



TRABAJO FINAL DE GRADO



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## **Beneficios del entrenamiento de fuerza en ciclismo**

Alumno: Marcos Oriente Pinar

Tutor académico: Alejandro Javaloyes

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Curso académico: 2021 -2022

# Contenido

Contextualización.....	2
Procedimiento de revisión (Metodología) .....	3
Resultados.....	5
Discusión .....	9
Referencias.....	11
Anexos:.....	12





## Contextualización

Hoy en día el ciclismo es uno de los deportes más practicados en el mundo, teniendo un gran crecimiento durante los últimos años. El último registro de 2020 muestra la cantidad de 75.638 licencias en España, siendo Cataluña la comunidad autónoma con mayor número por delante de Andalucía y Comunidad Valenciana según el Consejo Superior de Deportes (CSD). Abarca un amplio espectro de modalidades y niveles de práctica dentro de ellos hace que esté abierto a un gran público con diferentes características. Las modalidades más conocidas son Ciclismo en ruta, Cross Country, Descenso, Ciclocross y Pista.

Los investigadores han tratado de analizar y determinar los aspectos físicos que marcan el nivel de desempeño de los deportistas. Es una modalidad principalmente aeróbica donde los diferentes cambios de desnivel del terreno sumado a otros aspectos físicos hacen que la velocidad y la intensidad no sean constantes (Atkinson, Davison, Jeukendrup y Passfield, 2003). El rendimiento en la mayoría de las disciplinas/modalidades está determinado por la capacidad de producir la máxima potencia sostenida en el tiempo para una distancia de competición dada y el gasto de energía para mantener una velocidad de carrera determinada. También, en carreras de menor duración, para formar escapadas y en sprints, la velocidad máxima y la capacidad anaeróbica pueden contribuir directamente con el rendimiento en la competición (Mujika, Rønnestad y Martin, 2016).

Existe gran controversia, sobretodo en el ciclismo en ruta sobre el entrenamiento de fuerza y sus efectos sobre el rendimiento, así como en relación con la ganancia de masa corporal (Mujika et. al, 2016). Sin embargo, se ha observado que este tipo de trabajo combinado con alto niveles de trabajo de resistencia (>sesiones de resistencia/semana) no genera ganancias de masa corporal, aunque si un aumento del 2-4% en la hipertrofia muscular de los muslos (Mujika et. al, 2016). Se ha podido ver como el trabajo intenso de fuerza movilizandoo altos niveles de resistencia aumentó la producción de fuerza en una repetición máxima en prensa de piernas con una sola pierna, la sección transversal del cuádriceps, se produjo una mayor producción de potencia en una prueba máxima de 40min, mejor economía y la producción de fibras tipo IIA aumentaron (Vikmoen et. al, 2016). Además, el aumento del rendimiento en una prueba máxima de 40 minutos de duración se ha correlacionado con el aumento del cuádriceps y la producción de fibras IIX. (Vikmoen et. al, 2016). Por otro lado, se muestra una mejora en la producción de potencia para una determinada concentración de lactato [La-], lo que se traduce en una mayor eficiencia del deportista. (Mujika et. al, 2016).

Algunos de los primeros estudios que investigaron el efecto del entrenamiento concurrente, aquel en el que se incluyen el entrenamiento de fuerza y aeróbico en un mismo programa de entrenamientos (Wilson, Marin, Rhea, Wilson, Loenneke Anderson, 2012), mostraron resultados no adicionales en el rendimiento en deportistas de resistencia bien entrenados. Sin embargo, estudios recientes (Beattie, Carson, Lyons y Kenny, 2017), (Baldwin et. al, 2020) contradicen lo anterior y la atención prestada a esta metodología de entrenamiento ha aumentado notablemente en los últimos años. A pesar de ello, existe una limitación en la literatura actual sobre los beneficios que obtenemos de este trabajo de fuerza y como realizarlo. Por ello es interesante estudiarlo.

Por lo tanto, el siguiente trabajo tiene como objetivo mostrar como de beneficioso o no es el entrenamiento de fuerza para el rendimiento en ciclismo, así como los procesos que han obtenido mejores resultados en este ámbito. En la presente revisión bibliográfica trataremos las diferentes metodologías con diferentes cargas y repeticiones, destacando aquellas en las que se han mostrado mayores beneficios para el ciclismo. Los beneficios que se obtienen del trabajo bien realizado, así como los resultados adversos obtenidos.

## **Procedimiento de revisión (Metodología)**

### **2.1 Fecha de inclusión y fuentes de búsqueda.**

La selección de artículos se realizó utilizando el modelo PRISMA, incluida la lista de verificación PRISMA 2009.

Para la realización de la revisión de literatura científica que crea la base del fundamento del presente trabajo, se han analizado artículos comprendidos entre los años 2015 y enero de 2022 pertenecientes a las siguientes fuentes de información científica: PubMed y Scopus. Además, se han utilizado palabras clave específicas de la temática como: Strength, Training, Cyclist y Performance. Unidas mediante conectores como AND e IN.

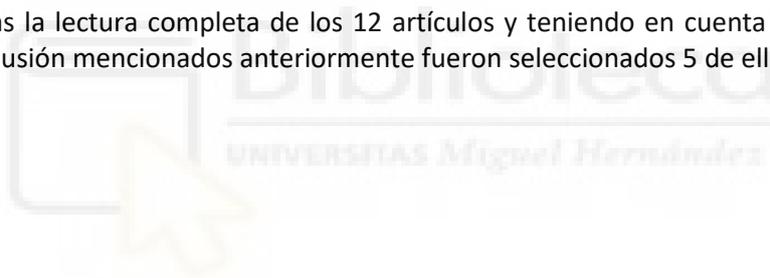
## 2.2 Selección de los estudios

En cuanto a la búsqueda y selección de artículos, se ha tratado de que fuese muy relacionado con la temática específica, filtrando en varias ocasiones los artículos para evitar el posible sesgo del trabajo. Para ser incluidos tuvieron que cumplir los siguientes criterios de elegibilidad: los participantes debían ser sujetos sanos con una edad comprendida entre 16-70 años, entrenados en ciclismo de resistencia independientemente del estado de forma o sexo; ensayos controlados por revistas académicas que mostraron resultados en variables relacionadas con el rendimiento en ciclismo; escritos en inglés o castellano.

Por otro lado, fueron excluidos aquellos que contenían personas con patologías, sujetos en edad pediátrica o ancianos y personas sedentarias.

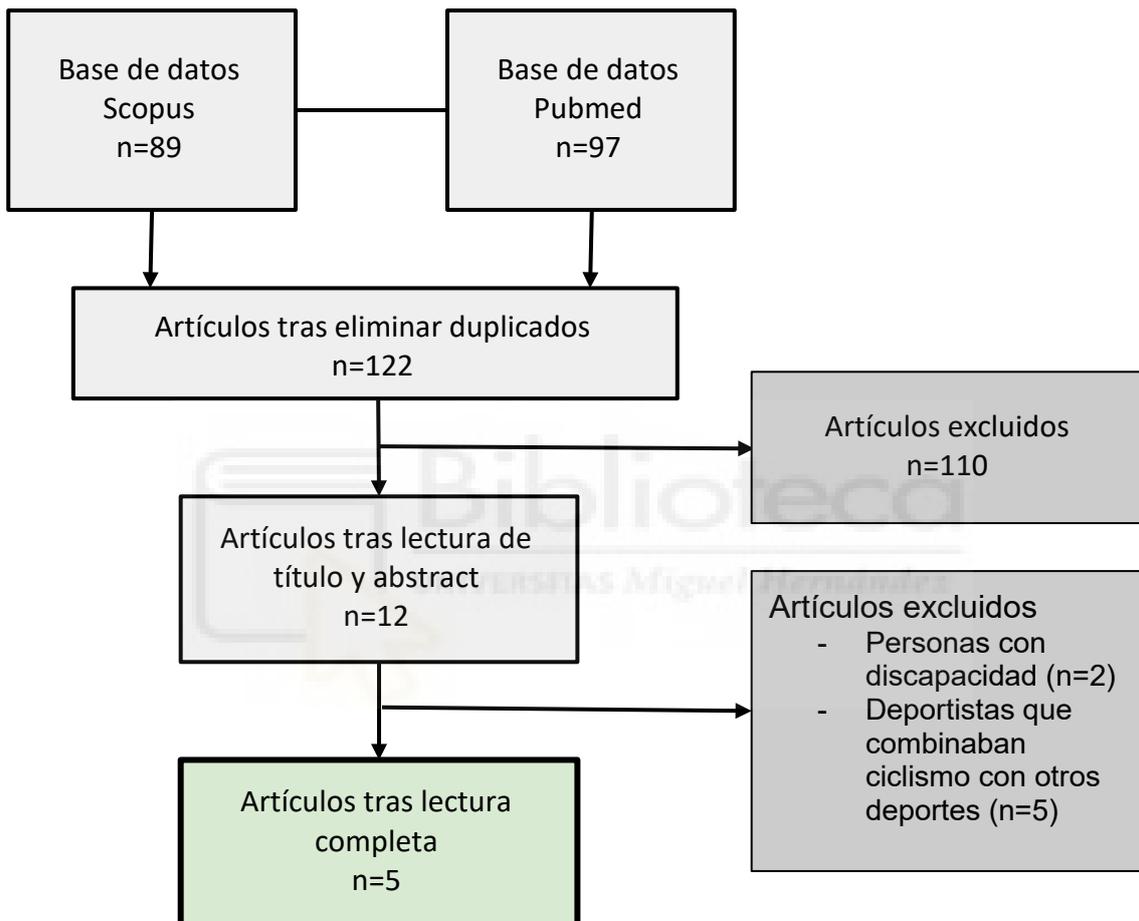
Una vez realizada la primera búsqueda fueron seleccionados 186 artículos, de los cuales quedaban filtrados a 12. Este proceso de criba se eliminaron los artículos duplicados y se leyó el abstract.

Finalmente, tras la lectura completa de los 12 artículos y teniendo en cuenta los criterios de selección y exclusión mencionados anteriormente fueron seleccionados 5 de ellos.



## Resultados

Tras la aplicación de los criterios PRISMA obtenemos el siguiente diagrama:



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de revisión sistemática.

Autor y año	Muestra	Duración	Método	Instrumentos evaluación	Resultados
<b>Rønnestad et al. 2016</b>	<p>20 ciclistas de élite divididos en 2 grupos.</p> <p>E + S: N = 12 ciclistas ( 10 hombres y 2 mujeres) Edad: 17-21 años Masa 59-75kg VO2máx: 70-84 ml x kg-1 x min-1</p> <p>S: 8 ciclistas (6 hombres y 2 mujeres) Edad: 18-22 años Masa: 63-81kg VO2máx: 66-78 ml x kg-1 x min-1</p>	<p>10 semanas</p> <p>E+S: Total: 12.3h/semana 1.2h/semana entrenamiento de fuerza y 11.1h resistencia</p> <p>S: 12.3h/semana resistencia</p>	<p>Comprobar los efectos del entrenamiento de fuerza con cargas altas en varios aspectos del rendimiento en ciclismo</p> <p>E + S: 3 semanas : 10RM primera sesión y 6RM segunda 3 semanas: 8RM primera sesión y 5RM segunda 4 semanas : 6RM primera sesión y 4RM segunda</p>	<p>Masa magra muslo (DEXA). SJ Test Wingate. Test incremental de lactato. VO2máx test 40' all out test.</p>	<p>E+S: ↑ SJ ↑ Potencia meda en el test de Wingate. ↑ tendencia potencia a [La] 4mmol.</p>
<b>Rønnestad et al., 2015</b>	<p>14 ciclistas de élite</p> <p>EXP: N = 7 Edad: 19 +/- 0,6años Masa: 67,8 +/- 7,8kg VO2máx: ml x kg-1 x min-1 Altura: 179 +/- 8cm</p> <p>CON: N = 7 Edad: 20 +/- 1,6 años Masa: 74,3 +/- 7,5kg VO2máx: 73 +/- 5 ml x kg-1 x min-1. Altura: 183 +/- 9cm</p>	<p>33 semanas</p> <p>EXP: 25 semanas de entrenamiento -10 semanas: 2 sesiones/semana</p> <p>-15 semanas: 1 sesión/semana 8 semanas cese</p>	<p>Comprobar el efecto del cese del entrenamiento de fuerza 8 semanas habiendo entrenado las 25 semanas previas.</p> <p>EXP: 10 semanas: 4-10RM</p> <p>15 semanas: (80-85%RM)</p>	<p>Masa magra inferior (DEXA). Test Fuerza Máxima. SJ. Test Wingate. Test Incremental de Lactato. Prueba de esfuerzo con análisis de gases (VO2máx)</p>	<p>25 semanas previas: ↑ SJ y Fmáx. ↑ W[La] 4mmol, Wmáx y W media Test Wingate.</p> <p>8 semanas cese: ↓ SJ, Fmáx. ↓ Wmáx, W media Test Wingate.</p>

<p><b>Kristoffersen et al., 2019</b></p>	<p>28 ciclistas entrenados (26 hombres y 2 mujeres)</p> <p>HST: N = 16.</p> <p>SST: N = 16.</p>	<p>6 semanas</p> <p>HST: 6 semanas: 2 veces/semana</p>	<p>Comprobar efecto del entrenamiento de fuerza y el entrenamiento de sprint durante 6 semanas en la capacidad de sprint y resistencia tras haber entrenado previamente 4 semanas de fuerza.</p> <p>4 semanas: 3 sesiones/semana 1ª sesión 3 x 10 RM 2ª sesión 3 x 8 RM 3ª sesión 3 x 5 RM</p> <p>6 semanas: 2 sesiones/semana</p> <p>2 semanas: 1ª sesión 3 x 8 RM 2ª sesión 3 x 5 RM</p> <p>4 semanas: 1ª sesión: 3 x 6 RM 2ª sesión: 3 x 4 RM</p>	<p>Sprint 6" y 30" RM Prueba de esfuerzo con Análisis de gases (VO2máx) Velocidad 55m.</p>	<p><u>HST:</u></p> <p>↑ RM squat.</p> <p>↑ 6" APO, 6" PPO y PPO descansados, 5' APO y W [La] 4mmol.</p> <p>↑ VO2máx.</p> <p><u>SST:</u></p> <p>↑ 6" APO Y PPO descansados, 6" APO y PPO, 30" APO y PPO, 55m sentado APO y PPO y Wmáx.</p> <p>↑ RM squat.</p>
<p><b>Vikmoen et al., 2015</b></p>	<p>19 ciclistas féminas</p> <p>E + S: N = 11</p> <p>S: N = 8</p>	<p>11 semanas 2 sesiones/semana</p>	<p>Observar el efecto de 11 semanas de entrenamiento de fuerza intensa en rendimiento máximo de 40' en féminas. Además, investigar el efecto sobre determinantes importantes del rendimiento en ciclismo.</p> <p>3 semanas: 1ª sesión: 10RM 2ª sesión: 6RM</p>	<p>Biopsia Vasto Externo del cuádriceps. Resonancia magnética. Test incremental lactato. Testa análisis de gases (VO2máx) Test 40' (all out) Test Wingate 30". RM</p>	<p>↑ RM (press con 1 pierna)</p> <p>↑ Fibras IIA cuádriceps.</p> <p>↑ Wmáx Wingate test, W media Wingate test, W [La] 3,5mmol.</p> <p>↑ VO2máx a 150w.</p>

			<p>3 semanas: 1ª sesión: 8RM 2ª sesión: 5RM</p> <p>5 semanas: 1ª sesión: 6RM 2ª sesión: 4RM</p>		
<b>Del Vecchio et al., 2019</b>	<p>25 ciclistas máster masculinos.</p> <p>CT: N = 9 Edad: 53,5 +/- 9,3 años. Altura: 1,80 +/- 0,08m. Masa: 81,9 +/- 6,1 Kg</p> <p>ST: N = 7 Edad: 49,4 +/- 4,8 años. Altura: 1,80 +/- 0,10m. Masa: 78,5 +/- 6,1Kg</p> <p>CG: N = 9 Edad: 56,9 +/- 8,6 años. Altura: 1,75 +/- 0,10m. Masa: 83,5 +/- 10Kg</p>	<p>12 semanas</p> <p>CT: 4 sesiones/semana: 2 sesiones de fuerza y 2 sprint.</p> <p>ST: 2 sesiones semana (60-90') sprint.</p>	<p>Examinar el efecto del entrenamiento simultáneo de fuerza y sprint sobre características musculares y de rendimiento en ciclismo en ruta máster masculino.</p> <p>CT: 12 semanas: Hipertrofia (40-60% RM)</p> <p>8 semanas: Fuerza Explosiva (30-40%).</p> <p>12 semanas: Pliometría (8-12 saltos)</p> <p>12 semanas: Entrenamiento de fuerza (50-80%RM)</p>	<p>Masa grasa (DEXA) y antropometría. CMJ. Pico de torque isométrico. Sprint test 10-30". 200m lanzados Test análisis de gases.</p>	<p><u>CT</u>:</p> <p>↑ LLLM.</p> <p>↑ QPT Y HPT.</p> <p>↑ TW Y TT.</p> <p><u>ST</u>:</p> <p>↑ LLLM</p> <p>↑ HPT, PPO Y PP10.</p> <p>↓ QPT.</p> <p>↑ TW y TT.</p> <p><u>CG</u>:</p> <p>↓ QPT y PP10</p> <p>↓ TW y TT.</p>
<p>E+S= Endurance + sprint group; S= Sprint group; EXP= Strength training group; CON= Control group; HST= Heavy strength training group; SST=Short sprint training group; CT= Combined strength and sprint training group; ST= Sprint training group; CG = Grupo control; SJ = Squat jump; CMJ = Counter Movement Jump; DJ = Drop jump; W= Potencia; Wmáx= Potencia máxima; RM= Repetición máxima; Fmáx= Fuerza máxima; APO= Average power output; PPO= Peak power output; PP10= 10 seconds sprint cycling peak power; QPT= Peak isometric torque of cuadriceps; HPT= Peak isometric torque of hamstring; TW= 30 second total work; TT= Time trial performance; La= Lactato; VO2máx= Volumen máximo de oxígeno.</p>					

## Discusión:

La presente revisión bibliográfica observó los beneficios del entrenamiento de fuerza en el rendimiento en ciclismo, así como las metodologías de entrenamiento de esta disciplina que resultaban ser más beneficiosas.

Los resultados de las investigaciones científicas mostraron diferentes beneficios en cuanto al número de determinantes del rendimiento en ciclismo se refiere.

La principal conclusión que podemos extraer de esta revisión es que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es una herramienta eficaz. Independientemente de la magnitud de los beneficios que se muestren en los artículos no muestra resultados adversos para el rendimiento.

Debemos destacar que diversas metodologías de entrenamiento han resultado ser beneficiosas para el rendimiento. Han mejorado aspectos como el porcentaje de fibras IIA, potencia con 4mmol de lactato lo que muestra que se mejora la eficiencia de los ciclistas. Además, se han observado mejoras en los picos de potencia y en esfuerzo máximos de corta duración como la potencia máxima y la potencia media en el Test de Wingate. Esto nos muestra que también es una herramienta útil para mejorar sprints o ataques durante las competiciones.

La duración necesaria para obtener mejoras significativas parece ser en torno a 10 semanas de entrenamiento realizando 2 sesiones semanales mínimo. La intensidad del trabajo de fuerza debe ser de alta intensidad para obtener mayores mejoras con cargas iguales o superiores a 10RM. Además, el proceso de entrenamiento de todas las investigaciones científicas de la presente revisión ha aumentado la carga y disminuido el número de repeticiones a medida que pasaban las semanas. Esta parece ser la metodología a seguir para obtener mayor rendimiento. Sin embargo, alentamos a futuras investigaciones a comparar este tipo de metodologías con otras que vayan de una mayor carga y menor número de repeticiones a una menor carga con mayor número de repeticiones.

En cuanto al mantenimiento de la fuerza, 2 sesiones de fuerza a la semana inducen a mejoras en determinantes del rendimiento dependientes del entrenamiento de fuerza. No obstante, durante la temporada de competiciones, los ciclistas de alto nivel disponen de un tiempo muy limitado para poder realizar otras actividades que no sean encima de la bicicleta. Por ello, durante la pretemporada sería recomendable realizar un mayor volumen de entrenamiento de fuerza y durante el periodo competitivo llevar a cabo 1 sesión por semana de mantenimiento. Como hemos visto en el artículo de (Rønnestad et al., 2016).

Hemos podido comparar el entrenamiento de fuerza de alta intensidad con el trabajo de sprint encima de la bicicleta (Kristoffersen et al., 2019) y también hemos podido ver el resultado de combinar los dos dentro del mismo programa de entrenamientos (Del Vecchio et al., 2019).

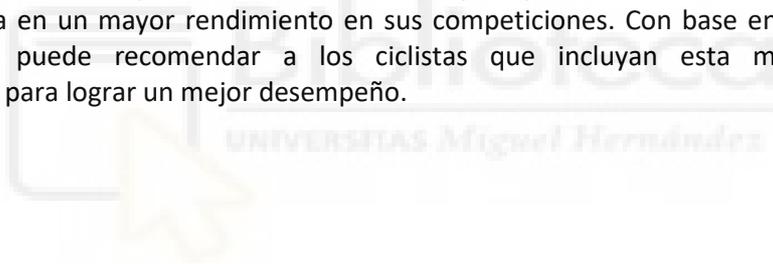
Comparando ambas metodologías hemos podido observar como la especificidad del entrenamiento de sprint encima de la propia bici hace que las mejoras en los determinantes de la capacidad de sprint sean mayores que con el entrenamiento de fuerza. Sin embargo, el entrenamiento de fuerza muestra mayores mejorías en la fuerza máxima de los ciclistas. Por

último, no se encontraron diferencias significativas en la eficiencia de los ciclistas ya que determinantes como la potencia a 4mmol de lactato se vio mejorada en igual medida.

Con la unión de ambas metodologías se puede comprobar que como era de esperar, el estudio actual (De Vecchio et al., 2019) no observó cambios en PPO después del período de entrenamiento de 12 semanas. Estos resultados sugieren que el volumen de entrenamiento de resistencia debía ser demasiado alto. Si hubo una mejora significativa en un marcador principal del rendimiento de resistencia en ciclistas de ruta como es el TT. Esto demuestra que con el trabajo combinado de sprint y fuerza el ciclista es capaz de mantener una mayor potencia durante un tiempo prolongado.

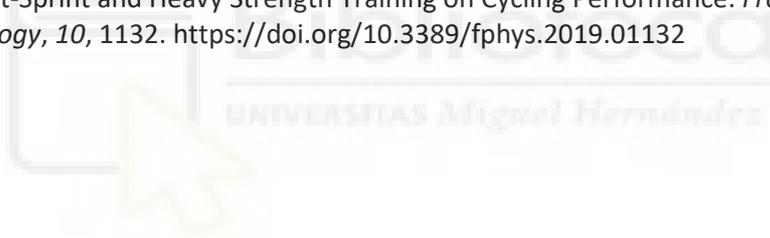
Por otro lado, también hemos visto el efecto del cese del entrenamiento de fuerza por el inicio de las competiciones durante 8 semanas tras haber realizado 25 semanas de entrenamiento de fuerza (De Vecchio et al., 2019). El efecto es totalmente desfavorable, volviendo el rendimiento en pruebas que marcan la fuerza explosiva como el SJ o potencia media en el Test de Wingate a valores previos al ciclo de entrenamiento de fuerza. Además, también se redujo hasta valores previos al entrenamiento de fuerza el porcentaje de masa magra. Esto puede explicar la pérdida en el rendimiento de SJ, lo que destacaría la importancia de realizar entrenamiento de mantenimiento de la fuerza durante la temporada.

Para concluir, los resultados de la presente revisión demostraron que agregar entrenamiento de fuerza de alta intensidad al entrenamiento de resistencia habitual en ciclistas bien entrenados provoca mejoras en la eficiencia y explosividad de los mismos. Esto desencadenaría en un mayor rendimiento en sus competiciones. Con base en los resultados obtenidos, se puede recomendar a los ciclistas que incluyan esta metodología de entrenamiento para lograr un mejor desempeño.



## Referencias:

- 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. <https://doi.org/10.1111/sms.12104>
- Ozaki, H., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2015). Cycle training induces muscle hypertrophy and strength gain: strategies and mechanisms. *Acta physiologica Hungarica*, 102(1), 1–22. <https://doi.org/10.1556/APhysiol.102.2015.1.1>
- Mujika, I., Rønnestad, B. R., & Martin, D. T. (2016). Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *International journal of sports physiology and performance*, 11(3), 283–289. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2015-0405>
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., & Rønnestad, B. R. (2016). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO<sub>2</sub>max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(4), 384–396. <https://doi.org/10.1111/sms.12468>
- Del Vecchio, L., Stanton, R., Reaburn, P., Macgregor, C., Meerkin, J., Villegas, J., & Korhonen, M. T. (2019). Effects of Combined Strength and Sprint Training on Lean Mass, Strength, Power, and Sprint Performance in Masters Road Cyclists. *Journal of strength and conditioning research*, 33(1), 66–79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001960>
- 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>



## Anexos:

### Anexo I:

Tabla Rønnestad et al., 2016

**Table 2.** Body mass, lean lower-body mass, data from the maximal oxygen uptake test and Wingate test before (pre) and after the intervention period (post) in the cyclists that performed both endurance and heavy strength training (E&S) and the cyclists that performed endurance training only (E).

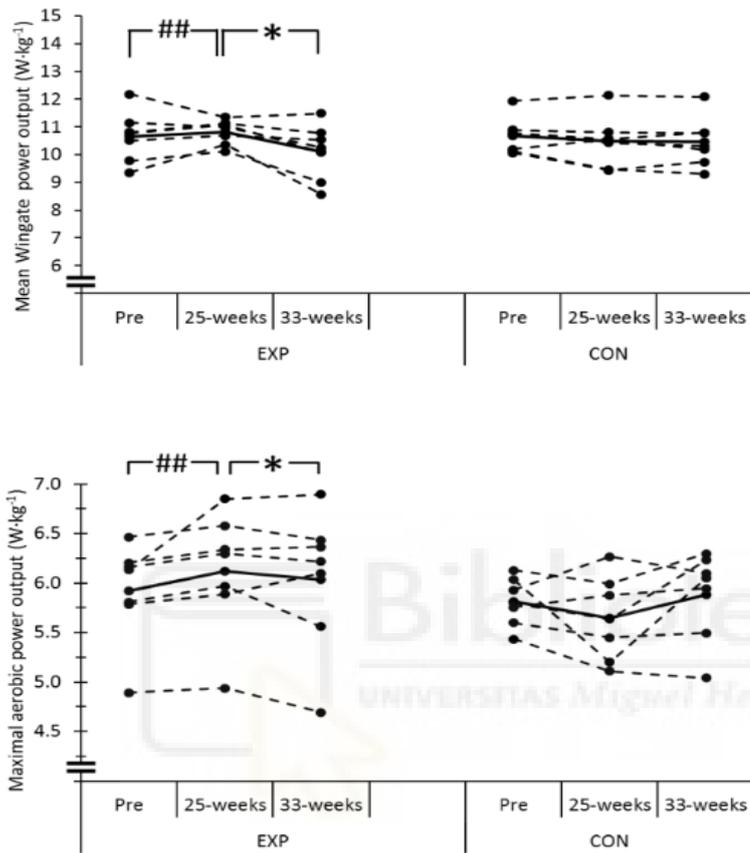
	E&S (n = 12)		E (n = 8)	
	Pre	Post	Pre	Post
Body mass (kg)	66.5 ± 8.3	67.1 ± 7.8	72.1 ± 9.4	72.3 ± 9.2
Lean lower-body mass (kg)	19.78 ± 3.06	20.15 ± 3.22	20.39 ± 3.01	20.58 ± 4.17
VO <sub>2max</sub> (ml · kg <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )	77 ± 6	75 ± 8	72 ± 7	70 ± 7
W <sub>max</sub> (W · kg <sup>-1</sup> )	6.1 ± 0.5	6.1 ± 0.6	5.8 ± 0.5	5.7 ± 0.6
Mean Wingate power (W · kg <sup>-1</sup> )	10.7 ± 1.0	10.9 ± 0.9 <sup>#</sup>	10.3 ± 1.1	10.1 ± 1.5
Peak Wingate power (W · kg <sup>-1</sup> )	23.2 ± 2.7	24.3 ± 2.8	22.1 ± 3.2	22.4 ± 4.0

VO<sub>2max</sub>: maximal oxygen uptake; W<sub>max</sub>: peak aerobic power output. Values are mean ± SD <sup>#</sup>The relative change from pre is larger than in E (P < 0.05).



Anexo II:

Tabla Rønnestad et al., 2015



### Anexo III:

Tabla 1. Kristoffersen et al., 2019

**Table 1:** An overview of the results obtained in the 6-sec and 30-sec sprints, and the 5-min all-out test, measured pre and post 6-weeks of short-sprint training (SST) or heavy strength training (HST).

	SST group			HST group		
	pre	post	% change	pre	post	% change
<b>6-sec sprint:</b>						
<i>Fresh state</i>						
PPO (W·kg <sup>-1</sup> )	17.8 ± 2.5	18.7 ± 2.5*	5.6 ± 3.5	17.1 ± 2.3	17.3 ± 2.5	1.9 ± 5.8#
APO (W·kg <sup>-1</sup> )	14.9 ± 1.8	15.6 ± 1.8*	4.7 ± 2.6	14.5 ± 1.6	14.7 ± 1.7	1.1 ± 3.5#
<i>After prolonged cycling:</i>						
PPO (W·kg <sup>-1</sup> )	17.0 ± 2.7	18.2 ± 2.8*	7.2 ± 3.6	16.6 ± 2.7	17.0 ± 2.6*	2.3 ± 3.6#
APO (W·kg <sup>-1</sup> )	14.4 ± 1.9	15.3 ± 2.0*	6.1 ± 1.8	14.5 ± 1.6	14.7 ± 1.8	1.8 ± 4.2#
<b>30-sec sprint:</b>						
PPO (W·kg <sup>-1</sup> )	15.8 ± 2.2	17.0 ± 2.30*	8.0 ± 3.8	15.2 ± 2.3	15.6 ± 2.5	2.6 ± 5.9#
APO (W·kg <sup>-1</sup> )	9.6 ± 0.9	9.9 ± 0.9*	3.7 ± 2.8	9.3 ± 0.7	9.4 ± 0.7	1.3 ± 2.5#
<b>5-min all-out</b>						
APO (W·kg <sup>-1</sup> )	4.7 ± 0.5	5.0 ± 0.5*	5.7 ± 5.0	4.6 ± 0.6	4.8 ± 0.5*	3.3 ± 4.4
<b>55-meter sprint</b>						
Seated position (sec)	7.55 ± 0.40	7.21 ± 0.28*	-4.3 ± 2.1	7.47 ± 0.23	7.46 ± 0.28	-0.2 ± 1.8#
Standing position (sec)	7.11 ± 0.33	7.06 ± 0.34	-0.7 ± 2.6	7.12 ± 0.33	7.10 ± 0.33	-0.4 ± 1.5

Values are mean ± SD. \* Differences within groups (p < .05); # Difference between groups (p < .05); PPO, Peak power output; APO, average power output

Tabla 2. Kristoffersen et al., 2019

**Table 2.** Physiological variables measured pre and post 6-weeks of short-sprint training (SST) or heavy strength training (HST).

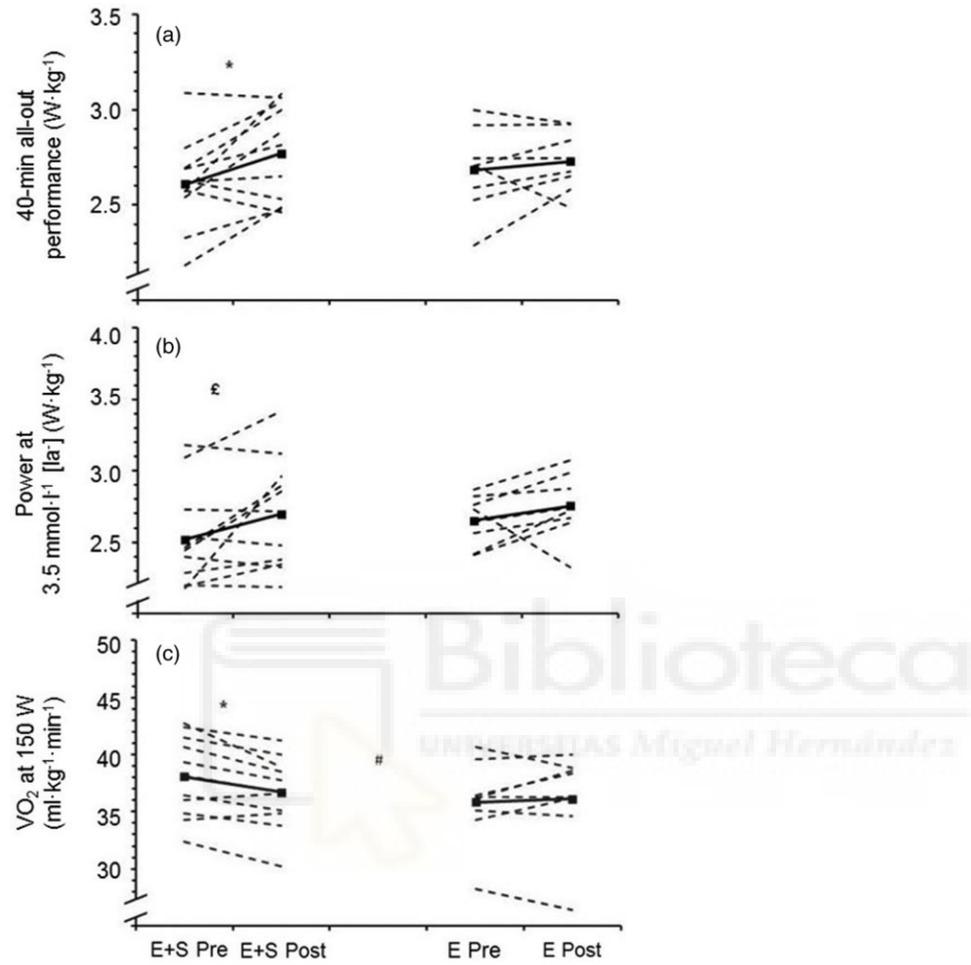
	SST group			HST group		
	pre	post	% change	pre	post	% change
Body mass (kg)	80.1 ± 8.7	79.6 ± 9.1	-0.7 ± 1.4	78.0 ± 9.9	78.6 ± 9.8	-0.3 ± 1.0
Body fat (%)	12.2 ± 4.5	12.1 ± 4.1	-0.1 ± 1.0 p	12.9 ± 5.8	12.4 ± 5.7	0.5 ± 1.6p
SMM (kg)	40.2 ± 5.2	40.0 ± 5.2	-0.6 ± 2.0	39.0 ± 4.8	39.3 ± 5.0	0.7 ± 2.5
<b><math>\dot{V}O_{2max}</math> test:</b>						
$\dot{V}O_{2max}$ (L·min <sup>-1</sup> )	5.03 ± 0.60	5.11 ± 0.65	1.6 ± 4.7	4.80 ± 0.66	4.95 ± 0.59*	3.4 ± 5.2
$\dot{V}O_{2max}$ (mL·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )	63.3 ± 5.9	64.8 ± 6.2	2.5 ± 4.3	61.1 ± 6.0	63.4 ± 6.7*	3.8 ± 5.5
$W_{max}$ (W·kg <sup>-1</sup> )	5.2 ± 0.5	5.4 ± 0.5*	3.2 ± 2.8	5.2 ± 0.6	5.2 ± 0.6	0.6 ± 2.9#
<b>4 mmol·L<sup>-1</sup> [La<sup>-</sup>]</b>						
Power (W·kg <sup>-1</sup> )	3.7 ± 0.5	3.8 ± 0.5	2.3 ± 4.9	3.6 ± 0.5	3.7 ± 0.5*	4.3 ± 5.6
<b>Gross Efficiency (%)</b>						
Fresh state (%)	20.3 ± 1.3	20.0 ± 1.1	-0.3 ± 0.9p	20.5 ± 1.0	20.2 ± 1.1	-0.3 ± 0.5p
Prolonged cycling (%)	19.7 ± 0.6	19.7 ± 0.8	0.1 ± 0.7p	19.5 ± 1.0	19.5 ± 0.7	0.0 ± 0.7p

Values are mean ± SD.

\* Difference within-groups ( $p < .05$ ); # Difference between groups in change ( $p < .05$ ); SMM; sum muscle mass, RER, respiratory exchange ratio; VE, ventilation;  $HR_{max}$ , maximal heart rate;  $W_{max}$ , maximal aerobic power; [La<sup>-</sup>], blood lactate concentration; Gross Efficiency, at 2 mmol·L<sup>-1</sup> [La<sup>-</sup>]; p, percentage point change

## ANEXO IV:

Tabla 1. Vikmoen et al., 2015.



## ANEXO V:

Tabla 1. Del Vecchio et al., 2019

Table 6: Changes in lean mass, laboratory measures and 200m sprint cycle performance following 12 weeks of CT or ST

	CT		Effect Size	ST		Effect Size	CG		Effect Size	P Values	
	Pre	Post		Pre	Post		Pre	Post		Between-Group	Time
WBLM (kg)	61.8 ± 5.2	63.1 ± 5.4	0.26 Small effect	61.4 ± 4.7	61.6 ± 5.1	0.16 No effect	61.5 ± 5.5	60.6 ± 6.2	-0.15 No effect	0.113	0.441
LLLM (kg)	17.6 ± 1.9	18.4 ± 2.3†	0.35 Small effect	17.0 ± 1.5	17.6 ± 1.4†	0.45 Small effect	16.0 ± 2.0	16.0 ± 1.9	0.00 No effect	0.089	0.004
CMJ (cm)	24.4 ± 3.8	24.9 ± 4.4	0.12 No effect	25.1 ± 12.0	22.7 ± 24.3	-0.12 No effect	23.9 ± 7.0	21.7 ± 6.3	-0.33 Small effect	0.698	0.495

QPT (Nm·kg <sup>-1</sup> )	2.8 ± 0.5	3.0 ± 0.4	0.47 Small effect	3.1 ± 0.4	2.9 ± 0.4	-0.50 Small effect	2.6 ± 0.6	2.4 ± 0.8	-0.28 Small effect	0.096	0.813
HPT (Nm·kg <sup>-1</sup> )	1.0 ± 0.2	1.1 ± 0.2	0.32 Small effect	1.0 ± 0.2	1.1 ± 0.1	0.53 Moderate effect	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.3	-0.44 Small effect	0.149	0.122
PP10 (W·kg)	11.3 ± 1.8	11.5 ± 1.9	0.10 No effect	11.6 ± 1.2	12.0 ± 1.1	0.38 Small effect	10.5 ± 1.2	9.8 ± 1.9	-0.44 Small effect	0.048	0.780
TW (J·kg)	247.4 ± 35.0	255.1 ± 35.8	0.22 Small effect	256.0 ± 28.5	262.4 ± 19.2*	0.26 Small effect	227.5 ± 20.8	211.8 ± 30.9†	-0.59 Moderate effect	0.011	0.896
PPO (watts)	341.6 ± 62.6	338.8 ± 60.0	0.04 No effect	362.5 ± 37.7	378.1 ± 48.9	0.35 Small effect	316.6 ± 54.4	308.3 ± 59.9	-0.14 No effect	0.222	0.881
TT (sec)	16.0 ± 1.9	14.7 ± 1.3†	0.85 Large effect	14.7 ± 1.1	14.2 ± 0.6	0.61 Moderate effect	15.4 ± 1.0	15.9 ± 1.2	-0.45 Small effect	0.000	0.014

CT = combined strength and sprint group; ST = sprint training group; CG = control group; effect size = between group effect size. \* = Between-group difference estimated by ANOVA: Tukey post-hoc test ( $P < 0.05$ ); † = Significant effect of time ( $p < 0.05$ ); WBLM = whole body Lean mass; LLLM = total lower limb lean mass; CMJ = counter movement jump height; QPT = quadriceps peak isometric torque; HPT = hamstring peak isometric torque; PP10 = ten second sprint peak power; TW = total 30 second work; TT = flying 200 meter sprint time; PPO = peak power output in incremental cycle ergometer test.