson fue uno de los primeros científicos en estudiar el uso del entrenamiento de la fuerza junto con el de resistencia. Es por ello que junto a un grupo de colaboradores en el año 1990 mostraron que en 9 sujetos desentrenados el entrenamiento de sobrecarga (5 días/semana, durante 10 semanas realizando 5 series de 5 repeticiones máximas en sentadillas, prensa de piernas y elevaciones de talones) mejoró significativamente el rendimiento de resistencia tanto durante el ejercicio en ciclismo (47%) como en cinta ergométrica (12%) sin observar cambios en el VO₂max los

autores sugirieron que las mejoras en el rendimiento estuvieron relacionadas al incremento en los niveles de fuerza y potencia muscular.

Por su parte Johnston y col. (1997) tampoco hallaron cambios en el VO2max en un grupo de mujeres corredoras de distancia que acoplaron un programa de entrenamiento de sobrecarga (3 días/semana, durante 10 semanas, realizando 2 series de 12-20 repeticiones máximas en sentadillas, prensa de piernas, curl de bíceps, abdominales con carga, estocadas, elevaciones de talones y press de banca) al entrenamiento de la resistencia.

Por otro lado Aagaard y col. (2011) llevaron adelante un estudio con ciclistas juveniles (19 años) de la selección Danesa. Siete de ellos realizaron únicamente entrenamiento sobre la bicicleta, mientras que otros siete sumaron dos/tres sesiones de entrenamiento de la fuerza. Después de 4 sesiones de adaptación, durante las siguientes 14 semanas se realizaron por cada ejercicio de 3-5 series de entre 5-6 repeticiones. Para evaluar los cambios se evaluaron previo al comienzo del protocolo y posterior, varios test de laboratorio los cuales quedan resumidos en la tabla 1. Otro estudio que apoya los resultados donde el entrenamiento de sobrecarga no produce un efecto negativo sobre el VO2max.

VARIABLES	GRUPO DE RESISTENCIA			GRUPO DE RESISTENCIA+FUERZA		
	ANTES	DESPUÉS	MEJORA	ANTES	DESPUÉS	MEJORA
Potencia en 5 minutos	388w	400w	3%	405w	425w	4%
Potencia en contrarreloj 45 min.	309w	321w	3%	313w	340w	8%
Fuerza isométrica máxima cuádriceps	261Nm	257Nm	0	275Nm	307Nm	12%
Cambios en los tipos de fibras musculares	Sin cambios significativos			Las fibras IIA incrementaron de un 26 a un 34%. Las fibras IIX disminuyeron de un 5% a un 0,6%		
VO ₂ max	Sin cambios significativos			Sin cambios significativos		
Economía de pedaleo	Sin cambios significativos			Sin cambios significativos		

Tabla 1.

Tabla1. Resultados de distintas variables evaluadas previas a la implementación de sesiones de entrenamiento de la fuerza y su posterior reevaluación en un grupo que solo realizó entrenamiento de resistencia y otro que añadió trabajos de fuerza.

También Rønnestad y col. (2010) llegaron a la conclusión de que incorporar entrenamientos con sobrecarga al entrenamiento de la resistencia dos veces por semana aumento el área de sección transversal del musculo del muslo y la fuerza de piernas en ciclistas altamente entrenados sin comprometer el desarrollo de VO2max. Específicamente se encontraron mejoras en el test de Wingate y en los valores de producción de potencia máxima, mientras que en el grupo que solo realizó sesiones de ciclismo el único aumento aparente se encontró sobre el VO2max.

Por lo tanto parece que cuando se añaden entrenamientos de sobrecarga al programa de entrenamiento de la resistencia en sujetos bien entrenados, no se producen mejoras en el VO2max. más allá de los valores alcanzados solo con el entrenamiento de la resistencia

(Laursen y Rhodes, 2001). Si en efecto el rendimiento mejora no parece que fuese a través de un aumento en el VO₂max, pero es importante aclarar que la evidencia sugiere que el entrenamiento de sobrecarga no empeora el VO₂max ni el rendimiento.

1.2 Umbral de Lactato (UL)

El umbral de lactato (UL) hace referencia a la intensidad de ejercicio que provoca un incremento de 1 mmol/L en la concentración de lactato a partir de la concentración de reposo (Coyle, 1983) y representa el punto donde la producción de lactato supera a la remoción (Brooks, 1985). La determinación del UL ha demostrado ser un importante pronosticador del rendimiento en eventos de resistencia de larga duración, ya que aquel deportista con elevado umbral tiene la capacidad de correr, pedalear o nadar a un mayor porcentaje de VO₂max sin acumular lactato en exceso.

Lo que dicen las investigaciones

Bishop y col. (1999) adicionaron un programa de sobrecarga periodizado al programa normal de resistencia de mujeres ciclistas (2 días/semana, durante 12 semanas, realizando 3 series de 5-15 repeticiones en sentadillas). Y no observaron cambios en el UL.

Paavolainen y col. (1999) monitoreo el UL en corredores de distancia bien entrenados luego de realizar un entrenamiento de sobrecarga (3 días/ semana, durante 9 semanas, con una duración de entre 90-150 minutos, realizando 5-10 sprint de 20-100 metros, saltos alternados, saltos con contramovimiento, saltos con caída, salto a vallas, saltos a una pierna, prensa de piernas, flexiones y extensiones de rodilla). Los resultados observados indican que tampoco se produjeron cambios sobre el UL.

Marcinik y col. (1991) obtuvieron como resultado un aumento del 33% en el rendimiento en series de corta duración en ciclismo, y un 12% de incremento en el UL como resultado de la adición de entrenamiento de sobrecarga. El contenido medio de lactato sanguíneo era un 30% menor a la misma tasa de trabajo submáximo absoluta luego del entrenamiento.

El efecto que tiene el entrenamiento de sobrecarga sobre el UL y el rendimiento parece ser poco claro. Las variables que generan confusión en la literatura pertinente tales como las diferencias en los programas de entrenamiento de resistencia y sobrecarga hacen difícil precisar con exactitud que influencia tiene el entrenamiento de fuerza sobre el de resistencia (Laursen y Rhodes, 2001).

Similares resultados arrojan las investigaciones sobre el impacto en el VO₂max ya que ha quedado en evidencia que el entrenamiento con sobrecarga no parece desmejorar el UL.

Sugiriendo que se podrían llevar adelante programas de entrenamiento de sobrecarga por parte de atletas de resistencia sin verse perjudicado su rendimiento ni reducido su UL.

1.3 Economía de Carrera (EC)

La economía representa los requerimientos metabólicos para una intensidad de ejercicios determinada (velocidad o producción de potencia). La economía de carrera se define como la demanda de energía para una velocidad dada de carrera sub-máxima, y se determina midiendo el consumo de oxígeno en estado estable y la relación del intercambio respiratorio. Los corredores con buenos niveles de EC utilizan menos energía y por lo tanto menos oxígeno que los corredores con niveles pobres EC a la misma velocidad.

Lo que dicen las investigaciones

Paavolainen y col. (1999) emplearon un programa de entrenamiento pliometrico de 9 semanas con corredores de distancia bien entrenados y hallaron un incremento de 8.1% en la EC, con un incremento asociado en la potencia muscular (+7.1%) y la reducción del tiempo de carrera en 5 km (-3.1%).

Johnston y col. (1997) llevaron adelante un programa de sobrecarga de 14 semanas y hallaron una mejora de un 4% en la EC. De todas maneras en dicho trabajo los autores no midieron si los cambios en la EC influenciaban el rendimiento en carrera.

Diferentes investigaciones han demostrado el entrenamiento de potencia, ya sea con cargas altas (3–5 series de 3–6 repeticiones al $\geq 85\%$ 1 repetición máxima) (Hoff y col., 1999, Hoff y col., 2002, Jung, 2003) o con ejercicios polimétricos (Paavolainen y col., 1999, Spurrs y col., 2003, Turner y col., 2003), puede mejorar la economía de carrera y el rendimiento de resistencia mediante el incremento de la producción de potencia muscular.

Es importante resaltar que ninguno de los estudios que analizó los efectos del entrenamiento de la fuerza con altas cargas o del entrenamiento pliométrico sobre el rendimiento de resistencia halló cambios en los parámetros cardiorrespiratorios más importantes para la carrera de distancia, tal como el VO_{2max} y el UL. Este es un hallazgo importante porque sugiere que las mejoras en la economía de la carrera no surgen de los cambios cardiovasculares o metabólicos, sino más bien a partir de algún otro mecanismo (Karp, 2010).

2. Efecto de Interferencia

Las adaptaciones producidas por el entrenamiento de resistencia están asociadas a un aumento de la actividad de enzimas oxidativas, aumento de la densidad mitocondrial y capilar, mantenimiento o reducción del tamaño de las fibras y posibles transformaciones de fibras de tipo II a I, modificando el modelo de reclutamiento y reduciendo la capacidad contráctil. Por otro lado las adaptaciones del entrenamiento de la fuerza que se realiza con intensidades medias o altas (número de repeticiones reducidas por serie) tiende a producir reducción de la densidad mitocondrial, mantenimiento o reducción de la densidad capilar y reducción de la actividad de las enzimas oxidativas, lo que se traduciría en una reducción de la capacidad oxidativa del musculo. Y con una tendencia a la transformación de fibras IIb a IIa y con el aumento de la capacidad contráctil, lo que produce mejoras de la fuerza y la potencia anaeróbica (González Badillo y Serna, 2002).

El *efecto de interferencia* hace mención al antagonismo que surge entre dos cargas de entrenamiento, provocando una limitación, reducción o enlentecimiento en las respuestas adaptativas (Casas, 2008). La incompatibilidad o interferencia se manifiesta cuando las ganancias de fuerza son menos en el entrenamiento simultaneo de ambas capacidades que cuando se realiza el de fuerza de forma aislada (González Badillo y Serna, 2002).

Esos esfuerzos programados para alcanzar adaptaciones específicas en el plano de la fuerza y la resistencia, entrenando simultáneamente ambas capacidades es denominado entrenamiento concurrente (Casas, 2008). La fuerza y la resistencia son dos capacidades incompatibles si intentamos alcanzar el desarrollo máximo de ambas (González Badillo y Serna, 2002). Pero como el objetivo de añadir un programa de entrenamiento de la fuerza al de resistencia no persigue la imperiosa causa del desarrollo máximo y exclusivo de la fuerza sino que pretende potencia los determinantes del rendimiento de la resistencia, podría descartarse la posibilidad de tildar de incompatibles ambos sistemas y más aún si se tienen en cuenta los resultados arrojados por diversas investigaciones.

Hawley (2004) afirma que existe una cantidad mínima de fuerza muscular requerida en eventos de resistencia. Y que este principio general se aplicaría a todos los atletas, pero especialmente es importante para aquellos que cuentan con menor experiencia en la disciplina. Es por ello que mediante la inclusión de sesiones de fuerza dentro de la periodización del entrenamiento, los resultados obtenidos en atletas novatos demuestran avances porcentualmente importantes en test o mediciones realizadas. Es decir que probablemente cualquier estímulo que sobrecargue a los músculos activos podría mejorar el rendimiento.

Todas las especialidades deportivas necesitan de un mínimo desarrollo de la fuerza para alcanzar buenos niveles de rendimiento. Si el resultado de la competencia depende del desarrollo de la resistencia, el entrenamiento de la fuerza puede jugar un papel relevante y es poco probable que se produzcan efectos negativos de interferencia si la manera de entrenar la fuerza es la adecuada (González Badillo y Serna, 2002).

Para evitar la incompatibilidad entre el entrenamiento de la fuerza y la resistencia se deberían seguir las siguientes pautas (González Badillo y Serna, 2002):

- No hacer coincidir en la misma fase de un ciclo de entrenamiento el desarrollo de la hipertrofia con la resistencia de máximo estrés metabólico y estrés periférico.
- Preferiblemente no hacer entrenamiento de hipertrofia con un carácter de esfuerzo máximo en ningún momento.
- Hacer coincidir en el mismo ciclo de entrenamiento de resistencia hasta el umbral con entrenamiento de hipertrofia, con un carácter de esfuerzo medio-alto pero nunca máximo.
- Cuando el estrés metabólico del entrenamiento de resistencia sea alto (por encima del umbral anaeróbico) el entrenamiento de la fuerza debería orientarse hacia el desarrollo de la fuerza máxima.
- Reducir el número de sesiones de fuerza y el número de repeticiones por serie cuando los entrenamientos de resistencia tiendan a ser de máxima exigencia.
- Separar en la mayor medida de lo posible las sesiones de entrenamiento de la fuerza y de resistencia cuando se hacen en el mismo día. Y si es posible realizarlas en días diferentes.

La recomendación basada en la inapropiada combinación de entrenamiento de la fuerza y resistencia de alta intensidad que incidan sobre los mismos sistemas, es fundada en el modelo de “*Interference Phenomenon*” propuesto por Docherty y Sporer (2000) en el que se propone la utilización de entrenamientos de fuerza y resistencia con que tengan efecto sobre diferentes sistemas (central o periférico) (Figura 1). En este sentido, se ha de programar y periodizar cada contenido con cuidado para no crear interferencias negativas, siendo lo ideal evitar la zona de interferencia propuesta.

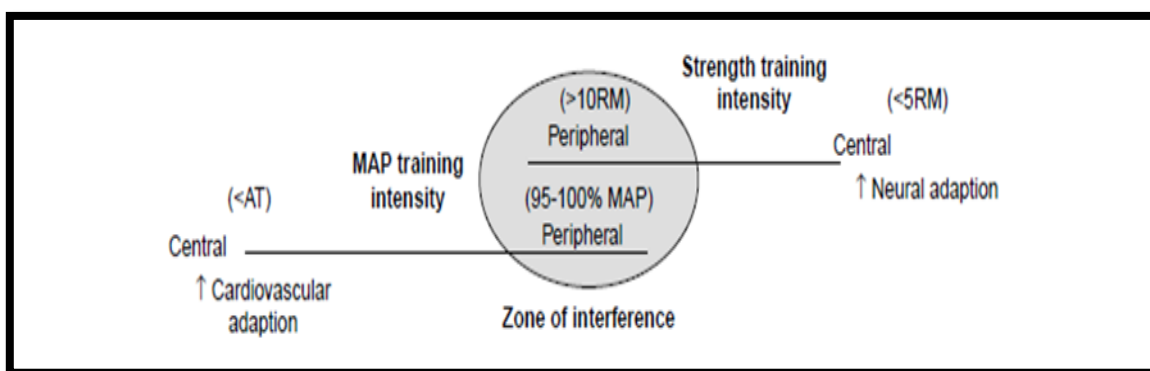


Figura 1. Esquema de la intensidad y localización de las adaptaciones producidas por cada tipo de entrenamiento de resistencia y fuerza. El círculo muestra la “zona de interferencia”. MAP = Potencia aeróbica máxima.

Si nos fijamos con atención al modelo, las menores interferencias se producirán cuando se realizan entrenamientos de carácter neuromuscular conjuntamente con entrenamientos aeróbicos mientras que la máxima interferencia se produce con entrenamientos de hipertrofia muscular y trabajo en la zona de potencia aeróbica o máximo consumo de oxígeno. Además, para evitar el efecto que la fatiga del entrenamiento de resistencia tiene

sobre el entrenamiento de fuerza parece recomendable, separar en la medida lo posible los entrenamientos de fuerza y de resistencia cuando se producen en el mismo día, siendo preferible separar en días diferentes ambos entrenamientos.

3. Conclusiones

Los efectos del entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia llevan estudiándose desde hace varias décadas (Hickson, Rosenkoetter, y Brown, 1980) tanto en deportistas poco entrenados como en deportistas mediana y altamente entrenados. Aunque actualmente se ha aceptado la efectividad del entrenamiento de fuerza para la mejora del rendimiento en deportes de resistencia, hubo algunos estudios iniciales que no estuvieron tan de acuerdo (Tanaka, Costill, Thomas, Fink, y Widrick, 1993).

Una reciente revisión presentada por Rønnestad y Mujika (2013) servirá como herramienta para presentar el estado actual de conocimiento al respecto (Sanchiz, C. (2014):

- El VO2max: Aunque de forma casi trivial, existen ciertas evidencias de que el trabajo de fuerza puede mejorar el VO2max en ciclistas, corredores, esquiadores de fondo o triatletas. Rønnestad y Mujika (2013) señalan que la falta de resultados significativos podría deberse al reducido tiempo de entrenamiento utilizado en los estudios realizados (8-12 semanas) y que hay que tener cautela antes de descartar este efecto.
- La economía de movimiento: Aunque existen algunos resultados contradictorios debido a la variedad de métodos utilizados por los investigadores para evaluar la economía y por el tiempo del programa de intervención, hay una amplia evidencia (Rønnestad y Mujika, 2013) de la mejora de la economía de movimiento en corredores tras el entrenamiento de fuerza (6-12 semanas) y en ciclistas (8 semanas) cuando se añaden sesiones con altas cargas de fuerza debido al aumento de la RFD (Rate of Force Developement) y de la fuerza máxima y al efecto que estas tienen en el pedaleo.
- El umbral de lactato: En los estudios revisados por Rønnestad y Mujika (2013), existe una gran disparidad de resultados, habiendo estudios bastante recientes que encontraron mejoras evidentes en la velocidad del umbral de lactato, otros que tan solo encontraron mejoras muy pequeñas y otros que no encontraron ninguna mejora. A pesar de ello, es destacable que ninguno de estos estudios (con ciclistas y corredores) mostró efectos negativos del entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia sobre la potencia/velocidad en el umbral anaeróbico, es decir, no habría motivos para no realizar un programa de entrenamiento de fuerza individualizado para nuestro deportista y evaluar si responde positivamente a él.
- La Wmax y la Vmax: El entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia también ha demostrado mejorar los valores absolutos de estas dos variables, así como el tiempo

hasta el agotamiento a dichas intensidades. Recordemos que la Wmax y la Vmax son predictores del rendimiento de resistencia (Lucía, Pardo, Duránte, Hoyos, y Chicharro, 1998).

- La potencia anaeróbica: Existen evidencias del aumento de la potencia anaeróbica en corredores tras el entrenamiento de fuerza explosiva.
- La potencia pico: Recientes investigaciones han demostrado como el trabajo de fuerza puede mejorar la potencia pico desarrollada en un test de Wingate (Rønnestad et al., 2014) en ciclistas (ver Tabla 1).

	Fuerza + Resistencia		Resistencia	
	Pre	Post	Pre	Post
Potencia pico (W/kg)	23.6±2.9	24.2±3.4**	22.9±2.4	22.6±1.7

Tabla 1. Datos de potencia pico en test de Wingate, antes y después de dos entrenamientos (concurrente y normal). ** = diferencias significativas. Se observa como con el entrenamiento concurrente de fuerza y resistencia se produce un aumento significativo de la potencia pico desarrollada, algo que no se da con el entrenamiento de resistencia normal (modificado de Rønnestad et al., 2014).

- Prueba contrarreloj: En pruebas tipo contrarreloj (duraciones entre 30-60') el entrenamiento de fuerza ha demostrado ser efectivo en la mayor parte de los estudios realizados. Estos incluían varios ejercicios de piernas y altas cargas (ver Figura 1).

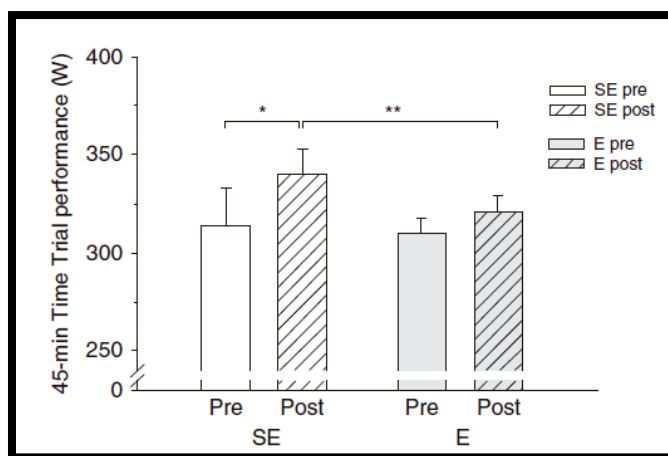


Figura 1. Potencia media desarrollada en un test contrarreloj de 45' con ciclistas de ruta tras dos condiciones de entrenamiento: SE = Entrenamiento concurrente fuerza y resistencia; E = entrenamiento de resistencia solo (Aagaard y Andersen, 2010).

En función del estudio realizado durante el desarrollo del trabajo y apoyados en los resultados obtenidos en recientes investigaciones (Aagaard y Andersen, 2010; Rønnestad y Mujika, 2013; Rønnestad y col., 2014) se podría sugerir que el entrenamiento de la fuerza puede mejorar y optimizar el rendimiento en varias disciplinas de resistencia. Sin embargo, debe contemplarse seriamente el ordenamiento de las cargas de entrenamiento de una y otra capacidad funcional en los distintos periodos que hacen al calendario deportivo del atleta para evitar una interferencia negativa o causar un síndrome de sobreentrenamiento.

Es labor primordial de aquellos que se ocupen de llevar adelante la programación de entrenamientos de deportistas de resistencia (ciclismo, pedestismo, natación, triatlón, etc.) elaborar un modelo de periodización (ondulatorio, por bloques, etc.) que permita un desarrollo con las menores interferencias posibles de una capacidad sobre otra. Es por esto que el estudio de las demandas de la disciplina como punto de partida podría resultar esencial, pues de este modo se estarían enfocando los diferentes objetivos del entrenamiento de la fuerza (hipertrofia muscular o adaptación neural) y la resistencia (potencia aeróbica máxima o umbral de lactato) en relación a las demandas particulares de cada disciplina (ciclismo de pista vs. Trail running)

El propósito de acoplar un programa de entrenamiento de la fuerza, al mismo tiempo que está entrenándose la resistencia, no persigue la imperiosa causa del desarrollo máximo y exclusivo de la fuerza sino que pretende potenciar los determinantes y limitantes del rendimiento de la resistencia. Podría descartarse la posibilidad de tildar de incompatibles ambos sistemas y más aún si se tienen en cuenta los resultados arrojados por diversas investigaciones.

Para llevar adelante esta tarea deben ser contempladas las características del programa de entrenamiento (modo, duración, intensidad, frecuencia, etc.), ya que pueden inducir en el desarrollo de la interferencia entre la fuerza y la resistencia. La interacción entre ambas capacidades es compleja, pero es posible diagramar regímenes de entrenamiento que reduzcan las posibilidades de interferencia.

Es importante cuestionar el valor de la experiencia cuando esta no va acompañada de análisis, evaluación y conocimiento científicamente válido, y más aún cuando solo representa un cierto tiempo “haciendo algo” (Heredia, 2014).

Como objetivo principal el desarrollo del presente trabajo pretende aportar información científicamente válida, actualizada y confiable que pueda ser utilizada para operar en la práctica diaria por entrenadores. El afán por aspirar a lograr un mejor rendimiento, en ocasiones, puede llevar a entrenadores a una toma de decisiones desafortunada que en lugar de beneficiar al deportista hace que su avance en el rendimiento se vea interrumpido. Presentar algunas pautas de intervención, sin olvidar que cada contexto es único y particular, para quien se encuentre a cargo de la tarea de programar es otro de los propósitos que persiguió la presente revisión.

4. Bibliografía

- Ahumada, F. (2013). Entrenamiento de Sobrecarga para el Ciclista: Evidencia vs. Creencias Populares. www.G-se.com
- Alcalde Gordillo, Y. (2012). Entrenamiento de la fuerza en ciclismo: como, cuando y porque? *Sport Training Magazine*, ISSN 1885-4443, N°. 40, págs. 30-35.
- Algarra, J. y Gorrotxategi A.(2012). El Entrenamiento en el Ciclismo de Ruta. Ed. Biocorp Europa S.L
- Badillo, J. J. G., y Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE.
- Casas, A. (2008). Entrenamiento concurrente, adaptaciones y contra-adaptaciones. En *Curso a distancia de entrenamiento físico en deportes de conjunto*. Grupo Sobreentrenamiento.
- Enoka, R.(2002). *Neuromechanics of human movement*, 3rd edition. Champaign IL. Human Kinetics
- Hawley, J., L. Bourke (2000). *Rendimiento Deportivo Máximo*. Ed. Paidotribo.
- Karp, J. (2010). Strength training for distance running: A scientific Perspective. *Strength & Conditioning Journal*; 32(3):83-86.
- Leveritt, M., Abernethy, P., Barry, B., Logan, P. (1999). Concurrent Strength and Endurance Training: A Review. *Sports Med*; 28(6): 413-427
- Laursen, P., Chiswell, S., Callaghan, J. (2005). Should endurance athletes supplement their training program with resistance to improve performance? *Strength and Conditioning Journal* , 27 (5):50-55.
- Naclerio. (2011). *Entrenamiento Deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Ed. Panamericana.
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Hollan, I., y Ellefsen, S. (2014). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, n/a–n/a. doi:10.1111/sms.12257
- Rønnestad, B. R., y Mujika, I. (2013). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine y Science in Sports*, n/a–n/a. doi:10.1111/sms.12104
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Raastad, T.(2010). 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
- Sanchiz, C. (2014). Consejos prácticos para el diseño del entrenamiento de la fuerza en los deportes de resistencia. www.G-se.com
- Tanaka, H., Swensen, T. (1998). Impact of Resistance Training on Endurance Performance: A New Form of Cross-Training?. *Sports Med*; 25 (3): 191-200.
- Turner. A. (2011). Training the Aerobic Capacity of Distance Runners: A Break from Tradition. *Strength & Conditioning Journal*, 33(2):39-42.