



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

**Entrenamiento de fuerza, ¿Qué mejoras produce en el rendimiento de deportes de resistencia?**

Alumno: ÁLVAREZ COLLADO, FRANCISCO

Tutor académico: JAVALOYES TORRES, ALEJANDRO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2020-2021

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....                                | 1  |
| CONTEXTUALIZACIÓN .....                      | 2  |
| PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)..... | 3  |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO):.....    | 5  |
| DISCUSIÓN.....                               | 25 |
| CONCLUSIONES .....                           | 28 |
| PROPUESTA DE INTERVENCIÓN .....              | 29 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                            | 30 |



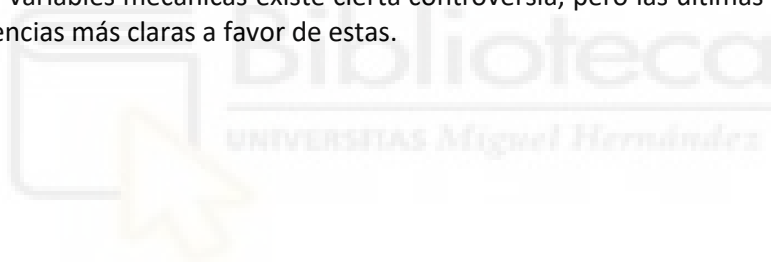
## RESUMEN

Una de las principales problemáticas del entrenamiento concurrente es que existe gran disparidad en la literatura a cerca de los métodos o procedimientos para realizar este tipo de entrenamientos. Además, también existe gran diferencia en función del objetivo o modalidad deportiva en que nos encontramos, ya que las demandas serán diferentes. En deportes de resistencia, esta problemática puede ser aún mayor, ya que se trata de averiguar cómo conseguir las adaptaciones que produce el entrenamiento de fuerza sin interferir en las variables que afectan al rendimiento aeróbico. La literatura muestra una gran disparidad ante esta problemática, ya que se observan artículos donde no se ve un perjuicio en la mejora de ninguna de las dos cualidades, hasta otros que si ven comprometida una de las dos en beneficio de la otra. (Leveritt et al., (1999)).

Por tanto, en este trabajo tras la revisión y posterior lectura de numerosos trabajos a cerca de la temática trataremos de dar solución a esta problemática. Todo ello con rigurosidad científica y siguiendo la guía PRISMA para la estructuración de revisiones sistemáticas.

Tras la lectura y el análisis de los artículos incluidos en esta revisión se han sacado las siguientes conclusiones sobre el efecto del entrenamiento de fuerza en deportistas de resistencia:

Poca evidencia en variables fisiológicas, sin embargo, sí que existe más evidencia en variables de rendimiento propios de la modalidad o del entrenamiento de fuerza. Por último, en cuanto a las variables mecánicas existe cierta controversia, pero las ultimas investigaciones muestran evidencias más claras a favor de estas.



## CONTEXTUALIZACIÓN

Para comprender que es y para qué sirve el entrenamiento de fuerza, es necesario tener claro el concepto básico de fuerza desde el punto de vista de la fisiología. La fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión de un músculo al activarse (Badillo, 2002). Esta capacidad viene determinada por una serie de factores, como el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina (Goldspink, 1992), el número de sarcómeros en paralelo, la tensión específica o la fuerza que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal ( $N \cdot cm^2$ ) (Semmler y Enoka, 2000), la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular. Otras cuestiones, relacionadas con las anteriores, como el ángulo articular donde se genera la tensión muscular, el tipo de activación y la velocidad de movimiento son también determinantes en la producción de tensión en el músculo (Harman, 1993). Por tanto, el objetivo del entrenamiento de fuerza será la mejora de alguno de los factores anteriormente citados. (Fragmento extraído del libro: Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. (Badillo, 2002).

En deportes de corte aeróbico la combinación del entrenamiento de fuerza y resistencia se conoce como entrenamiento concurrente. Este se puede organizar de distintas formas, en la misma sesión (intra-sesión), en el mismo día (Inter sesión), o incluso en días alternos (intra-microciclo); El objetivo es obtener de forma simultánea las adaptaciones de ambos tipos de entrenamiento. Algunos de los primeros estudios, observaron que la combinación de ambos en atletas de resistencia entrenados no tenía mejora en el rendimiento aeróbico (Paavolainen et al., 1991; Tanaka et al., 1993). Sin embargo, en las últimas investigaciones, la tendencia ha sido contraria, mostrando muchos de ellos el efecto que puede tener sobre la mejora del rendimiento, sobre todo en variables como la economía de carrera, el retraso de la fatiga y la mejora de la capacidad aeróbica, así como la máxima velocidad. (Rønnestad & Mujika, 2013).

En cualquier especialidad deportiva, es necesario desarrollar fuerza en el propio gesto. Además, en deportes de resistencia, donde el rendimiento viene determinado por la velocidad o el tiempo necesario para recorrer una distancia, el objetivo es tratar de realizar la máxima fuerza sostenible durante dicho periodo (Rønnestad & Mujika, 2013). Por ello, según González-Badillo y Serna (2002) en disciplinas donde el rendimiento depende de la fuerza lo recomendado es no entrenar la resistencia o hacerlo de forma específica, sin embargo, cuando el resultado deportivo depende de la resistencia (deportes cíclicos y de larga duración) el entrenamiento de la fuerza puede mejorar ciertas variables que son relevantes para la consecución de un mejor rendimiento.

El entrenamiento de fuerza puede ser definido como: "Todo el entrenamiento que permite incrementar o mantener la capacidad de un músculo o un grupo muscular de generar fuerza máxima" (Knuttgen & Kraemer, 1987), tanto entrenando con una carga de 1 RM (Máxima carga que puedo movilizar), hasta una carga de 15 RM. Por otro lado, el entrenamiento de fuerza explosiva es definido como los ejercicios que con una carga externa del 0-60% del 1 RM se realizan a una máxima velocidad en la fase concéntrica.

La principal problemática del entrenamiento concurrente es que existe gran disparidad en la literatura a cerca de los métodos o procedimientos para realizar este tipo de entrenamientos. Además, también existe gran diferencia en función del objetivo o modalidad deportiva en que nos encontramos, ya que las demandas serán diferentes. En deportes de resistencia, esta problemática puede ser aun mayor, ya que se trata de averiguar como conseguir las adaptaciones que produce el entrenamiento de fuerza sin interferir en las variables que afectan al rendimiento aeróbico. La literatura muestra una gran disparidad ante esta problemática, ya que se observan artículos donde no se ve un perjuicio en la mejora de

ninguna de las dos cualidades, hasta otros que si ven comprometida una de las dos en beneficio de la otra. (Leveritt et al., (1999)).

Por tanto, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión sistemática del efecto de la concurrencia en deportistas de competición (tanto alto nivel, como distintas categorías) en deportes cíclicos de resistencia para tratar de comprobar como como afecta cada tipo de entrenamiento a las variables que determinan el rendimiento en la modalidad, tanto en aeróbicas (Allen, H., Coggan, A. (2014), como en musculares (Gómez-Molina J, 2017.)

## **PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)**

### *Protocolo:*

Para la realización de esta revisión sistemática se ha utilizado guía PRISMA 2009. (Moher et al., 2009)

### *Criterios de inclusión y exclusión:*

Se han seguido los siguientes criterios de inclusión:

Utilización de alguna metodología de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza, seguidamente se descartaron todos aquellos artículos cuya intervención no fuese en deportistas de corte aeróbico e individual. También, se descartaron todos aquellos donde la intervención se realizase a personas con patología, lesión o alguna enfermedad; Además, las intervenciones realizadas a población cuyo objetivo fue mejora de salud, fueron descartadas; Por tanto, se descartaron todos aquellos trabajos donde los sujetos no eran deportistas de competición en algún deporte de resistencia cíclico.

En cuanto a las características codificadas, esta revisión ha sido enfocada para deportistas de alto nivel (tanto alto rendimiento, como amateurs de buen nivel). Las edades elegidas han sido aquellas posteriores a la mayoría de edad, evitando sesgos por producidos por los picos madurativos del atleta (consideramos a partir de categoría junior o sub-23).

Se descartaron aquellas publicaciones anteriores al año 2010. Por último, en cuanto al idioma seleccionado, solo se han cogido artículos publicados en inglés o en castellano. Se monitorizaron las bases de datos mencionadas desde el 01/01/2010 hasta marzo de 2021.

Además, debido a que esta revisión ha sido enfocada para deportistas de alto nivel (tanto alto rendimiento, como amateurs de buen nivel), las categorías elegidas han sido aquellas a partir de las cuales se comienza a conseguir el máximo rendimiento, evitando los posibles sesgos producidos por los picos madurativos del atleta (consideramos a partir de categoría junior o sub-23).

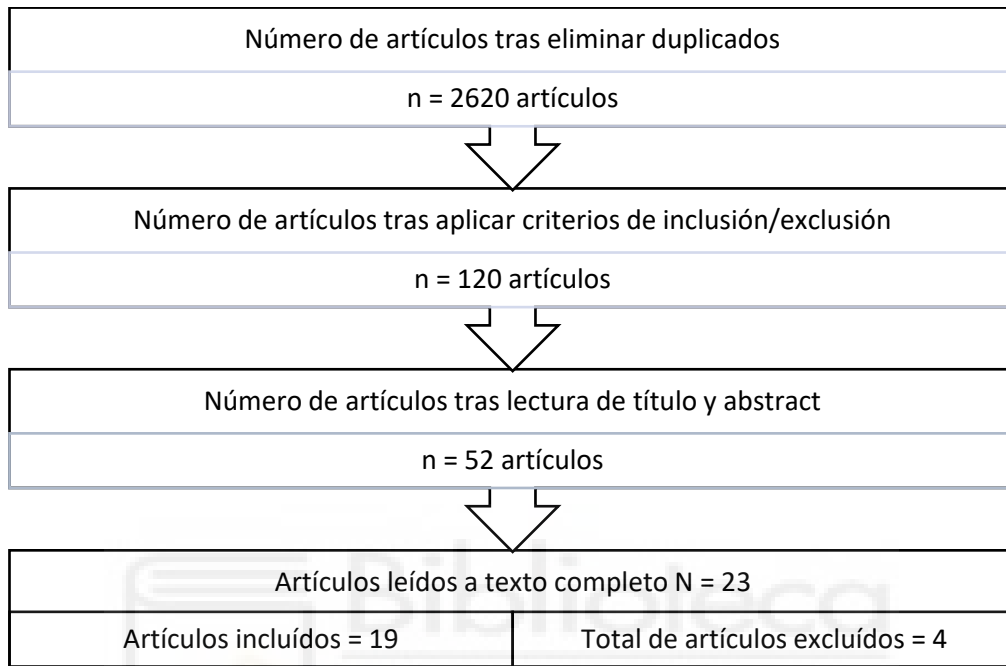
### *Fuentes de información:*

La búsqueda bibliográfica se ha realizado en dos bases de datos (SCOPUS y Pubmed).



utilizaban una metodología de registro o intervención que no se consideraba correcta. Por último se leyeron todos aquellos artículos que si cumplían los criterios y posteriormente se analizaron los resultados.

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO):



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la información a través de las diferentes fases de la revisión.

**Tabla 1. Características de estudios incluidos y resultados.**

| Autor y año                        | Muestra  | Duración   | Método   | Instrumentos evaluación   | Resultados  |
|------------------------------------|--|--|--|---|---|
| <p>(Bachero-Mena et al., 2017)</p> | <p>14 atletas masculinos de 800m de nivel nacional e internacional de diferentes categorías.</p> <p>Marca personal entre 1:43 y 1:58 min: ss. (media 1:52 min: ss.)</p> <p>(edad: 22.9 ± 5.3 años; altura: 175.2 ± 5.5 cm; peso: 62.9 ± 4.4 kg).</p> | <p>Realizaron una prueba en dos sesiones separadas por 1 semana.</p> | <p>1ª sesión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Sprint 20m All Out</li> <li>-Test de fuerza: salto en contra movimiento (CMJ), salto en sentadilla (SJ) y sentadilla completa (SQ)</li> </ul> <p>2ª sesión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Test CMJ</li> <li>-200m Test con medidas de lactato</li> </ul> <p>Los test siempre realizados tras 1 día de descanso completo.</p> | <p>Test SJ, CMJ y SQ</p> <p>Sprint 20m</p> <p>Test de 200m con medidas de lactato</p> | <p>Alta elación entre test de velocidad (20 y 200m) y Rendimiento en 800m</p> <p>Alta relación entre el CMJ y la velocidad de 200m</p> <p>Alta relación entre las variables de fuerza (CMJ, SJ, SQ) y el rendimiento en 800m.</p> |



|   |  |   |  |   |   |
|---|--|---|--|---|---|
| <p>(Beattie, Carson, Lyons, &amp; Kenny, 2017)</p>      | <p>15 ciclistas de competición carretera. Sin experiencia en entrenamiento de fuerza</p> | <p>Desde el mes de abril al mes de Agosto (20 semanas)</p>                    | <p>2 grupos: Entreno fuerza resistencia y solo resistencia.<br/>Las sesiones de fuerza son las siguientes:<br/>45' divididos en 3 subcategorías:<br/>- Fuerza máxima<br/>- Fuerza explosiva<br/>- Ejercicios complementarios</p> | <p>- Test IMTP (isometric mid-thigh pull): para medir la fuerza máxima<br/>- Test SJ: para determinar fuerza explosiva<br/>- 6s All out en bici<br/>- Protocolo de frenado electrónico en ergómetro (SRM, Alemania)<br/>- Análisis de composición corporal con DEXA</p> | <p>Mejora de la fuerza máxima<br/>NO diferencias significativas en la fuerza explosiva en SJ pero si en el test específico en bici<br/>No cambios en los umbrales<br/>Mejoras significativas en la potencia absoluta y relativa al VO2max.<br/>MEJORA PICO DE POTENCIA DE SPRINT<br/>No hay diferencias significativas en la mejora de la economía.<br/>Cambios en la composición corporal incrementando masa corporal y masa magra en las piernas.</p> |
| <p>(Beattie, Carson, Lyons, Rossiter, et al., 2017)</p> | <p>20 atletas competidores en pruebas de fondo</p>                                       | <p>40 semanas (20 pretemporada, con dos sesiones y 20 en temporada, con 1</p> | <p>2 grupos, control (resistencia) e intervención (fuerza + resistencia)<br/>El entrenamiento de fuerza fue dividido en</p>  | <p>-1 RM (repetición máxima) en sentadilla<br/>-CMJ o DJ<br/>-Protocolo en cinta en 2 partes (H/P/Cosmos Pulsar</p>   | <p>No cambios significativos en medidas de fuerza entre grupos, respecto a la línea basal.<br/>No cambios en fuerza absoluta pero si en fuerza</p>  |

|                     |  |  |  |   |   |
|---------------------|--|--|--|---|---|
|                     |  | sesión)  | dos subcategorías:<br>- Fuerza máxima<br>- Fuerza explosiva                              | treadmill, H/P/Cosmos<br>171 Sports & Medical<br>gmbh, Germany)   | relativa, sobre todo en las primeras semanas.<br><br>Cambios en la velocidad del ciclo estiramiento acortamiento de la fuerza reactiva significativos entre grupo intervencion y control (empeora en grupo control), sobretodo en las primeras semanas.<br><br>No diferencias en umbrales tras intervencion.<br><br>Mejora en la velocidad al VO2max en grupo intervencion.<br><br>Cambios signifivativos en RE con respecto a la semana 0, en las primeras 20.<br><br>No cambios en composición corporal |
| (Born et al., 2020) | 27 nadadores adolescentes (12 mujeres y 9 hombres), compitiendo en nivel nacional e internacional. Sin | 2 semanas de adaptación a los ejercicios (Sentadilla, peso muerto, CMJ y SJ) | Se dividieron en dos grupos: Entrenamiento Fuerza máxima (n=11) y entrenamiento de salto | Evaluaron 5 test de 25m, con un calentamiento estandarizado y se descansaba entre 4 y 5 min entre series. Se evaluó la salida mediante un sistema | Se aumento la carga movilizada en sentadilla y peso muerto, asi como la altura del salto en CMJ y SJ, todo ello sin un aumento del  |

|                                 |   |   |  |   |   |
|---------------------------------|---|---|--|---|---|
|                                 | <p>experiencia en entrenamiento con cargas.</p>           | <p>6 semanas de entrenamiento de Fuerza máxima y saltos verticales.</p> | <p>vertical (n=10)</p> <p>En el entrenamiento de Fuerza máxima se realizaron 3 series de sentadilla y peso muerto haciendo de 6 a 8 repeticiones en las semanas 1 a 3 y 4 series de 2 a 4 repeticiones en las semanas 4 a 6. Descanso de 5 minutos entre series.</p> <p>El entrenamiento de saltos fue durante 6 semanas 7 series con 6-7 saltos tanto del CMJ como del SJ. Descanso de 2,5 minutos. El número total de saltos por entrenamiento fue 60-98</p> | <p>compuesto por cámaras y una plataforma de fuerzas</p>            | <p>RPE.</p> <p>No se observan mejoras en la salida en ninguno de los dos grupos</p> <p>Sin embargo en nadadores U17, mejora en los parciales del 5, 15 y 25m con entrenamiento de F. Max; además, se muestra un aumento de la frecuencia de brazada y del batido de mariposa.</p> |
| <p>(Cesanelli et al., 2019)</p> | <p>14 ciclistas amateur entrenados que completaron la</p> | <p>24 semanas de entrenamiento.</p>                                     | <p>Se dividieron en 2 grupos, entrenamiento de resistencia + fuerza y</p>  | <p>4 test en la semana 1, 8, 16 y 24. Para medir el rendimiento</p> | <p>Ambos mejoraron el tiempo en carrera con respecto al año anterior. Sin</p>   |

|                      |  |                            |  |  |   |
|----------------------|--|----------------------------|--|--|---|
|                      | carrera “Héroe de las dolomitas 2018” y participaron en la edición del 2019. |                            | <p>solo entrenamiento de resistencia.</p> <p>Se realizo entrenamiento de resistencia 3-4 veces por semana y de fuerza 2 sesiones a la semana, realizando los siguientes ejercicios, con fase concéntrica explosiva y excéntrica lenta: Sentadilla, prensa, prensa mono podal, leg curl, y ejercicios para la estabilidad del Core. Realizando de 3 a 5 series por ejercicio. Aumentando la carga de entrenamiento de manera progresiva en las semanas.</p> | <p>ciclista se realizó un test de FTP (Allen et al., 2019).</p> <p>Y para la medida del rendimiento en el entrenamiento de fuerza se realizó un protocolo estandarizado de cálculo del 1RM.</p> <p>Además, también se utilizó como referencia el tiempo realizado en la carrera con respecto al año anterior</p> | <p>embargo el grupo que añadió entrenamiento de fuerza mejoro de manera mucho mas significativa.</p> <p>Mejora para el grupo de entrenamiento de fuerza en los test de fuerza máxima. (1 RM).</p> <p>Mejora de ambos grupos en el test FTP, pero sin significación entre ambos.</p> |
| (Festa et al., 2019) | 29 corredores recreacionales.  | 8 semanas de entrenamiento | Se dividieron los sujetos en 3 grupos de misma edad, masa corporal, altura y vo2max. Cada uno de ellos realizó un tipo de entrenamiento: HIT (entrenamiento de alta intensidad), LIT   | Previo al entrenamiento realizaron 3 sesiones para medir las siguientes capacidades: Capacidad aeróbica, economía de carrera, y 1RM. También se midió la composición corporal.   | <p>No hubo cambios significativos en masa corporal.</p> <p>Incremento significativo para el grupo de FST en 1RM. Sin diferencias en los otros dos grupos.</p> <p>Incremento</p>   |

|                                |  |                             |   |  |   |
|--------------------------------|--|-----------------------------|---|--|---|
|                                |  |                             | <p>(Entrenamiento de baja intensidad) o FST (Entrenamiento excéntrico en una máquina YOYO).</p> <p>Las sesiones de FST se realizaron 1 vez a la semana (4x7 Reps / 3'30")</p>               |  | <p>significativo en RE (economía de carrera) al 75% del VT1 en el grupo de FST. Sin mejoras significativas en los otros dos.</p> <p>Todos mejoraron significativamente el rendimiento en las pruebas de 2 y 10 km.</p>  |
| (García-Pinillos et al., 2020) | 96 corredores amateur (51 hombres y 41 mujeres) entre 18 y 40 años | 10 semanas de entrenamiento | <p>Se divide en 2 grupos: Experimental (EG) y control (CG)</p> <p>El EG incluyó saltos a la comba durante sus protocolos de calentamiento (2-4 sesiones a la semana y durante 10-20min)</p> | <p>Se realizaron test en la semana 0 y la 11.</p> <p>Se evaluó a los sujetos mediante la ejecución de un 3k a tope contra el crono. Antes de la realización de la misma, también se midió altura y masa corporal de los sujetos.</p> <p>también se midió la longitud del arco y el stiffness (rigidez) del mismo en el pie derecho.</p> <p>También se realizó una batería de test de salto (SJ, CMJ y DJ30), para calcular el índice de fuerza relativo (RSI)= Tiempo de vuelo /</p> | <p>Diferencias significativas en las variables de stiffness del arco plantar, SJ, y 3km contra el crono y modereadas en CMJ, DJ30 y RSI.</p> <p>Además se observó alta correlación entre la mejora de la prueba de 3k contra el crono y el incremento del RSI y el stiffness.</p> |

|                       |   |                              |   | Tiempo de contacto:  |   |
|-----------------------|---|------------------------------|---|--|---|
| (Hansen et al., 2012) | 20 ciclistas bien entrenados compitiendo a nivel nacional | 12 semanas de entrenamiento. | <p>Los participantes se dividieron en: Grupo test y grupo control.</p> <p>El entrenamiento de fuerza con cargas altas fue realizado 2 veces a la semana y sobre todo enfocado a la musculatura de los miembros inferiores.</p> <p>Se realizó de la siguiente manera, fase concéntrica en máxima aceleración y la excéntrica controlando la velocidad.</p> <p>Durante las 3 primeras semanas se realizó el primer entrenamiento con una carga de 10RM y la segunda con 6RM; las siguientes 3 se ajustó la carga a 8RM para la primera sesión y 5RM</p> | <p>Se realizaron test antes y después de la intervención separados en varias sesiones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Medición de la fuerza máxima</li> <li>2. Medición del consumo máximo de oxígeno</li> <li>3. Test 5 min a tope tras 185 minutos de ciclismo continuo.</li> </ol> | <p>Mejora en la fuerza de los extensores de las piernas (medido en 1RM de leg press) para el grupo de entrenamiento de fuerza.</p> <p>Mejora de la carga aplicada en 6RM en flexores de cadera mejoró desde la primera semana de entrenamiento en el grupo de entrenamiento de fuerza.</p> <p>No diferencias significativas en la cadencia durante los 185 minutos de ciclismo continuo en ninguno de los grupos.</p> <p>Se observa una mejora significativa en la potencia producida por el grupo de entrenamiento de fuerza en el test 5min tras fatiga, no se observa en el grupo de resistencia. No variaciones en cadencia en ninguno de</p> |

|                               |   |   |  |  |   |
|-------------------------------|---|---|--|--|---|
|                               |   |   | para la segunda; para las 3 últimas se realizó 6 RM y 4 RM respectivamente. Siempre con 3 series de cada ejercicio.  |  | los grupos.<br><br>Mejora en el torque producido durante los 5 minutos de test en el grupo de entrenamiento de fuerza, así como en la calidad del pedaleo. (aumento del torque producido para avanzar y disminución del torque de frenado o negativo).<br><br>No cambios significativos en masa corporal y VO2max   |
| (Kristoffer sen et al., 2019) | 32 ciclistas de carretera entrenados (28 hombres y 4 mujeres) | 6 semanas de entrenamiento + 4 semanas de preparación | Se dividen los participantes en dos grupos:<br><br>Entrenamiento pesado de fuerza (HST) o entrenamiento de sprints cortos (SST)<br><br>El protocolo del HST fue:<br><br>4 semanas de preparación (1º sesión 3x10RM y 2º sesión 3x6RM). | La medición se dividió en varios días:<br><br>1) medición de la composición corporal + Test incremental de ciclismo para determinar la potencia a 2 mmol*L de La, seguido de un cálculo de Vo2max.<br><br>2) Test de 100min de ciclismo incluyendo 6 y 30 s de sprint máximo y un test de 5 min a tope.<br><br>3) Cálculo de 1RM en media sentadilla y | Mejora del test 6seg tanto en fatiga, como sin ella en el grupo de SST, tanto en Potencia pico (PPO), como media (APO). Mejora en la PPO en el grupo HST tras fatiga pero no diferencias en el resto de medidas.<br><br>Mejora del grupo de SST en PPO y APO en test 30 seg. No mejoras significativas en HST.<br><br>En el test 55m mejora en para el grupo SST en |

|                            |                                     |  |   |  |  |
|----------------------------|-------------------------------------|--|---|--|--|
|                            |                                     |  | <p>Las 2 primeras semanas de intervención se realizaron (1º sesión 3x8RM y 2º sesión 3x5RM). Las 4 siguientes (1º sesión 3x6RM y 2º sesión 3x4RM). Todo se realizó con 2 minutos de descanso</p> <p>El protocolo del SST fue:</p> <p>15 min calentamiento seguido de 3 series de 4 intervalos máximos con 2 min de descanso entre series y 5 entre bloques.</p> <p>Las 2 primeras semanas los sprints son de 4 s en 1º sesión y 6 s en 2º, las 2 siguientes 7 y 5 respectivamente y las 2 últimas 8 y 6 segundos.</p> | sprint de 55m máximo.  | <p>posicion sentada, pero no de pie. Sin cambios en grupo HST.</p> <p>En el test de 5 min ambos grupos muestran una mejora significativa en APO.</p> <p>Mejora en la carga de 1RM en el grupo HST y empeoramiento en el grupo de SST.</p> <p>No diferencia en masa corporal entre grupos.</p> <p>En cuanto al Vo2max el HST muestra una mejora significativa.</p> <p>Mejora en Wmax para el SST.</p> <p>Mejor potencia para el grupo HST en 4mmol LA</p> <p>No cambios en la eficiencia.</p> |
| (Gil-Cabrera et al., 2021) | 22 ciclistas profesionales jóvenes. | 8 semanas de duración + 2 semanas de familiarización previa al | Se divide al grupo en 2, uno realizará entrenamiento de fuerza convencional (TRT) y el otro entrenamiento de fuerza con "carga  | Se realizaron dos periodos de test uno pre y otro post entrenamiento, donde se midieron:<br>- Composición corporal | No hubo diferencias significativas entre grupos en el número de repeticiones desarrolladas para ninguno de los ejercicios, sin embargo si que hubo una   |



|  |  |               |  |  |  |
|--|--|---------------|--|--|--|
|  |  | entrenamiento | <p>óptima" (OPT)</p> <p>Se realizaron 2 sesiones a la semana, con una separación de 48h mínimo.</p> <p>El entreno tradicional consistió en lo siguiente:</p> <p>Semanas 1 a 3. Dia 1 (3x10 @75%RM) Dia 2 (3x6 @85%RM)</p> <p>Semanas 4 a 6. Dia 1 (3x8 @80%RM) Dia 2 (3x5 @87%RM)</p> <p>Semanas 7 a 8. Dia 1 (3x6 @85%RM) Dia 2 (3x4 @90%RM)</p> <p>Y el entrenamiento de OPT consistió en:</p> <p>3x Máximas repeticiones al &gt;90% de la carga óptima.</p> <p>Siempre se realizaron los ejercicios de sentadilla, hip thrust y zancada. La recuperación fue de 120s para ambos</p> | <p>- Test máximo incremental</p> <p>- Test de fuerza</p> <p>- Una contrarreloj de 8min</p> | <p>mayor media de intensidad para el grupo TRT en todos los ejercicios, así como una mayor media de peso levantado.</p> <p>No hubo diferencias significativas en ninguna medida de composición corporal, aunque ambos redujeron masa grasa y aumentaron masa muscular.</p> <p>En las variables de fuerza se observó una mejora significativa en todas ellas para ambos grupos. Además, no se observó diferencias significativas entre los tres grupos.</p> <p>Por último, en variables de resistencia se observó una mejora en el contrarreloj tanto en valores absolutos como relativos de potencia, para ambos grupos; sin diferencias significativas entre ellos. Además también se observó una mejora significativa para el punto de compensación respiratorio asociado a la</p> |
|--|--|---------------|--|--|--|

|                        |                              |   |   |  |  |
|------------------------|------------------------------|---|---|--|--|
|                        |                              |   | entrenamientos.   |  | potencia en valores absolutos y relativos en ambos grupos. Sin diferencias entre ellos.  |
| (Kilduff et al., 2011) | 9 nadadores internacionales. | 3 sesiones de medición + familiarización y test | <p>Antes de las sesiones de experimentación se realizaron varias sesiones para familiarización con los procedimientos, así como para el cálculo del 3RM en sentadilla</p> <p>3 sesiones:</p> <p>1º Donde realizaban un calentamiento en remo ergómetro, seguido de estiramientos dinámicos. A continuación, se realizaba un test CMJ. Tras un periodo de recuperación realizaron un estímulo de PAP (potenciación post activación) consistente en 1x3 Reps al 87% RM. Y</p> | <p>Se realizaron varios test:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test de fuerza (calculo 3RM Sentadilla)</li> <li>- Test CMJ</li> <li>- Medida de datos en salida de natación</li> </ul> | <p>Se observó bajada en la potencia generada en CMJ tras 15seg del estimpo de PAP con respecto a la potencia basal, sin embargo, tras 4 min los valores volvian a ser los mismos que en basal. Tras 8 min de recuperación del estímulo PAP se produjo el pico maximo de potencia en CMJ y fue significativamente mayor a los anteriores.</p> <p>Con la altura del salto ocurrió lo mismo que con la potencia generada en el CMJ, tras 8 min se produjo la maxima altura.</p> <p>No hubo diferencia significativa en el inicio de inmersión en salida con respecto al calentamiento convencional de natacion. Sin embargo, si que se produjo una mejora</p> |

|                   |  |   |  |   |  |
|-------------------|--|---|--|---|--|
|                   |  |   | <p>tras ello volvían a realizar un CMJ en los minutos (0, 4, 8, 12 y 16) tras el estímulo PAP.</p> <p>2º Calentamiento convencional de natación + salida de 15m</p> <p>3º Calentamiento con estímulo PAP + salida de 15m.</p>  |   | <p>significativa en los picos de fuerza, tanto vertical como horizontal despues del PAP.</p>   |
| (Li et al., 2020) | 71 corredores recreacionales de maratón. | 10 semanas: 2 de adaptación, 1 pretest, 6 semanas de entrenamiento de fuerza pesado (2 a la semana) y entrenamiento de resistencia, y 1 post test | <p>Se dividió el grupo en:</p> <p>1. Entrenamiento "complex" (combinación de entrenamiento de fuerza pesado y pliometría). (CPX)</p> <p>Calentamiento + 3 x 3 Pares de ejercicios:</p> <p>Sentadilla + DJ30cm, Split squat + saltos a una pierna y zancadas + salto de valla (30cm) a 2 piernas.</p> <p>La carga de los ejercicios pesados fue</p> | <p>Se evaluó:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición corporal</li> <li>- 1 RM en sentadilla</li> <li>- SJ y CMJ</li> <li>- Fuerza en prensa de piernas isocinética. (LP)</li> <li>- Economía de carrera (RE)</li> <li>- VO2max</li> </ul> | <p>Mejora significativa de 1RM Y LP concentrica para todos los grupos.</p> <p>Mejora significativa de SJ, CMJ, LP excentrica en los grupos CPX y HST</p> <p>Mejora del EUR en grupo CPX con empeoramiento en grupo HST. No cambios en EST.</p> <p>Mejoras en RE tanto para grupo CPX como HST a 12 y 14 kmh. Sin cambios en EST</p> <p>Mejora de la velocidad al VO2max en grupo GPX y HST. Sin cambios en EST</p> |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>aumentando un 5% del RM cada 2 semanas, comenzando las dos primeras al 70-75% RM).</p> <p>Tiempo de descanso 4 min</p> <p>2. Entrenamiento de fuerza pesado (HST)</p> <p>El entrenamiento fue igual al CPX, pero sin la parte de pliometría. Con el añadido de dos series más por ejercicio. Tiempo de descanso 3 min</p> <p>3. Entrenamiento fuerza-resistencia (EST)</p> <p>El entrenamiento se realizó con los mismos ejercicios, pero variando carga. Se modificaron las repeticiones a 20-30 con 30-40% RM y con dos series más respecto a las anteriores. 1 min de descanso entre series.</p> |  |
|--|--|--|--|--|

|                                  |   |  |   |  |  |
|----------------------------------|---|--|---|--|--|
| <p>(Pérez-Olea et al., 2018)</p> | <p>12 nadadores masculinos compitiendo a nivel regional y nacional.</p> | <p>2 días de evaluación. Los atletas realizaban 2 entrenos de fuerza a la semana</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test de fuerza del miembro inferior (con dos test de CMJ: 5x1CMJ/1' y 30x1CMJ/2")</li> <li>- Test de fuerza miembros superiores: 2 test de dominadas (5x1Dominada/1' a máxima velocidad y 1xDominadas al fallo)</li> <li>- Test de rendimiento en natación (50m estilo libre a tope y 50m solo pies con tabla a tope)</li> </ul> | <p>Se evaluaron las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test de fuerza del miembro inferior</li> <li>- Test de fuerza miembros superiores</li> <li>- Test de rendimiento en natación</li> </ul> | <p>Correlación alta entre el rendimiento entre 50 libre y velocidad media, potencia absoluta y relativa, así como fuerza relativa en el 1º test de dominadas. Pero no relacionado con potencia absoluta, pico de velocidad y tiempo hasta conseguirlo.</p> <p>Con respecto a la resistencia a la fatiga, se observa relación fuerte entre 50 libres y velocidad media y pérdida de velocidad, pero no con el rendimiento en el test hasta el fallo.</p> <p>No hay relación significativa entre las medidas del test de miembros inferiores. Sin significación entre altura, media de altura y pérdida de la misma con respecto al rendimiento en natación.</p> <p>Alta correlación entre test de 50 libres y 50 pies.</p> <p>84 % de predicción de</p> |
|----------------------------------|---|--|---|--|--|

|                        |                                |                |  |   |   |
|------------------------|--------------------------------|----------------|--|---|---|
|                        |                                |                |  |   | rendimiento en la combinación de Velocidad perdida en test dominadas al fallo y 50 pies para el test de 50 libres.  |
| (Morouço et al., 2011) | 10 nadadores de nivel nacional | 4 días de test | <p>Test en el agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Día 1 3x30seg (atado)/30min (1º Nado completo, 2º Solo brazos 3º Pies)</li> <li>- Día 2: Test de 50m Crol con salida.</li> </ul> <p>Test en "seco"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dia 3: Test para calcular la curva fuerza-tiempo en press banca y sentadilla</li> <li>- Dia 4: Test calculo curva Fuerza velocidad en ejercicio de jalón al pecho y 3 CMJ máximos con 1' descanso.</li> </ul> | <p>Se realizaron varios test:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test en el agua</li> <li>- Test en "seco"</li> </ul> | <p>Relaciones significativas entre el test CMJ y sentadilla con la fuerza producida en el agua con todo el cuerpo y con piernas solo, pero no con velocidad de nado.</p> <p>Relaciones significativas entre pres banca y jalon anterior con el rendimiento en natacion completa y solo brazos. Además, relación entre test de jalón anterior y velocidad de nado.</p> |

|                      |                                 |   |  |  |  |
|----------------------|---------------------------------|---|--|--|--|
| (Naczk et al., 2017) | 14 nadadores de nivel nacional  | 4 semanas de entrenamiento con 3 sesiones a la semana       | <p>Los nadadores fueron divididos en dos grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrenamiento inercial (IT)</li> </ul> <p>3 sesiones a la semana. Donde realizaran un trabajo de 15seg por serie, con un trabajo total de 60seg por ejercicio. 2 minutos de descanso. Los músculos entrenados en cada sesión son aquellos que participan en la fase de subida de la brazada de crol.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo control (C)</li> </ul> | <p>Se evaluaron los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La máxima fuerza y potencia generada en el ITMS (sistema de medida del entrenamiento inercial). Test máximo de 10seg simulando la fase de subida del nado.</li> <li>- Electromiografía (EMG) de la musculatura del tríceps braquial.</li> <li>- Test de natación, se realizaron un test de 100m nado mariposa y 50m libre en días separados.</li> <li>- Masa muscular</li> </ul> | <p>Incremento en la fuerza muscular y en la potencia en el grupo de IT.</p> <p>Mejora del test 100 mariposa en el grupo de IT, con cambios menores en grupo C. Ocurriendo lo mismo en el test de 50m libre.</p> <p>Incremento de la activación EMG en el tríceps braquial en grupo IT tras entrenamiento.</p> <p>No incremento significativo de la masa muscular en grupo IT.</p> <p>Relación negativa entre fuerza potencia en la velocidad en 100m mariposa.</p> <p>Sin embargo, relación significativa entre fuerza y potencia y test de m libre.</p> |
| (Ravé et al., 2018)  | 16 nadadores de nivel nacional. | 9 semanas de intervención, con 6 semanas de entrenamiento y | Los participantes fueron asignados a dos grupos de manera aleatoria, entrenamiento   | Se realizaron 3 sesiones de test pretest (Semana 1), test a mitad (Semana 5) y post test   | Los nadadores del grupo GP presentaron una mejora significativa en MDL (máxima carga de arrastre),   |

|                       |   |                              |   |  |   |
|-----------------------|---|------------------------------|---|--|---|
|                       |   | 3 semanas de test.           | <p>estándar de fuerza (GS) y entrenamiento piramidal (GP). Se realizaron 2 sesiones de fuerza a la semana añadidas a las de natación.</p> <p>El grupo GS realizo: 6x12.5m nadando al 70% del 1RM resistido.</p> <p>GP realizo:</p> <p>1x12.5m al 50% RM + 1x12.5m al 60% RM + 1x12.5m al 70% RM + 1x12.5m al 60% RM + 1x12.5m al 50% RM</p> | <p>(semana 9).</p> <p>Los test fueron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Test de fuerza y potencia: Con un banco de natación isocinético, un test de 1 RM en natación resistida</li> <li>- Rendimiento en natación: Test de 50m nado Crol y 50m nado estilo del deportista.</li> </ul>               | sin cambios en GS.  |
| (Sedano et al., 2013) | 18 corredores bien entrenados. (3000-5000m) | 12 semanas de entrenamiento. | <p>Fueron asignados a 3 grupos de manera aleatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solo entrenamiento de resistencia (EG): El entrenamiento consistía en 4 ejercicios de miembro inferior utilizando theraband para realizar resistencia externa. Con una</li> </ul>  | <p>Se midieron las siguientes variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Masa grasa</li> <li>- Test de altura media de saltos en CMJ</li> <li>- 1 RM</li> <li>- 3km A tope</li> <li>- Economía de carrera</li> <li>- Velocidad pico</li> <li>- máxima frecuencia cardiaca</li> <li>- Consumo máximo de</li> </ul> | <p>NO cambios en variables antropométricas.</p> <p>Se observan ganancias en 1RM para grupo SG y ESG, que se mantienen tambien tras 5 semanas post entrenamiento. Sin cambios en EG.</p> <p>Solo mejora el test CMJ el grupo SG, que incluye entrenamiento pliométrico</p> |



|                           |   |                             |   |   |   |
|---------------------------|---|-----------------------------|---|---|---|
|                           |   |                             | <p>distribución de 3x25reps/25" R:5'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo que combina su entrenamiento general y entrenamiento de fuerza (SG): Combinación de ejercicios de fuerza y pliométricos.</li> <li>Sentadilla con barra, leg curl, leg extensión, Flexión de tobillo sentado. 3x7reps @70%RM, cada ejercicio fue combinado con otro pliométrico. 5' de descanso entre ejercicios y series.</li> <li>- Grupo de fuerza resistencia (ESG): Mismos ejercicios, pero con esta distribución; 3x20 @40 RM /5'</li> </ul> | <p>oxígeno (VO2max) en tapiz rodante</p> <p>Se realizaron 3 test 1 semana antes de la intervención, después de las 12 semanas de entrenamiento y 5 semanas después del entrenamiento.</p>   | <p>en los entrenamientos.</p> <p>Mejoras en el Vo2 a 12kmh y velocidad pico en SG y ESG.</p> <p>Sin cambios para VO2max y HRmax.</p> <p>Además el grupo SG también mejoró economía de carrera a 16kmh, así como valores de RPE.</p> <p>Todos estos cambios se mantuvieron durante las 5 semanas post.</p> |
| (Piacentini et al., 2013) | 21 corredores master (5 mujeres y 16 hombres) | 6 semanas de entrenamiento. | <p>Se dividió a los sujetos en 3 grupos experimentales n=7 por grupo. Realizaron 2 sesiones a la semana.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MST (Entrenamiento de fuerza</li> </ul>   | <p>Se realizaron dos evaluaciones, un pre y otra la semana después.</p> <p>Se midieron las siguientes variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida de la ratio</li> </ul> | <p>Mejora significativa del grupo MST en 1 RM, sin diferencias significativas en RT y CG.</p> <p>No hubo diferencias significativas en tests CMJ, SJ o STIF para MST, sin</p>   |

|                          |  |   |   |   |   |
|--------------------------|--|---|---|---|---|
|                          |  |   | <p>máxima): 4x3-4reps @85-90% 1RM /3'</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RT</li> </ul> <p>(Entrenamiento fuerza tradicional): 3 x 10reps @70% 1RM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CG (grupo control)</li> </ul>  | <p>metabólica de descanso</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1RM (estimado del 6RM de leg press)</li> <li>- Rendimiento de salto: SJ, CMJ y STIF test (test de 7 saltos consecutivos)</li> <li>- Economía de carrera</li> </ul>   | <p>embargo RT mostro mejora significativa en STIF, sin diferencias en los demas. CG motro mejora en CMJ y SJ.</p> <p>RE mejoro significativamente para el MST, solo a ritmo prueba. Sin cambios en demas velocidades o grupos.</p>  |
| (Rønnestad et al., 2015) | 16 ciclistas de elite a nivel nacional | 10 semanas de entrenamiento (2 sesiones) + 15 de mantenimiento de fuerza (1 sesión) | <p>Se dividió a los sujetos en 2 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo de entrenamiento solo resistencia (E)</li> <li>- Grupo de entrenamiento de fuerza con cargas altas (ES)</li> </ul> <p>Utilizaron los siguientes ejercicios:</p> <p>Media sentadilla, prensa unilateral, flexión de cadera unilateral tumbado y flexión plantar.</p> <p>3 primeras semanas realizaron 10</p> | <p>Se midieron las siguientes variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Masa magra</li> <li>- Test de fuerza (Media sentadilla)</li> <li>- Test Wingate</li> <li>- Test de perfil de lactato</li> <li>- Medidas de fuerza en el pedal</li> <li>- Test de Vo2max</li> <li>- 40 min contra el crono a tope</li> </ul> | <p>Incremento de la fuerza máxima en media sentadilla para el grupo ES, que se mantuvo durante las 15 semanas.</p> <p>Incremento de la masa corporal en ambos grupos, pero la masa magra incrementa solo en el ES.</p> <p>El pico de potencia generado en wingate mejora en ES y sin cambios en E.</p> <p>Sin cambios en VO2max pero si en PMAX para el grupo ES.</p> <p>Mejora la potencia</p> |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | <p>RM en primera sesión y 6 RM en segunda. 3 siguientes 8 y 5 RM y las 4 últimas 6RM y 4RM respectivamente.</p> <p>Siempre 3 series con 2 min de descanso.</p> <p>En la etapa de mantenimiento, realizaron 5 (8-10) reps con 2 min de descanso.</p> | <p>generada a 4mmol de lactato en ES.</p> <p>El pico de torque se genera antes en la pedalada después de la intervención en grupo ES, sin cambios en E.</p> <p>No hay cambios en el consumo de oxígeno a 4mmol de lactato, ni en la eficiencia bruta.</p> <p>Incremento de la potencia generada en 40 min para grupo ES.</p> |
|--|--|--|---|--|

*LEYENDA: SQ: Sentadilla completa, CMJ: Salto con contra movimiento, SJ: salto con sentadilla, DJ: Salto con caída, RM: Repetición máxima, VO2max: Consumo máximo de oxígeno, PMAX: potencia máxima, STIF: Stiffness, RPE: Percepción subjetiva del esfuerzo, HRmax: frecuencia cardiaca máxima, RE: Efectividad o economía de carrera, LP: prensa de piernas, EUR: Ratio de uso excéntrico, PPO: Potencia pico obtenida, APO: potencia media obtenida, Wmax: Vatios máximos, VT1: primer umbral ventilatorio, VT2: segundo umbral ventilatorio, LA: lactato en sangre, FTP: Umbral de potencia funcional.*

## DISCUSIÓN

Como detallamos en la contextualización, el objetivo de este trabajo era realizar una revisión sistemática del efecto de la concurrencia en deportistas de competición (tanto alto nivel, como distintas categorías) en deportes cíclicos de resistencia para tratar de comprobar como afecta cada tipo de entrenamiento a las variables que determinan el rendimiento en la modalidad, tanto en aeróbicas (Allen, H., Coggan, A. (2014), como en musculares (Gómez-Molina J, 2017.).

En cuanto a los resultados más destacados, podríamos destacar, como era esperable que, tras la mayoría de las intervenciones de fuerza, existe una mejora en la masa movilizada en 1RM. También, se ha observado que en corredores tras intervenciones de fuerza se produce una mejora en la economía de carrera. En cuanto a la mejora de variables fisiológicas, no existe suficiente evidencia de que el entrenamiento de fuerza añadido al de resistencia mejore variables como VO<sub>2</sub>max, umbrales o Vo<sub>2</sub> a distintas intensidades.

### - Variables de rendimiento:

En cuanto a las variables de rendimiento, consideraremos aquellas que cuantifican el rendimiento de un test, ya sea, por ejemplo: porcentaje de 1RM, potencia media en un tiempo determinado, altura de salto en CMJ...

(Born et-al., 2020) observó que tras una intervención en nadadores donde combinaron el entrenamiento convencional con trabajo de fuerza máxima aumentaron la carga movilizada en sentadilla y peso muerto. El RM movilizado en los test tras las intervenciones mejora en (Cesaneli et-al., 2019) tras añadir fuerza a los entrenamientos convencionales de ciclistas amateur. En el estudio de (Festa et-al., 2019) con corredores amateur observó un incremento significativo en 1RM tras una intervención donde añadían trabajo de fuerza excéntrica en máquina YOYO. Por otro lado, (Hansen et-al., 2012), observó una mejora en la fuerza de los extensores de las piernas (medido en 1RM de leg press), así como, una mejora de la carga aplicada en 6RM en flexores de cadera en el grupo de entrenamiento de fuerza con cargas altas. También, se observó un aumento de la carga movilizada en 1RM, para el grupo de ciclistas que entreno fuerza con cargas altas añadido a su entrenamiento convencional (Kristoferssen et-al., 2019). En el estudio de (Li et-al., 2020) se produjo una mejora significativa de 1RM Y fuerza en prensa isocinética (LP) concéntrica para todos los grupos, tanto entrenamiento "complex", como con cargas altas y entrenamiento de fuerza resistencia. Por otro lado, (Sedano et-al., 2013) observó ganancias en 1RM para el grupo que combina entrenamiento de resistencia con entrenamiento de fuerza con cargas altas y ejercicios pliométricos (SG) y el grupo que entrena Fuerza resistencia (ESG), que se mantienen también tras 5 semanas post entrenamiento, no se observaron mejoras en el grupo de solo entrenamiento de resistencia (EG). Por último, (Piacentini et-al., 2013) observó mejora significativa del grupo de entrenamiento de fuerza máxima (MST) en 1 RM, sin diferencias significativas para el grupo de entrenamiento convencional (RT) y grupo control (CG).

En otros estudios, la fuerza máxima no se midió mediante RM, pero de igual forma se registró, obteniéndose los siguientes resultados: Se produjo un incremento de la fuerza máxima en media sentadilla para el grupo que combino entrenamiento de fuerza con altas cargas y resistencia (ES), que se mantuvo durante las 15 semanas (Ronnestad et-al., 2015). Así como, incremento en la fuerza muscular y en la potencia en el grupo de entrenamiento inercial (IT) medido en un test en la ITMS (Naczek et-al., 2016).

Otra de las variables a destacar, es la velocidad o potencia que se genera en ciertas zonas metabólicas. En el artículo de (Beattie et-al 2016) realizado a ciclistas, se observan mejoras significativas en la potencia absoluta y relativa al  $VO_{2max}$ , así como la mejora de la potencia pico generada, tras el entrenamiento de fuerza en ciclistas. Además, el mismo autor, (Beattie et-al 2016) en un estudio realizado en corredores observó una mejora en la velocidad al  $VO_{2max}$ . (Cesanelli et-al., 2019) observó una mejora de ambos grupos en el test FTP, pero sin significación entre ambos. Tras una intervención con trabajo de fuerza excéntrica no se produjo una diferencia significativa entre el grupo que entreno F. excéntrica y el que no en los test de 2 y 10km, aunque todos mejoraron significativamente el rendimiento. (Festa et-al., 2019). (García-Pinillos et-al., 2020) observó mejoras significativas en 3km contra el crono para el grupo que realizó calentamiento con saltos. Por otro lado, el grupo que realizó entrenamiento de fuerza en el estudio de (Hansen et-al., 2012) mejora significativamente la potencia generada en la prueba 5min tras fatiga, no se observa en el grupo de solo entrenamiento de resistencia. En cuanto a la mejora en variables de resistencia entre grupo que entreno con carga optima vs convencional, se observó una mejora en la contrarreloj tanto en valores absolutos como relativos de potencia para ambos grupos, pero sin diferencias significativas entre ellos. (Gil-Cabrera et-al., 2021). (Kristoferssen et-al., 2019) observó una mejora en la potencia pico en el grupo de entrenamiento de fuerza con cargas altas (HST) tras fatiga, pero no diferencias en el resto de las medidas, por otro lado, en el test de 5 min ambos grupos muestran una mejora significativa en la potencia media generada; Por último, el grupo de HST desarrollo una mejor potencia en 4mmol LA.

Tras la intervención de fuerza, se observó una mejora de la velocidad al  $VO_{2max}$  en grupo GPX y HST, sin cambios en EST. (Li et-al., 2020). Correlación alta entre el rendimiento entre 50 libre y velocidad media, potencia absoluta y relativa, así como fuerza relativa con el 1º test de dominadas. Pero no se vio relación con la potencia absoluta, pico de velocidad y tiempo hasta conseguirlo. Con respecto a la resistencia a la fatiga, se observa relación fuerte entre 50 libres y velocidad media y pérdida de velocidad con el test hasta el fallo de dominadas (Pérez-Olea et-al., 2017). (Morouco et-al., 2011) observó también relaciones significativas entre press banca y jalón anterior con el rendimiento en natación completa y solo brazos. Además, relación entre test de jalón anterior y velocidad de nado. Tras una intervención con entrenamiento inercial, mejora del test 100 mariposa en el grupo de IT, con cambios menores en grupo control. Ocurrendo lo mismo en el test de 50m libre, además se observó una relación negativa entre fuerza y potencia con la velocidad en 100m mariposa. Sin embargo, sí que existe una relación significativa entre fuerza y potencia y test de 50 m libre. (Naczk et-al., 2016). También se observaron mejoras en la velocidad pico en SG y ESG y consumo de oxígeno a 12kmh. (Sedano et-al., 2013). (Ronnestad et-al., 2015) observó que el pico de potencia generado en test "wingate" mejora en ES y sin cambios en grupo de entrenamiento de solo resistencia (E). Además, se produjo mejora en la potencia máxima (P<sub>MAX</sub>) para el grupo ES. Por último, se observó un incremento de la potencia generada en 40 min para grupo ES.

Otra de las variables de rendimiento muy estudiada es la altura del salto en distintos test, SJ, DMJ, DJ... por ello, artículos como el de (Born et-al., 2020) nos dicen que tras una intervención de fuerza se produjo una mejora en la altura del salto en CMJ y SJ, todo ello sin un aumento del RPE. (García-Pinillos et-al., 2020) obtuvo mejoras significativas en SJ, así como, también observó mejoras moderadas en CMJ, DJ30 y RSI para el mismo grupo. Por otro lado, (Kilduff et-al., 2011) tras analizar como afectaba al rendimiento a un calentamiento añadiendo estímulos de potenciación post activación, observó bajada en la potencia generada en CMJ tras 15seg del estímulo de PAP con respecto a la potencia basal, sin embargo, tras 4 min los valores volvían a ser los mismos que en basal. Tras 8 min de recuperación del estímulo PAP se produjo el pico máximo de potencia en CMJ y fue significativamente mayor a los anteriores. Con la altura del salto ocurrió lo mismo que con la potencia generada en el CMJ, tras 8 min se produjo la máxima altura. Mejora significativa de SJ, CMJ, LP excéntrica en los grupos de

entrenamiento concurrente con pliometría (CPX) y el de entrenamiento con cargas pesadas (HST). (Li et-al., 2020). Mejora del test CMJ solo para el grupo SG, que incluye entrenamiento pliométrico en los entrenamientos (Sedano et-al., 2013). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en test CMJ, SJ o STIF para MST, sin embargo, RT mostro mejora significativa en STIF, sin diferencias en los demás. Además, CG mostró mejora en CMJ y SJ. (Piacentini et-al., 2013)

- *Variables fisiológicas:*

En este apartado contrastaremos como en los artículos analizados se ven afectadas las variables fisiológicas como VO<sub>2</sub>max, umbrales, composición corporal, RPE...

Comenzaremos resumiendo que dice la literatura a cerca del VO<sub>2</sub>max y sus mejoras. No se vieron cambios en el VO<sub>2</sub>max post intervención en ciclistas. (Hansen et-al., 2012). En el estudio de (Kristoferssen et-al., 2019) se obtuvo una mejora significativa en el Vo<sub>2</sub>max el para el grupo de HST. Por otro lado, no se vieron cambios en VO<sub>2</sub>max, así como en el consumo de oxígeno a 4mmol de lactato. (Rønnestad et-al., 2015). Por último, sí que se obtuvieron mejoras en el VO<sub>2</sub> a 12kmh para los grupos ESG y SG. Sin embargo, no hubo cambios para VO<sub>2</sub>max y HRmax. (Sedano et-al., 2013)

En cuanto a la masa corporal de los sujetos tras el entrenamiento tenemos los siguientes resultados: No se observan cambios en la masa corporal entre grupos (Sedano et-al., 2013), (Naczk et-al., 2016), (Kristoferssen et-al., 2019), (Hansen et-al., 2012), excepto (Gil-Cabrera et-al., 2021), que tampoco vieron diferencias significativas en ninguna medida de composición corporal, aunque sí que ambos redujeron masa grasa y aumentaron masa muscular. Sin embargo, (Rønnestad et-al., 2015) observó un incremento en la masa corporal en ambos grupos, pero la masa magra incrementa solo en el ES.

Por último, cabe destacar que tras analizar dos tipos de entrenamiento de fuerza en ciclistas se observó que no hubo diferencias significativas entre grupos (Entrenamiento tradicional vs entrenamiento con cargas optimas) en el número de repeticiones desarrolladas para ninguno de los ejercicios, sin embargo, sí que hubo una mayor media de intensidad para el grupo TRT (entrenamiento de fuerza tradicional) en todos los ejercicios, así como una mayor media de peso levantado. (Gil-Cabrera et-al., 2021).

- *Variables mecánicas:*

Por último, en este apartado pondremos en contraste los resultados obtenidos por los distintos estudios sobre variables mecánicas como el stiffnes, economía de carrera o pedalada, velocidad del ciclo estiramiento acortamiento...

En cuanto a la economía o eficiencia de realización del propio gesto encontramos los siguientes resultados: Se observaron cambios significativos en la eficiencia de carrera con respecto a la semana 0, en las primeras 20. (Beattie et-al 2016). También se vio una mejora de la eficiencia de carrera en corredores (Beattie et-al 2016), si como mejora de la misma al 75% del VT1 en el grupo de FST. Sin mejoras significativas en los otros dos. (Festa et-al., 2019). Los estudios de (Li et-al., 2020), (Sedano et-al., 2013) y (Piacentini et-al., 2013) también mostraron mejoras en la eficiencia de carrera (RE) a diferentes velocidades en función del propio entrenamiento o ritmo de competición.

Por otro lado, en ciclismo, en el artículo de (Beattie et-al 2016) no se encontraron diferencias significativas en la mejora de la economía de pedaleo. Sin embargo, Hansen tras la intervención se observó una mejora en el torque producido durante los 5 minutos de test en el grupo de entrenamiento de fuerza, así como en la calidad del pedaleo. (aumento del torque producido para avanzar y disminución del torque de frenado o negativo). (Hansen et-al., 2012). Por último, en el estudio de (Ronnestad et-al., 2015) tras la intervención de fuerza, observó que los ciclistas del grupo de entrenamiento de fuerza (ES) generaban el pico de torque antes en cada pedalada, sin cambios en el grupo de resistencia (E). No se observaron cambios en la eficiencia bruta.

Otras variables mecánicas analizadas que se obtuvieron resultados contrastables fueron las siguientes: la velocidad del ciclo estiramiento acortamiento, que mejoró tras la intervención, así como, la fuerza reactiva entre grupo intervención y control (empeora en grupo control), sobre todo en las primeras semanas. (Beattie et-al 2016). Además, también se vieron mejoras significativas en las variables de stiffness del arco plantar para el grupo que realizó calentamiento con saltos (García-Pinillos et-al., 2020)

En cuanto a variables mecánicas en natación tenemos que: se muestra un aumento de la frecuencia de brazada y del batido de mariposa con el entrenamiento de fuerza en nadadores. (Born et-al., 2020). Y, por último, no hubo diferencia significativa en el inicio de inmersión en salida de natación con respecto al calentamiento convencional de natación. Sin embargo, sí que se produjo una mejora significativa en los picos de fuerza, tanto vertical como horizontal después del PAP. (Kilduff et-al., 2011).

Como la mayoría de las revisiones, existen unas limitaciones, pero para poder interpretar los resultados de manera correcta se ha de ser consciente de todas ellas. En este trabajo encontramos principalmente limitaciones en la poca cantidad de muestra que encontramos la mayoría de los estudios, ya que al ser un grupo tan concreto es difícil encontrar un número alto de la misma. Otra de las limitaciones a destacar sería la gran variedad de variables y resultados obtenidos, debido a la disparidad de cada modalidad deportiva; al querer abarcar un espectro tan grande de deportes, observamos una gran cantidad de variables y datos que nos aporta cada una de las modalidades. Por otro lado, la gran cantidad de métodos utilizados hace que sea difícil comparar entre intervenciones, ya que las cargas y descansos varían mucho entre publicaciones. Por último, la medida de las variables a analizar no siempre se realiza de igual manera, lo que puede provocar un sesgo a la hora de analizar los datos obtenidos por cada uno de los artículos.

## **CONCLUSIONES**

Como se indica en la introducción, el objetivo de este trabajo era realizar una revisión sistemática actualizada del efecto del entrenamiento de fuerza en deportistas de competición (tanto alto nivel, como distintas categorías) en deportes cíclicos de resistencia y como afecta a variables de condición física que determinan el rendimiento en estas disciplinas, tanto aeróbicas (Allen, H., Coggan, A. (2014)): VO<sub>2</sub>máx, TTE (tiempo hasta extenuación), Umbrales (velocidad a la que se producen), etc. y en la mejora de variables musculares (Gómez-Molina J, 2017.): Stiffnes muscular o rigidez muscular, eficiencia de pedaleo, potencia Máxima, frecuencia de zancada, tiempo de contacto y vuelo, etc.

Tras la lectura y el análisis de los artículos incluidos en esta revisión podemos sacar varias conclusiones respecto al entrenamiento de fuerza en deportistas de resistencia:

En variables fisiológicas existe muy poca evidencia acerca de la mejora de las mismas, como por ejemplo el Vo2max o los umbrales de lactato. Sin embargo, debido a la mejora de la calidad muscular y eficiencia del gesto sí que se mejoran las velocidades a dichas intensidades.

Donde más evidencia encontramos es en variables de rendimiento, destacando como es lógico que el 1RM y porcentajes de RM mejoran tras dichas intervenciones. También es destacable que en muchos estudios mejoran los test de salto (CMJ, SJ...) tras estas intervenciones. Además, cabe destacar que según varios estudios la potencia generada en esfuerzos máximos tras fatiga aumenta tanto en esfuerzos aeróbicos como más neuromusculares. Por último, la potencia máxima generada también muestra mejoras tras estas intervenciones.

En cuanto a las variables mecánicas, la mejora de la eficiencia de carrera en corredores es una de las mejoras más destacables. También hay varios artículos que indican que el torque producido, así como su calidad mejoran post intervención (Rønnestad et-al., 2015).

## **PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

Por último, para clarificar un poco lo visto en esta revisión, hemos comprobado que entrenar la fuerza en deportes de resistencia tiene numerosos beneficios para el deportista. Por ello, no ha de verse como un complemento más al entrenamiento de resistencia, si no como parte de este; es decir, implementarlo en las planificaciones para así obtener los beneficios que nos ofrece en el rendimiento.

A continuación, propondré una intervención para un triatleta añadiendo entrenamiento con cargas a su entrenamiento convencional.

Realizaremos un total de 8 semanas donde el objetivo principal sea la mejora de la fuerza máxima, con 2 sesiones a la semana. Constará de los siguientes ejercicios:

- Dominadas y press de pecho, para la mejora de la fuerza en la musculatura implicada para la natación. (Morouco et-al., 2011)
- Sentadilla y peso muerto, para la mejora de la musculatura de los MMII participe en carrera y ciclismo. (Gil-Cabrera et-al., 2021)
- Ejercicios de pliometría para MMII, con objetivo de mejorar la eficiencia y el CEA. (Sedano et-al., 2013)

Los sets serán 3x (Repeticiones máximas a >90% de la carga optima) (Gil-Cabrera et-al., 2021) con 3 minutos de recuperación entre bloques.

Tras la realización de estas 8 semanas se realizarán otras 8 de mantenimiento de las adaptaciones, con solo 1 sesión a la semana, pero con la misma distribución. (Sedano et-al., 2013)

Realizaremos 3 evaluaciones: una al inicio del programa, otra tras las 8 semanas de entrenamiento y una última tras las 8 semanas de mantenimiento, con objetivo de evaluar el rendimiento y la evolución de este tras la intervención. Los test que se realizarán serán los siguientes: prueba incremental en bici en cicloergómetro con análisis de gases, prueba incremental en carrera con análisis de gases y test de CSS (MacLaren, D. et-al; 1999), así como una medición de RM y curva fuerza tiempo mediante un encoder lineal.

Por último, en cuanto a los resultados que espero obtener tras la intervención, se producirán mejoras significativas en el RM, así como en la curva F-V para cargas submáximas, también se producirá un incremento en las cargas máximas. En cuanto a variables de rendimiento propias del deporte, mejorará la eficiencia en las tres disciplinas, además,



también se producirá una mejora en las potencias máximas y potencias aeróbicas en las tres disciplinas.

## BIBLIOGRAFÍA

Asadi, A., Ramírez-Campillo, R., Arazi, H. y Sáez de Villarreal, E. (2018). The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 36, 2405-2411.

Urrutia, G. y Bonfill, X. (2010). PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *MedicinaClínica*, 135, 507-511.

Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Relationships between Sprint, Jumping and Strength Abilities, and 800 M Performance in Male Athletes of National and International Levels. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 187–195. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0076>

Beattie, K., Carson, B. P. B. P. B. P., Lyons, M., & Kenny, I. C. I. C. (2017). The Effect of Maximal- and Explosive-Strength Training on Performance Indicators in Cyclists. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 470–480. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0015>

Beattie, K., Carson, B. P., Lyons, M., Rossiter, A., & Kenny, I. C. (2017). The Effect of Strength Training on Performance Indicators in Distance Runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 9–23. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001464>

Born, D.-P., Stöggl, T., Petrov, A., Burkhardt, D., Lüthy, F., & Romann, M. (2020). Analysis of Freestyle Swimming Sprint Start Performance After Maximal Strength or Vertical Jump Training in Competitive Female and Male Junior Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 323–331. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003390>

Cesanelli, L., Vici, G., Camilletti, D., Ceci, R., Belli, L., & Polzonetti, V. (2019). Impact of 24 weeks of strength training coupled to endurance training on endurance performance (hero dolomites 2019). *Journal of Human Sport and Exercise*, 14(Proc5), S2410–S2418. <https://doi.org/10.14198/jhse.2019.14.Proc5.56>

Festa, L., Tarperi, C., Skroce, K., Boccia, G., Lippi, G., Torre, A. L. A., & Schena, F. (2019). Effects of flywheel strength training on the running economy of recreational endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(3), 684–690. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002973>

García-Pinillos, F., Lago-Fuentes, C., Latorre-Román, P. A., Pantoja-Vallejo, A., & Ramirez-Campillo, R. (2020). Jump-Rope Training: Improved 3-km Time-Trial Performance in Endurance Runners via Enhanced Lower-Limb Reactivity and Foot-Arch Stiffness. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–7. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0529>

Gil-Cabrera, J., Valenzuela, P. L., Alejo, L. B., Talavera, E., Montalvo-Pérez, A., Lucia, A., & Barranco-Gil, D. (2021). Traditional Versus Optimum Power Load Training in Professional Cyclists: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0130>

- Hansen, E. A., Rønnestad, B. R., Vegge, G., & Raastad, T. (2012). Cyclists' improvement of pedaling efficacy and performance after heavy strength training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 313–321. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.313>
- Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Owen, N. J., West, D. J., Bracken, R. M., & Cook, C. J. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2418–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318201bf7a>
- Kristoffersen, M., Sandbakk, Ø., Rønnestad, B. R., & Gundersen, H. (2019). Comparison of Short-Sprint and Heavy Strength Training on Cycling Performance. *Frontiers in Physiology*, 10, 1132. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01132>
- Li, F., Nassis, G. P., Shi, Y., Han, G., Zhang, X., Gao, B., & Ding, H. (2020). Concurrent complex and endurance training for recreational marathon runners: Effects on neuromuscular and running performance. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1829080>
- Morouço, P., Neiva, H., González-Badillo, J. J., Garrido, N., Marinho, D. A., & Marques, M. C. (2011). Associations between dry land strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: a pilot study. *Journal of Human Kinetics*, 29A, 105–112. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0065-2>
- Nacz, M., Lopacinski, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Nacz, A., & Adach, Z. (2017). Influence of short-term inertial training on swimming performance in young swimmers. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 369–377. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1241304>
- Pérez-Olea, J. I., Valenzuela, P. L., Aponte, C., & Izquierdo, M. (2018). Relationship between dryland strength and swimming performance: Pull-up mechanics as a predictor of swimming speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1637–1642. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002037>
- Piacentini, M. F., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., & La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2295–2303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182794485>
- Ravé, J. M. G., Lega-Rrese, A., González-Mohino, F., Yustres, I., Barragán, R., De Asís Fernández, F., Juárez, D., & Arroyo-Toledo, J. J. (2018). The Effects of Two Different Resisted Swim Training Load Protocols on Swimming Strength and Performance. *Journal of Human Kinetics*, 64(1), 195–204. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0194>
- Rønnestad, B. R., Hansen, J., Hollan, I., & Ellefsen, S. (2015). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), e89-98. <https://doi.org/10.1111/sms.12257>
- Sedano, S., Marín, P. J. P. J., Cuadrado, G., & Redondo, J. C. J. C. (2013). Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2433–2443. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318280cc26>

Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (Vol. 308). Inde.

Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(4), 603-612.

Paavolainen, L., Häkkinen, K., & Rusko, H. (1991). Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross-country skiers. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 62(4), 251-255.

Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement. *Journal of applied sport science research*, 1(1), 1-10.

Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B. K., & Logan, P. A. (1999). Concurrent strength and endurance training. *Sports medicine*, 28(6), 413-427.

Allen, H., & Coggan, A. R. (2010). Chapter 3: Power-based training. *Training and Racing With a Power Meter*. Boulder, CO: Velopress, 39-52.

Gómez-Molina, J., Ogueta-Alday, A., Camara, J., Stickley, C., Rodríguez-Marroyo, J. A., & García-López, J. (2017). Predictive variables of half-marathon performance for male runners. *Journal of sports science & medicine*, 16(2), 187.



