

UNIVERSIDAD CAMILO JOSÉ CELA
FACULTAD DE SALUD

***MÁSTER EN FISIOTERAPIA Y
READAPTACIÓN EN EL DEPORTE***

Curso Académico 2017/2018

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Eficacia de un entrenamiento pliométrico para la mejora de la fatiga neuromuscular provocada por la segunda transición en triatlón.

Autora: Victoria Aurell Badenas

Director/Tutor: Roberto Murias Lozano

ÍNDICE

1. Resumen	3
Abstract.....	4
2. Introducción	5
3. Metodología.....	7
3.1 Sujetos	7
3.2 Intervención	8
3.3 Material y métodos.....	8
3.4 Protocolo experimental	8
3.5 Análisis estadístico	9
4. Resultados.....	10
4.1 Diagrama de flujo.....	10
4.2 Resultados descriptivos: muestra total y por grupos	11
4.3 Análisis inferencial	11
5. Discusión	13
6. Conclusiones	16
7. Bibliografía.....	17
Anexo 1: Documento de consentimiento informado.....	20
Anexo 2: Aprobación del comité ético	21
Anexo 3: Ejercicios del programa intervención	22
Anexo 4: Explicación de los test realizados en la plataforma de contactos.	26
Anexo 5: Lugar de las mediciones y recorridos de ciclismo y carrera a pie.....	27
Anexo 6: Resultados por grupos y análisis de homogeneidad.....	30
Anexo 7: Gráficos de los resultados obtenidos en los test de salto durante las dos mediciones	32
Anexo 8: Análisis inferencial.....	34

1. Resumen

Introducción. Correr tras el sector de ciclismo induce fatiga neuromuscular en la extremidad inferior que puede afectar al rendimiento y al riesgo de lesión. El objetivo del presente estudio es analizar la eficacia del entrenamiento pliométrico para mejorar dicha fatiga.

Metodología. Doce triatletas participaron en un ensayo clínico experimental; cinco realizaron un entrenamiento pliométrico específico de ocho semanas de duración, frente a siete que continuaron con su entrenamiento habitual. Para valorar la eficacia del entrenamiento, se llevaron a cabo mediciones pre y post-intervención. Durante las mismas, los triatletas realizaron diferentes test de salto (SJ, CMJ, 15CMJ) antes y después de 40 km de ciclismo, para valorar la fatiga inducida por el mismo. Además, se registró el ritmo de la carrera a pie posterior de 5 km, anotando el ritmo del primer kilómetro.

Resultados. Durante la primera medición, se observaron diferencias significativas en la altura de salto previa y posterior al sector de ciclismo para todos los test realizados: SJ ($p < 0.001$), CMJ ($p = 0.026$) y 15CMJ ($p = 0.001$). Se observaron diferencias significativas para el test SJ posterior al sector de ciclismo ($p = 0.038$) y para el ritmo del primer kilómetro ($p = 0.015$) en el grupo con pliometría frente al grupo control.

Conclusiones. El entrenamiento pliométrico es más eficaz que el entrenamiento habitual para mejorar la fatiga neuromuscular inducida por el sector de ciclismo en el test SJ y para el ritmo del primer kilómetro, siendo una estrategia a tener en cuenta en la mejora del rendimiento y como prevención o readaptación de lesiones en triatlón.

Keywords:

- Bicycling
- Running
- Plyometric Exercise
- Athletic Performance

Abstract

Introduction. The bike-to-run transition induces leg neuromuscular fatigue, which may affect performance and increase the risk of injury. The current study aims to analyse plyometric training efficacy in order to improve such neuromuscular fatigue.

Methodology. Twelve triathletes participated in an experimental clinical trial; five of them did 8-week specific plyometric training versus seven triathletes who continued with their usual training. With the purpose of evaluating the efficacy of plyometric training, two measurement days were carried out pre and post-intervention. On those days, the triathletes were asked to do different jump tests (SJ, CMJ, 15CMJ) before and after 40 km cycling, in order to evaluate the induced cycling fatigue. In addition, the 5 km running pace after cycling was recorded, and also specifically the first kilometre running pace.

Results. On the first measurement day, significant differences were observed in the jump height pre and post cycling in all tests performed: SJ ($p < 0.001$), CMJ ($p = 0.026$) and 15CMJ ($p = 0.001$). Significant differences were observed between the plyometric and control group in the SJ test post-cycling ($p = 0.038$) and the first kilometre running pace ($p = 0.015$).

Conclusions. Plyometric training is more effective than usual training to improve cycling induced neuromuscular fatigue in the SJ test and the first kilometre running pace. It is a strategy to keep in mind for improving athletic performance and for injury prevention or readaptation in triathlon.

Keywords:

- Bicycling
- Running
- Plyometric Exercise
- Athletic Performance

2. Introducción

La popularidad del triatlón ha incrementado durante los últimos años, siendo la distancia olímpica la más popular, que consiste en 1.5 km de natación, 40 km de ciclismo y 10 km de carrera a pie (1). La transición entre las distintas fases del triatlón es una característica única de éste deporte, que puede afectar tanto al rendimiento deportivo como al riesgo de lesión (2). El rendimiento en conjunto está determinado por la habilidad del triatleta de unir y sobresalir en las tres disciplinas, siendo la carrera a pie la más importante para el éxito en la distancia olímpica (3–5). Por otro lado, la carrera es el sector más lesivo de los tres, al que se atribuyen más del 73% de las lesiones producidas en triatlón (6).

La transición de la bicicleta a la carrera induce fatiga neuromuscular en la extremidad inferior (EEII), lo que puede hacer que los triatletas tengan una sensación de incomodidad al inicio de la carrera a pie (5). Requiere la coordinación muscular para pasar de una actividad sin carga y de predominancia concéntrica a una actividad con carga y que combina acciones concéntricas y excéntricas (5,7). Por lo tanto, la eficiencia en la carrera a pie se ve afectada por la capacidad del deportista de realizar dicha transición de manera óptima (5) y por su capacidad de correr bajo condiciones de fatiga (7). Concretamente, en la distancia olímpica se ha visto que alrededor de un 70% de los triatletas corren a velocidades inferiores durante el primer kilómetro en comparación a su velocidad normal en los 10 km (8). Se ha demostrado que correr después del sector de ciclismo provoca una serie de alteraciones biomecánicas y fisiológicas específicas (5).

Las alteraciones biomecánicas están estrechamente relacionadas con la experiencia del triatleta y afectan en menor medida o incluso están ausentes en triatletas de élite (1,3,8–10). No obstante, algunos triatletas moderadamente entrenados sí que presentan dificultades cuando corren después del sector de ciclismo (11). Dichas alteraciones afectan al control neuromuscular, produciendo cambios en la cinemática de la carrera y en el patrón motor de reclutamiento muscular (5). Por ello, muchos triatletas experimentan una percepción de disminución en la coordinación cuando corren después del sector de ciclismo (9), lo que además de disminuir el rendimiento óptimo del deportista produce mayor riesgo de lesión musculoesquelética (2). En cuanto a las alteraciones fisiológicas los datos obtenidos en laboratorio muestran que la carrera a pie en triatlón es más dura que la carrera a pie a la misma velocidad de manera aislada ya que aumenta el consumo de oxígeno, la frecuencia

respiratoria, la velocidad de ventilación y la frecuencia cardiaca (5,12–14). De nuevo, parecen afectar en mayor medida a triatletas menos experimentados (5).

El rendimiento de los triatletas moderadamente entrenados puede verse más afectado por la transición del ciclismo a la carrera a pie, y por lo tanto, pueden sufrir potencialmente mayor riesgo de lesión que limite su actividad física, salud general y progresión en el deporte (11). Un entrenamiento específico puede permitir que los músculos se adapten de manera eficiente a la transición y por lo tanto mejorar el rendimiento de la prueba en conjunto (9). Se ha sugerido que dichos triatletas deben orientar su entrenamiento a practicar la carrera tras el sector de ciclismo y en realizar ejercicios de pliometría en condiciones de fatiga (10). No obstante, no se ha encontrado ningún estudio que analice la eficacia de la pliometría en condiciones de fatiga.

Hay que tener en cuenta que el desarrollo de la resistencia no está únicamente limitado por el sistema aeróbico, si no también por las características del sistema neuromuscular (15–17). El entrenamiento pliométrico ha demostrado generar adaptaciones neurales específicas como un aumento en la activación de las unidades motoras (17–19). Por ello, es posible que pueda minimizar los efectos negativos del sector de ciclismo en determinados triatletas (20), sobre todo en aquellos menos entrenados en comparación a los triatletas de élite (16). Únicamente se ha encontrado un estudio que tenga en cuenta el entrenamiento pliométrico de manera aislada para la mejora de las condiciones neuromusculares en aquellos triatletas cuyo patrón biomecánico de carrera se vio modificado por la segunda transición (20). Sus resultados fueron positivos para la mejora del patrón biomecánico de carrera tras el sector de ciclismo. No obstante, no hay datos acerca de cómo el entrenamiento pliométrico afecta a la fatiga neuromuscular provocada por dicho sector.

La pliometría llevada a cabo en condiciones de fatiga y de manera aislada puede ser una buena opción para mejorar las condiciones neuromusculares con las que los triatletas realizan la segunda transición y consecuentemente mejorar la eficacia de la carrera a pie. Así mismo, dicha mejora puede conllevar un mayor rendimiento deportivo y menor riesgo de lesión. Por todo ello, el objetivo principal del presente estudio es valorar la eficacia de dicho entrenamiento para mejorar las condiciones neuromusculares en las que los triatletas realizan la segunda transición. Para ello, los objetivos específicos del presente estudio son los siguientes: (a) analizar la fatiga neuromuscular posterior al sector de ciclismo a través de los distintos test de

salto realizados en una plataforma de contactos, (b) determinar las diferencias en dichos test tras ocho semanas entre el grupo control y el grupo intervención de entrenamiento pliométrico específico y (c) determinar las diferencias en el rendimiento deportivo, medido a través de la velocidad de la carrera a pie tras el sector de ciclismo.

3. Metodología

Se llevó a cabo un ensayo clínico experimental, un proyecto piloto longitudinal prospectivo de un programa de entrenamiento de pliometría de ocho semanas de duración.

3.1 Sujetos

Se estableció el tamaño muestral en 14 sujetos, en base a los estudios previos de *Saunders y col. en 2006* y de *Hue y col. en 2002*, con una metodología de intervención y grupo de población similar a las del presente estudio, que manejaban un tamaño muestral de 12 y 15 sujetos (16,21). Se incluyeron en el estudio a triatletas no profesionales que tuvieran una experiencia de al menos dos años entrenando y compitiendo en triatlón (20), procedentes del Club Stadium Casablanca (Zaragoza). De acuerdo a la bibliografía previa (20), se excluyeron a aquellos sujetos con historia previa de entrenamiento de pliometría, con lesiones musculoesqueléticas o neurológicas que afectasen a la columna o a la extremidad inferior (EEII) o que hubieran practicado o competido en otros deportes dos o más veces por semana en los tres meses previos.

Todos los participantes fueron informados acerca del procedimiento del estudio y de los posibles riesgos asociados y firmaron el consentimiento informado (Anexo 1) y la Ley Oficial de Protección de Datos. Los procedimientos llevados a cabo estuvieron en concordancia con la Declaración de Helsinki y se obtuvo la aprobación del Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad de Aragón (CEICA) (Anexo 2). Se dividió a los 14 sujetos en 2 grupos, un grupo control sin intervención y un grupo intervención con un programa de entrenamiento pliométrico. No se realizó aleatorización dado que el programa de intervención requería un compromiso por parte de los triatletas, por ello se incluyó en el grupo intervención a los sujetos dispuestos a llevar a cabo el entrenamiento específico. Se recogieron los datos acerca del entrenamiento de cada sujeto para asegurarse de la homogeneidad de los grupos.

3.2 Intervención

Ambos grupos continuaron con su entrenamiento regular como habían hecho en los meses previos. Además, los triatletas en el grupo intervención participaron en un programa de 8 semanas de entrenamiento pliométrico. El entrenamiento se planificó dentro del calendario de competiciones del club, dividiéndolo en 2 bloques de 4 semanas. Las sesiones se diseñaron en base a estudios anteriores (20,22), incluyendo la combinación de 3 series de 3 ejercicios de fuerza (sentadillas, prensa monopodal y gastrocnemios monopodal) seguidos de los ejercicios de pliometría, con 45 segundos de descanso entre cada serie. No se excedían los 200 saltos por sesión para evitar riesgo de lesión (17) y se siguió el principio de carga progresiva entre los dos bloques de entrenamiento, con carga y dificultad técnica incremental (ver Anexo 3 con explicación e imágenes de los ejercicios pliométricos).

Cada semana estaba compuesta por 3 sesiones semanales de pliometría, con el requisito de que una de las sesiones se realizase en condiciones de fatiga, es decir, justo después de un entrenamiento de ciclismo (10). Se realizaban en días alternos, siendo entre semana las 2 primeras sesiones que combinaban con los ejercicios de fuerza y en fin de semana se la tercera sesión, en la que únicamente realizaban los ejercicios pliométricos tras el entrenamiento de ciclismo. Las sesiones se llevaban a cabo en el gimnasio y eran supervisadas bien por el entrenador o bien por la investigadora principal para asegurar que se realizaban con la técnica correcta. Se requería que los participantes realizasen al menos el 95% de las sesiones específicas de entrenamiento para ser incluidos en el estudio (22).

3.3 Material y métodos

Para valorar la fatiga neuromuscular inducida por el sector de ciclismo en la EEII, los sujetos realizaron tres test de salto antes y después del mismo, en el siguiente orden: Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ) y saltos repetidos (15CMJ) (23–25) (ver Anexo 4 con explicación de los test). Para ello se utilizó una plataforma de contactos (*Optojump Next; Microgate, Bolzano, Italy*) en la que se determinaba la altura de salto (cm), al igual que en estudios previos (23). Todos los sujetos fueron familiarizados con los test, que se llevaron a cabo calzados en una posición de equilibrio con los pies a la anchura de las caderas. De cada test se realizó una prueba con un periodo de recuperación de 1 minuto entre ellas.

3.4 Protocolo experimental

Se llevaron a cabo dos días de medición antes y después de las ocho semanas de intervención para valorar la eficacia de la misma. Las mediciones se efectuaron en

un local con buen acceso a la carretera cedido por el Ayuntamiento de Botorrita (ver Anexo 5 con especificaciones del local y los recorridos de ciclismo y carrera a pie). Después de un calentamiento estandarizado de 10 minutos de duración basado en trote suave y saltos, se realizaba la valoración inicial en la plataforma de contactos. A continuación, cada triatleta tenía que realizar un recorrido de 40 km de ciclismo a alta intensidad. Los triatletas utilizaron la bicicleta con la que competían habitualmente y se les permitía beber un máximo de 500 ml de agua.

Tras el sector de ciclismo se estandarizaba la transición (20), permitiendo a los triatletas un periodo controlado de 60 segundos para bajarse de la bicicleta y cambiarse el calzado. Inmediatamente después se repetían los test sobre la plataforma de contactos. Para valorar la fatiga neuromuscular inducida en la EEII por el sector de ciclismo se analizaron los cambios en la altura de salto. Seguidamente, los triatletas debían realizar una carrera a pie de 5 km en un circuito de 1 km. Se cronometró el tiempo que empleaba cada triatleta para recorrer el primer kilómetro y los 5 km, ya que se ha visto que la transición afecta mayormente al rendimiento durante el primer kilómetro (8). El calzado utilizado era el mismo durante todo el procedimiento y durante los dos días de medición, el que utilizaba cada triatleta para competir.

Durante todo el procedimiento se les pidió que dieran el máximo para simular situación real de competición (24). Otros alicientes fueron que el entrenador tendría en cuenta los resultados y que realizaban el recorrido de manera escalonada cada 10 minutos uno detrás de otro, compitiendo entre ellos. Por otro lado, cada triatleta debía monitorizar su frecuencia cardíaca a través de sus dispositivos habituales de entrenamiento, para controlar que realmente simulaban situación de competición. Previo a cada día de medición, se les pedía que no llevaran a cabo una actividad de alta intensidad en las 72 horas anteriores y que la última comida fuera al menos dos horas antes. Para las dos mediciones, las condiciones climáticas fueron similares.

3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa “SPSS” versión 22.0 para mac. Se realizó el estudio descriptivo de cada una de las variables en tablas con $\text{media} \pm \text{DT}$ (desviación típica), las variables nominales se expresaron en porcentajes. Antes de realizar el análisis estadístico se tuvo presente las condiciones de aplicación del mismo. Se realizó la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) con corrección de la significación de *Lilliefors*, para comprobar que la muestra cumplía criterios de

normalidad, y aplicar así los test paramétricos. Debido a que el tamaño de la muestra era pequeño, añadimos la prueba de *ShapiroWilks* (S-W). Se estudió la homogeneidad de las muestras mediante la *Prueba de Levene*, para igualdad de varianzas y la *Prueba t de Student* para muestras independientes, para igualdad de medias. Se utilizó una estimación de mínimos cuadrados para cuantificar el intervalo de diferencia entre grupos. Se utilizó la misma observación de arrastre. Análisis de varianza de medidas repetidas (*ANOVA*) con modelo lineal con ajuste *Bonferroni* se utilizó para probar el perfil del cambio en el resultado pre-intervención y post-intervención, de los dos grupos de estudio y la comparación por pares según tiempo y grupo. Para el análisis inferencial del análisis intergrupar se utilizó la *Prueba t de Student* de muestras independientes. Para la comparación por pares de tiempo se empleó *Prueba t de Student* para muestras relacionadas, cuando la distribución era normal y homogénea. En el caso de no seguir una distribución normal u homogénea se empleó para análisis intergrupar la prueba *U de Mann Whitney*. Para la comparación por pares de tiempo se empleó *Wilcoxon*. Para las correlaciones bivariantes de las variables cuantitativas se utilizó el *coeficiente de Pearson*. Se estableció para una confianza del 95%, un nivel de significación $p < 0.05$, valor que se considera adecuado de forma universal en investigaciones biomédicas.

4. Resultados

4.1 Diagrama de flujo

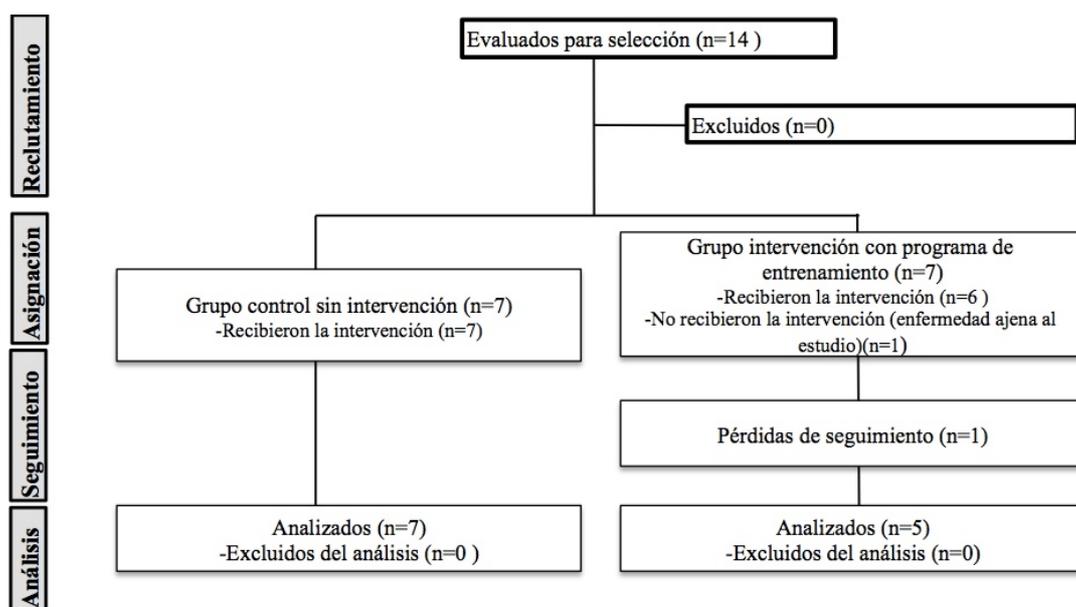


Figura 1 (elaboración propia). Diagrama de flujo del progreso a través de las fases de un ensayo clínico paralelo de dos grupos según CONSORT.

4.2 Resultados descriptivos: muestra total y por grupos

Catorce triatletas moderadamente entrenados aceptaron participar voluntariamente en el estudio, dos de los cuales tuvieron que ser excluidos (Figura 1), finalmente la muestra estuvo compuesta por 12 sujetos: 10 hombres, 2 mujeres; de 26.42 ± 6.63 años de edad; 1.73 ± 7.64 m de altura y con un peso de 69.14 ± 9.56 kg. Los triatletas tenían 3.67 ± 1.37 años de experiencia en triatlón, la gran parte de ellos participaba en pruebas tanto a nivel nacional como regional y únicamente un 16.7% de los sujetos exclusivamente a nivel regional. El 41.7% de la muestra competía a corta distancia mientras que el 58.3% lo hacía en media distancia. Los datos de entrenamiento de los sujetos se recogen en la Tabla 1. Los datos basales siguieron una distribución normal y la distribución fue homogénea en los grupos (Anexo 6).

		G. Control (n=7)	G. Intervención (n=5)
Natación	Días a la semana	3 ± 1.15	3.4 ± 0.89
	Km semanales	8.29 ± 4.54	12 ± 2.83
Ciclismo	Días a la semana	2.14 ± 0.38	2.2 ± 0.38
	Km semanales	154.29 ± 37.8	154 ± 28.8
Carrera	Días a la semana	2.86 ± 0.38	3 ± 0
	Km semanales	25 ± 8.16	24.4 ± 5.55
	Ritmo medio ^a	3.74 ± 0.44	3.62 ± 0.31

Tabla 1 (elaboración propia): Historia de entrenamiento de los triatletas en los tres meses previos. Valores medios \pm desviación típica de volumen de entrenamiento semanal. ^a Ritmo medio medido en min/km, estimado para 10km.

4.3 Análisis inferencial

Los valores medios de altura de salto (cm) \pm DT obtenidos para cada test en la primera y segunda medición, y previo y posterior al sector de ciclismo se pueden observar en la Tabla 2, al igual que los valores para el ritmo de carrera (min/km) durante el primer kilómetro y los cinco kilómetros (gráficos adjuntos en Anexo 7). Para la muestra en conjunto, durante la primera medición se observaron diferencias estadísticamente significativas en la altura de salto previa y posterior al sector de ciclismo para todos los test realizados: SJ ($p < 0.001$), CMJ ($p = 0.026$) y 15CMJ ($p = 0.001$) (Tabla 3).

		Medición inicial		A las 8 semanas	
		PRE-CICL	POST-CICL	PRE-CICL	POST-CICL
SJ	G.C.	31.11±4,85	26.76±4.12	29.09±5.08	26.06±4.33
	G.I.	31.24±6.03	28.94±7.87	32.20±6.89	32.58±5.78
CMJ	G.C.	34.17±7.64	29.96±4.69	32.86±6.12	28.91±5.15
	G.I.	33.50±7.27	32.48±7.58	35.16±7.61	32.58±6.12
15CMJ	G.C.	363.09±72.61	304.59±61.65	333.50±78.79	289.66±60.75
	G.I.	345.78±47.75	331.97±51.56	366.83±66.99	362.75±52.55
Ritmo 1^{er} km	G.C.	-	4.28±0.52	-	4.06±0.40
	G.I.	-	4.07±0.07	-	3.62±0.26
Ritmo 5km	G.C.	-	4.30±0.49	-	4.12±0.32
	G.I.	-	3.92±0.32	-	3.58±0.39

Tabla 2 (elaboración propia): valores medios ± DT de los test de salto.

		Previo al sector de ciclismo	Posterior al sector de ciclismo	Análisis intergrupual
Primera medición	SJ	31.17±5.1	27.67±5.75	P<0.001
	CMJ	33.89±7.16	31.01±5.89	0.026
	15CMJ	355.87±61.23	315.97±56.91	0.001

Tabla 3 (elaboración propia): Análisis de la fatiga neuromuscular provocada por el sector de ciclismo en la muestra global para cada test.

Existe una interacción significativa entre los factores tiempo y grupo para los test SJ ($p=0.003$) y 15CMJ ($p=0.003$), pero no para el test CMJ ($p>0.05$). Para todos los test existe un efecto principal significativo del factor tiempo: SJ ($p=0.001$), CMJ ($p<0.001$) y 15CMJ ($p=0.004$). En cuanto a la altura de salto previa al sector de ciclismo no se vieron diferencias significativas entre el entrenamiento habitual y el entrenamiento pliométrico para los tres test. Se observó que el grupo con entrenamiento pliométrico obtuvo una mejora significativa en el salto SJ posterior al sector de ciclismo ($p=0.038$). No obstante, no se obtuvieron diferencias significativas para el resto de los test indistintamente entre un grupo u otro ($p>0.05$) (Anexo 8).

Tras las ocho semanas, no se vieron diferencias significativas en la muestra en conjunto para el ritmo de carrera del primer kilómetro ($p=0.182$), tampoco en los 5 km ($p=0.418$). Se encontró una disminución significativa ($p=0.015$) del tiempo en el primer kilómetro en el grupo con entrenamiento pliométrico frente al grupo con entrenamiento

habitual. Sin embargo, dichos cambios no se vieron para el ritmo global en los 5 km ($p=0.083$) (Anexo 8). Se observó que aquellos triatletas que conseguían hacer el primer kilómetro de carrera a pie a mayor velocidad, emplearon menos tiempo en recorrer los 5 km ($r=0.898$, $p<0.001$). Además, cuanto mayor es la fatiga neuromuscular inducida por el sector de ciclismo en la segunda transición para el test SJ, menor es el ritmo de carrera a pie, tanto para el primer kilómetro ($r=-0.605$, $p=0.037$) como para los 5 km ($r=-0.761$, $p=0.004$).

5. Discusión

Los resultados del presente estudio confirman que el sector de ciclismo es capaz de producir fatiga neuromuscular en la EEII para todos los test realizados. Cabe destacar que no se han encontrado otros estudios que analicen la fatiga inducida por 40 km de ciclismo (distancia olímpica en triatlón). En el estudio de *García-Pinillos, F y col. en 2016*, se analiza la fatiga inducida por triatlón de distancia sprint (20km de ciclismo) a través de los test SJ y CMJ, sin encontrar cambios significativos en los test tras el sector de ciclismo. No obstante, en dicho estudio los triatletas realizan el ciclismo con sus bicicletas conectadas a un rodillo (24), lo que podría ser mucho menos similar a las condiciones reales de competición. Por otro lado, en estudios realizados en competiciones de medio ironman y ironman se ve notablemente disminuida la capacidad neuromuscular de los músculos de la EEII para producir fuerza, medida a través del test CMJ, siendo la fatiga neuromuscular un factor limitante en el rendimiento (23,26). Se ha demostrado que el daño muscular es uno de los principales factores de la fatiga neuromuscular (23) y se ha relacionado mayormente a la carrera a pie de resistencia (27), posiblemente por la mayor exigencia de las acciones concéntricas y excéntricas frente al ciclismo (24). Esto podría indicar que es necesario sobrepasar un determinado umbral de intensidad para que el sector de ciclismo induzca fatiga en la EEII.

El presente estudio es el primero en valorar el efecto del entrenamiento pliométrico en la fatiga neuromuscular producida por la segunda transición. Los resultados mostraron que añadir ejercicios pliométricos al entrenamiento habitual mejoraba significativamente la altura de salto para el test SJ posterior al sector de ciclismo ($p=0.038$). En los demás test no se obtuvieron diferencias significativas entre ambos grupos. Esto podría ser debido a que el test SJ era el primero en ser ejecutado inmediatamente tras la transición, y reflejaba en mayor medida la fatiga neuromuscular provocada por la misma. No obstante, tomando como referencia los valores medios de

altura de salto obtenidos para cada test (Tabla 2), se puede observar una tendencia del grupo con entrenamiento pliométrico a mejorar mientras que el grupo con entrenamiento habitual tiende a empeorarlos. Cabe destacar que la primera medición se llevó a cabo antes de iniciar la temporada, pero durante la segunda medición los triatletas ya llevaban aproximadamente un mes de competiciones. Esto podría indicar que conforme avanza la temporada, los triatletas que realizan el entrenamiento pliométrico se adaptan mejor mientras que los que llevan a cabo el entrenamiento habitual tienden a sufrir más fatiga.

El programa de entrenamiento pliométrico utilizado fue similar al de otros estudios (16,20,22). En el estudio de *Saunders, Telford, Pyne y col. en 2016*, realizado en corredores de media y larga distancia altamente entrenados, no reportan cambios significativos en los test de potencia realizados entre el grupo con pliometría y el grupo control. Por su parte, *Giovanelli N. et al 2017*, tampoco encuentran cambios significativos en las variables de potencia muscular tras un programa de entrenamiento pliométrico de 12 semanas de duración en corredores de resistencia. Ambos autores lo relacionan con un volumen/intensidad de trabajo insuficiente. A pesar que en el presente estudio se combinó la pliometría con ejercicios con peso externo dos de las tres sesiones propuestas, podría no haber sido suficiente para reportar cambios mayores, ya que otros autores con cargas más altas de trabajo sí que reportaron diferencias significativas sus resultados de potencia muscular (28,29). No obstante, en ambos estudios al igual que en el presente trabajo, los valores de potencia muscular tienden a mejorar en el grupo con entrenamiento pliométrico frente al grupo control (16,22), lo que indica que se debería hacer un seguimiento más largo en el tiempo para observar la evolución de dichos valores.

En el presente estudio se reportó una disminución significativa del tiempo en el primer kilómetro en el grupo con entrenamiento pliométrico frente al grupo con entrenamiento habitual tras las ocho semanas ($p=0.083$), pero no para los 5 km. Esto contrasta con los resultados de *Paavolainen, L y col. en 1999*, que hallan cambios significativos en el rendimiento para los 5 km tras un programa de entrenamiento pliométrico. Aunque, su programa de intervención fue algo más intenso ya que se realizaban mayor número de saltos por sesión, fue llevado a cabo en corredores de larga distancia altamente entrenados en periodo de post-competición (28), lo que podría explicar que el entrenamiento más específico en ese momento de la temporada y en atletas de alto nivel generase cambios más significativos.

Hay que destacar que en el presente estudio se realiza una sesión de pliometría semanal en condiciones de fatiga, es decir, justo después del entrenamiento de ciclismo. No se han encontrado estudios que utilicen la misma metodología. Por su parte, *Hue O. y col. en 2002*, realizan un estudio con triatletas para valorar la eficacia del entrenamiento combinado de ciclismo y carrera a pie. Dicho entrenamiento consiste en una sesión semanal de bloques cortos de ciclismo-carrera a pie, frente al entrenamiento habitual de las dos disciplinas por separado. De manera similar al presente estudio, reportan cambios significativos para la mejora de la transición entre las dos disciplinas, traducido en una mejora del ritmo de carrera durante los primeros 333 m después del sector de ciclismo (21). Esto puede sugerir que aquellas estrategias de entrenamiento orientadas de una manera más específica a mejorar la segunda transición, como puede ser la pliometría en condiciones de fatiga o la combinación de las dos disciplinas en una misma sesión, tienen mayor efecto positivo sobre los primeros minutos de la carrera a pie.

Otro hallazgo relevante del presente estudio fue que cuanto mayor es la fatiga neuromuscular para el test SJ, menor es el ritmo de carrera a pie, tanto para el primer kilómetro ($r=-0.605$, $p=0.037$) como para los 5 km ($r=-0.761$, $p=0.004$). Lo que podría indicar una relación entre las condiciones de fatiga muscular en las que los triatletas realizan la segunda transición y el rendimiento de la carrera a pie posterior. Se requieren más estudios para determinar dicha relación y analizar estrategias y programas de entrenamiento específicos. Por otro lado, se observó que aquellos triatletas que conseguían hacer el primer kilómetro de carrera a pie a mayor velocidad, emplearon menos tiempo en recorrer los 5 km ($r=0.898$, $p<0.001$). Esto contrasta con los datos previos de que alrededor de un 70% de los triatletas corren a velocidades inferiores durante el primer km en comparación a su velocidad normal en los 10 km (8). Además, una de las estrategias recomendadas en triatlón de distancia olímpica es no comenzar la carrera a pie a un ritmo menor del que se puede mantener en la carrera global (5).

Actualmente, no se conoce si una mayor fatiga neuromuscular puede predecir o ser resultado de lesión-neuromuscular. Se ha sugerido una relación entre la alteración biomecánica del patrón de carrera posterior al sector de ciclismo y mayor riesgo de lesión (2), siendo el entrenamiento pliométrico eficaz para mejorar dicha alteración en aquellos triatletas cuyo patrón estaba alterado tras la segunda transición (20). Los estudios que establecen la relación entre dicha alteración biomecánica y la fatiga inducida por la segunda transición también son limitados. Por su parte, *Andrew*

R. y col. en 2014 afirman que la alteración biomecánica de la carrera a pie tras la segunda transición no está vinculada con la fatiga neuromuscular. No obstante, hay que tener en cuenta que realizan el análisis tras 20 minutos de ciclismo con las bicicletas conectadas al rodillo (9), que cómo se ha explicado antes, podría no ser suficiente para inducir fatiga neuromuscular. Por otro lado, el presente estudio se llevó a cabo con triatletas moderadamente entrenados, que son más susceptibles de sufrir alteraciones mecánicas en el patrón de carrera tras el sector de ciclismo frente a triatletas de élite (2,10). De la misma manera, se necesitan más estudios para determinar si el sector de ciclismo es capaz de inducir fatiga neuromuscular en la EEII en triatletas de élite.

6. Conclusiones

Se ha demostrado que 40 km de ciclismo a alta intensidad induce fatiga neuromuscular en la extremidad inferior. El conocimiento de la fatiga neuromuscular causada por el sector de ciclismo en triatlón de distancia olímpica es un requisito importante para diseñar planes de entrenamiento con el objetivo de disminuir la misma, y por lo tanto, maximizar el rendimiento deportivo (24). El presente estudio muestra que añadir pliometría al entrenamiento habitual en triatlón puede producir una mejora de la fatiga inducida por la segunda transición en el test SJ y en el ritmo de carrera del primer kilómetro después de la transición, lo que además, podría suponer un ritmo de carrera global más alto y por lo tanto un mayor rendimiento. Por todo ello, se sugiere que el entrenamiento pliométrico puede ser una de las múltiples opciones utilizadas en la mejora del rendimiento y en la prevención o readaptación de las lesiones en triatlón. No obstante, se sabe que son hallazgos preliminares y no se sugiere que la corrección de la fatiga neuromuscular de manera aislada pueda prevenir lesiones por sobreuso en triatlón, ya que la etiología de las mismas es multifactorial. Se necesitan más estudios que analicen los efectos del entrenamiento pliométrico en triatlón.

7. Bibliografía

1. Cala A, Veiga S, García A, Navarro E. Previous cycling does not affect running efficiency during a triathlon World Cup competition. *J Sports Med Phys Fitness*. 2009;49(2):152-8.
2. Rendos NK, Harrison BC, Dicharry JM, Sauer LD, Hart JM. Sagittal plane kinematics during the transition run in triathletes. *J Sci Med Sport*. 2013;16(3):259-65.
3. Bonacci J, Saunders PU, Alexander M, Blanch P, Vicenzino B. Neuromuscular control and running economy is preserved in elite international triathletes after cycling. *Sport Biomech*. 2011;10(1):59-71.
4. Vleck VE, Bürgi A, Bentley DJ. The Consequences of Swim, Cycle, and Run Performance on Overall Result in. *Int J Sport Med*. 2006;27:43-8.
5. Millet GP, Vleck VE. Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *Br J Sport Med*. 2000;34:384-90.
6. Burns J, Hons BP, Keenan A, Pod B, Redmond A. Foot Type and Overuse Injury in Triathletes. *J Am Pediatr Med Assoc*. 2005;95(3):235-41.
7. Heiden T, Burnett A. The Effect of Cycling on Muscle Activation in the Running Leg of an Olympic Distance Triathlon. *Sport Biomech*. 2003;2(1):35-49.
8. Millet GP, Millet GY, Hofmann MD, Candau RB. Alterations in Running Economy and Mechanics After Maximal Cycling in Triathletes: Influence of Performance Level. *Int J Sport Med*. 2000;21:127-32.
9. Chapman AR, Vicenzino B, Hodges PW, Blanch P, Allan G, Milner TE. A protocol for measuring the direct effect of cycling on neuromuscular control of running in triathletes. *J Sports Sci*. 2009;27(7):767-82.
10. Millet GP, Millet GY, Candau RB. Duration and seriousness of running mechanics alterations after maximal cycling in triathletes. Influence of the performance level. *J Sports Med Phys Fitness*. 2001;41:147-53.
11. Bonacci J, Blanch P, Chapman AR, Vicenzino B. Altered movement patterns but not muscle recruitment in moderately trained triathletes during running after cycling. *J Sports Sci*. 2010;28(13):1477-87.
12. Walsh JA, Stamenkovic A, Lepers R, Peoples G, Stapley PJ. Neuromuscular and physiological variables evolve independently when running immediately after cycling. *J Electromyogr Kinesiol*. 2015; 25(6):887-93.
13. Millet GP, Bentley DJ. The Physiological Responses to Running After Cycling in Elite Junior and Senior Triathletes. *Int J Sport Med*. 2004;25:191-7.

14. Etxebarria N, Hunt J, Ingham S, Ferguson R. Physiological assessment of isolated running does not directly replicate running capacity after triathlon-specific cycling. *J Sports Sci.* 2014;32(3):37-41.
15. Bonacci J, Chapman A, Blanch P, Vicenzino B. Neuromuscular Adaptations to Training, Injury and Passive Interventions Implications for Running Economy. *Sport Med.* 2009;39(11):903-21.
16. Saunders, Telford, Pyne et al. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *J Strength Cond Res.* 2006;20(4):947-54.
17. Balsalobre-Fernández C, Santos-Concejero J, Grivas JV. Effects of strength training on running economy in highly trained runners: a systematic review with meta-analysis of controlled trials. *J Strength Cond Res.* 2016;30(8):2361-8.
18. Hill J, Leiszler M. Review and Role of Plyometrics and Core Rehabilitation in Competitive Sport. *Curr Sports Med Rep.* 2011;(24):345-51.
19. Barnes KR, Kilding AE. Strategies to Improve Running Economy. *Sport Med.* 2015; 45(1):37-56.
20. Bonacci J, Green D, Saunders PU, Franettovich M, Blanch P, Vicenzino B. Plyometric training as an intervention to correct altered neuromotor control during running after cycling in triathletes: A preliminary randomised controlled trial. *Phys Ther Sport.* 2011;12(1):15-21.
21. Hue O, Valluet A, Blonc S, Hertogh C. Effects of Multicycle-Run Training on Triathlete Performance. *Res Q Exerc Sport.* 2002;73(3):289-95.
22. Giovanelli N, Taboga P, Rejc E, Lazzer S, Giovanelli N, Taboga P. Effects of strength, explosive and plyometric training on energy cost of running in ultra-endurance athletes. 2017;17(7):805-813
23. Coso JD, González-Millán C, Salinero JJ, Abián-Vicén J, Soriano L, et al. Muscle Damage and Its Relationship with Muscle Fatigue During a Half-Iron Triathlon. *PLoS One.* 2012;7(8):e43280.
24. García-Pinillos, F, Cámara-Pérez, JC, González-Fernández, FT, Párraga-Montilla, JA, Muñoz-Jiménez, M, and Latorre-Román P. Physiological and neuromuscular response to a simulated sprint-distance triathlon: effect of age differences and ability level. *J Strength Cond Res.* 2016;30(4):1077-84.
25. Coso JD, Pérez-López A, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Lara B, Valadés D. Enhancing Physical Performance in Male Volleyball Players With a Caffeine-Containing Energy Drink. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9:1013-8.
26. Manuel S, Patrizia M, Knechtle B, Toigo M. An Ironman triathlon reduces neuromuscular performance due to impaired force transmission and reduced leg

- stiffness. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(4):795-802.
27. Millet GY, Tomazin K, Verges S, Vincent C, Bonnefoy R, et al. Neuromuscular Consequences of an Extreme Mountain. *PLoS One.* 2011;6(2):e17059.
 28. Paavolainen L, Häkkinen K, Hämmäläinen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol.* 1999;86:1527-33.
 29. Hoff J, Gran A, Helgerud J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sport.* 2002;12(5):288-95.

Anexo 1: Documento de consentimiento informado

Título del PROYECTO: EFICACIA DE UN ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO PARA LA MEJORA DE LA FATIGA NEUROMUSCULAR PROVOCADA POR LA SEGUNDA TRANSICIÓN EN TRIATLÓN

Yo, (nombre y apellidos del participante)

He leído el documento de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con: Victoria Aurell Badenas (nombre del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: sí no (marque lo que proceda)

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

.....

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador:

Fecha:

Anexo 2: Aprobación del comité ético



**Informe Dictamen Favorable
Trabajos académicos**

C.P. - C.I. PI18/005

31 de enero de 2018

Dña. María González Hinjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 31/01/2018, Acta Nº 02/2018 ha evaluado la propuesta del Trabajo:

Título: Efectividad de un entrenamiento pliométrico para la mejora del rendimiento en la segunda transición de triatlón.

**Alumno: Victoria Aurell Badenas
Director: Roberto Murias Lozano**

Centro de realización: Universidad de Zaragoza

Versión protocolo: Versión 2. de 19/01/2018

Versión documento de información y consentimiento: Versión 2. de 19/01/2018

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la correcta obtención del consentimiento informado, el cumplimiento de la LOPD y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del proyecto.**

Lo que firmo en Zaragoza, a 31 de enero de 2018

María González Hinjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

Anexo 3: Ejercicios del programa intervención

	Semanas 1-4	Semanas 5-8
Ejercicio	Series y repeticiones (reps)	
Sentadilla con salto/CMJ	3x6 reps	3x6 reps
Salto desde cajón con desplazamiento horizontal	3x5 reps	3x5 reps *Mayor altura del cajón
Zancadas con salto	2x8 reps	3x8 reps
Salto horizontales (bipodal)	3x5 reps	3x5 reps con cada EEII (monopodal)
Salto en comba	30 reps	1x15 reps con cada EEII (monopodal)
Elevación de rodilla con la EEII contralateral apoyada en cajón (gastrocnemios)	2X5 reps con cada EEII	2x5 reps con cada EEII *Mayor altura del cajón
Número total de saltos	114	137

Tabla 4 (elaboración propia): Ejercicios de pliometría del programa de entrenamiento.

A continuación se adjuntan imágenes de los ejercicios pliométricos que componen el plan de entrenamiento, realizados por un triatleta que formó parte del estudio (se obtuvo su consentimiento para la cesión de las imágenes).

1. Sentadilla con salto/CMJ (Figura 2):



Figura 2 (elaboración propia): CMJ.

2. Salto desde cajón con desplazamiento horizontal: con las manos en la cintura, el triatleta debía saltar desde un cajón y amortiguar la caída para seguidamente buscar el mayor desplazamiento horizontal posible (Figura 3). Progresión añadiendo mayor altura al cajón.



Figura 3 (elaboración propia): Salto desde cajón con desplazamiento horizontal.

3. Zancadas con salto (*scissors jumps*): desde una posición de zancada, buscar la máxima altura saltado y cambiando en el aire las piernas, para amortiguar con los pies en posición contraria a la inicial (Figura 4).



Figura 4 (elaboración propia): Zancadas con salto.

4. Saltos horizontales: con los dos pies juntos, realizar saltos para buscar un desplazamiento horizontal (Figura 5). Progresar a apoyo monopodal.



Figura 5 (elaboración propia): Saltos horizontales.

5. Saltos en comba para trabajar los gastrocnemios (Figura 6), progresión a apoyo monopodal.



Figura 6 (elaboración propia): Saltos en comba.

6. Elevación de rodilla con la EEII contralateral apoyada en cajón, para impulsarse con gastrocnemios desde una posición de alargamiento (Figura 7). Se puede progresar con mayor altura del cajón.



Figura 7 (elaboración propia): Elevación de rodilla con la EEII contralateral apoyada en cajón.

Anexo 4: Explicación de los test realizados en la plataforma de contactos.

- **Squat jump (SJ)** (23). Se les pedía a los sujetos que colocaran sus manos sobre sus caderas para anular la influencia de los brazos en el salto. Desde una posición de squat o sentadilla con la rodilla en una flexión de 90° aproximadamente, se les pedía a los sujetos que realizaran un salto vertical máximo.
- **Countermovement jump (CMJ)** (23). Tras una señal dada por el investigador, el participante debía flexionar sus rodillas y saltar tan alto como fuera posible mientras mantenía las manos en la cadera, cayendo con los dos pies.
- **Saltos repetidos (15CMJ)** (25). Los sujetos debían realizar tantos saltos CMJ como fueran posibles durante 15 segundos, se les pedía que buscaran la máxima altura en cada salto. Para el análisis de datos, se realizó el sumatorio de las alturas de todos los saltos.

Anexo 5: Lugar de las mediciones y recorridos de ciclismo y carrera a pie

Las mediciones tuvieron lugar en el local de las piscinas municipales de Botorrita (situado a 23 km de Zaragoza), cedido por el Ayuntamiento del pueblo. Los triatletas debían acudir allí en coche (Figuras 8 y 9). Se eligió dicho local por su buena comunicación con la carretera, ya que los test de salto debían realizarse inmediatamente después del sector de ciclismo. Además, es una zona habitual de entrenamiento en ciclismo así que era conocido por todos los participantes del estudio y una zona con poco tráfico habitualmente.



Figura 8 (elaboración propia): Vista aérea del lugar de las mediciones, en rojo rodeado el local y en azul las zonas posibles para aparcar.



Figura 9 (elaboración propia): Vista desde fuera del local.

Dentro del local había espacio para que los triatletas dejarán el material que iban a utilizar, y se instaló la plataforma de contactos para realizar las mediciones (Figura 10).



Figura 10 (elaboración propia): Plataforma de contactos.

Siendo el local el punto de partida, se diseñaron los recorridos de ciclismo y carrera a pie. El recorrido de ciclismo era prácticamente llano, de ida y vuelta en una misma carretera. Era bien conocido por todos los triatletas, de 40 km aproximadamente, se les dio las indicaciones oportunas y se cronometró cuanto tardaban en realizar el mismo para asegurarse de que lo habían completado (Figura 11).



Figura 11 (elaboración propia): Circuito del sector de ciclismo, a la izquierda el recorrido en azul y a la derecha marcado con flechas dónde debían realizar la vuelta.

Para la carrera a pie, se diseñó un circuito de 1 km en un camino de tierra que había próximo al local, también llano y poco transitado (Figura 12).

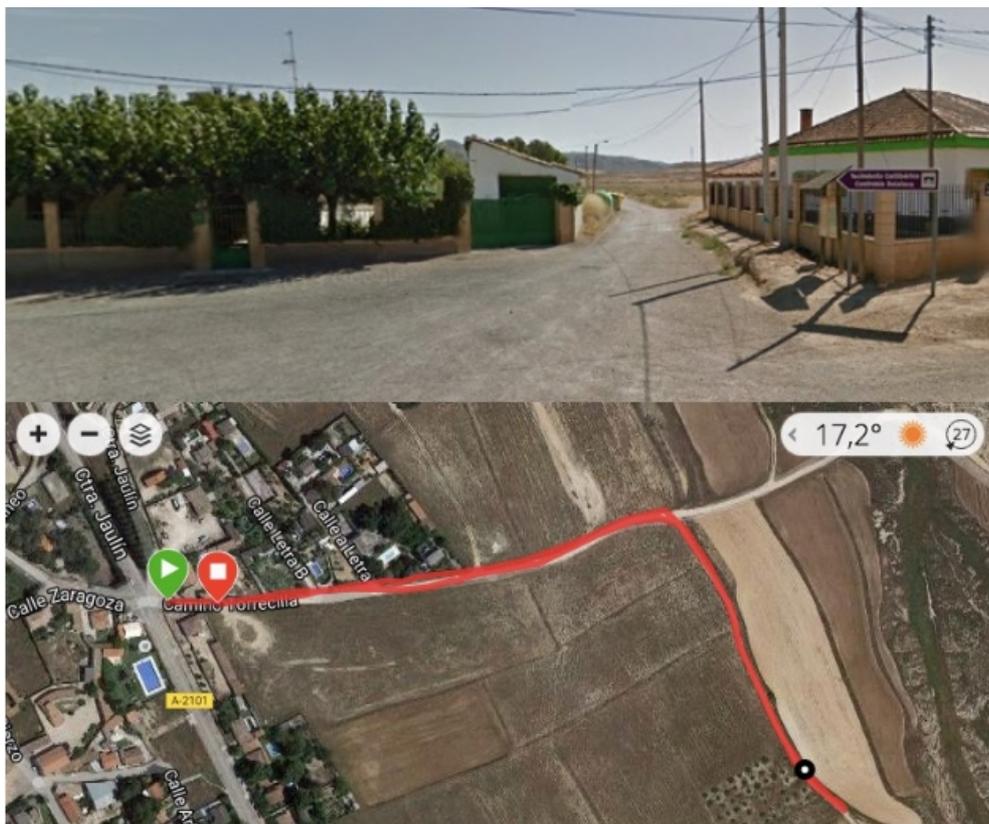


Figura 12 (elaboración propia): En la imagen superior se muestra el comienzo del camino y en la imagen inferior una vista aérea del circuito de 1 km.

Anexo 6: Resultados por grupos y análisis de homogeneidad

			K-S	S-W	Homogeneidad (T-Student)	
Edad	G.C.	27±7.26	0.200	0.554	0.736	
	G.I.	26.42±6.63	0.200	0.871		
Peso	G.C.	71.03±11	0.200	0.888	0.445	
	G.I.	66.5±7.38	0.200	0.726		
Altura (cm)	G.C.	172.6±5.32	0.200	0.568	0.748	
	G.I.	173.5±1.37	0.200	0.685		
Años de experiencia en triatlón	G.C.	3.43±1.39	0.200	0.307	0.503	
	G.I.	4±1.41	1.61	0.325		
Natación	Días a la semana	G.C.	3±1.15	0.200	0.540*	
		G.I.	3.4±0.89	0.046		
	Km semanales	G.C.	8.29±4.54	0.200	0.603	0.115*
		G.I.	12±2.83	0.033	0.042	
Ciclismo	Días a la semana	G.C.	2.14±0.38	<0.001	<0.001	0.802*
		G.I.	2.2±0.38	0.001	<0.001	
	Km semanales	G.C.	154.29±37.8	0.200	0.037	0.737*
		G.I.	154±28.8	0.038	0.199	
Carrera	Días a la semana	G.C.	2.86±0.38	<0.001	<0.001	0.398*
		G.I.	3±0	<0.001	<0.001	
	Km semanales	G.C.	25±8.16	0.054	0.118	0.890
		G.I.	24.4±5.55	0.200	0.292	
	Ritmo medio ^a	G.C.	3.74±0.44	0.095	0.061	0.603
		G.I.	3.62±0.31	0.200	0.332	

Tabla 5 (elaboración propia): Características basales e historia de entrenamiento de los triatletas en los previos tres meses. Valores medios ± DT de volumen de entrenamiento semanal y resultados de homogeneidad entre grupos. ^a Ritmo medio medido en min/km, estimado para 10 km. *Variable no simétrica analizada con U de Mann-Witney.

Medición inicial						
		PRE-CICL	POST-CICL	K-S	S-W	Homogeneidad (T-Student)
SJ	G.C.	31.11±4.85	26.76±4.12	0.200	0.320	0.845
	G.I.	31.24±6.03	28.94±7.87	0.049	0.180	
CMJ	G.C.	34.17±7.64	29.96±4.69	0.200	0.953	0.893
	G.I.	33.50±7.27	32.48±7.58	0.200	0.223	
15CMJ	G.C.	363.09±72.61	304.59±61.65	0.200	0.805	0.740
	G.I.	345.78±47.75	331.97±51.56	0.200	0.843	
Ritmo 1^{er} km	G.C.	-	4.28±0.52	0.200	0.810	0.405
	G.I.	-	4.07±0.07	0.192	0.335	
Ritmo 5km	G.C.	-	4.30±0.49	0.200	0.823	0.159
	G.I.	-	3.92±0.32	0.200	0.269	

Tabla 6 (elaboración propia): Valor medio \pm DT obtenido de cada test previo y posterior al sector de ciclismo y resultados de homogeneidad entre grupos.

Anexo 7: Gráficos de los resultados obtenidos en los test de salto durante las dos mediciones

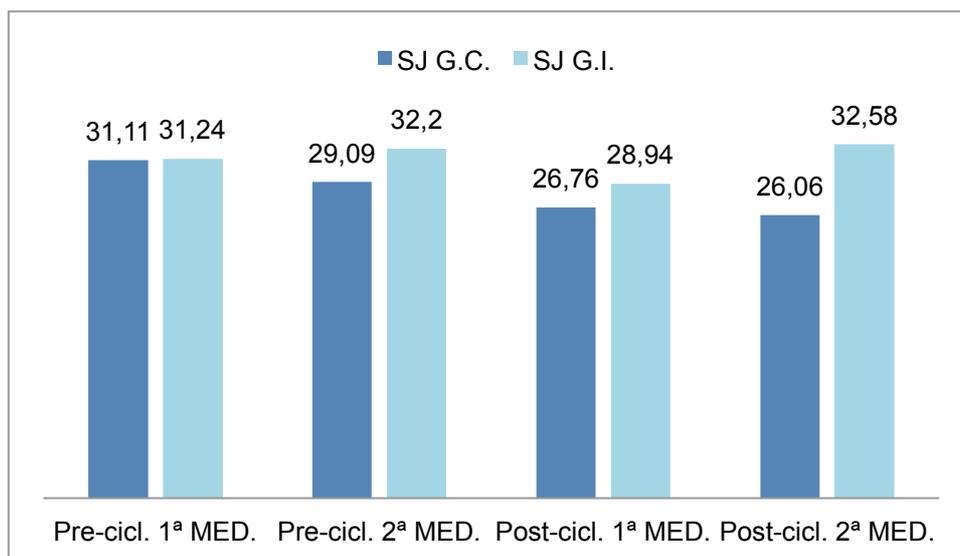


Figura 13 (elaboración propia): valores medios del test SJ durante la primera y segunda medición, previo y posterior al sector de ciclismo respectivamente.

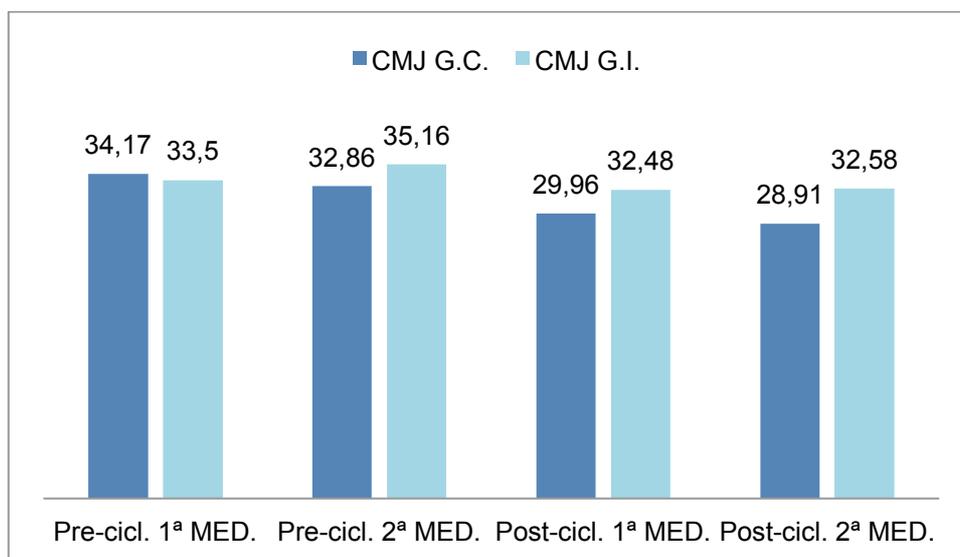


Figura 14 (elaboración propia): valores medios del test CMJ durante la primera y segunda medición, previo y posterior al sector de ciclismo respectivamente.

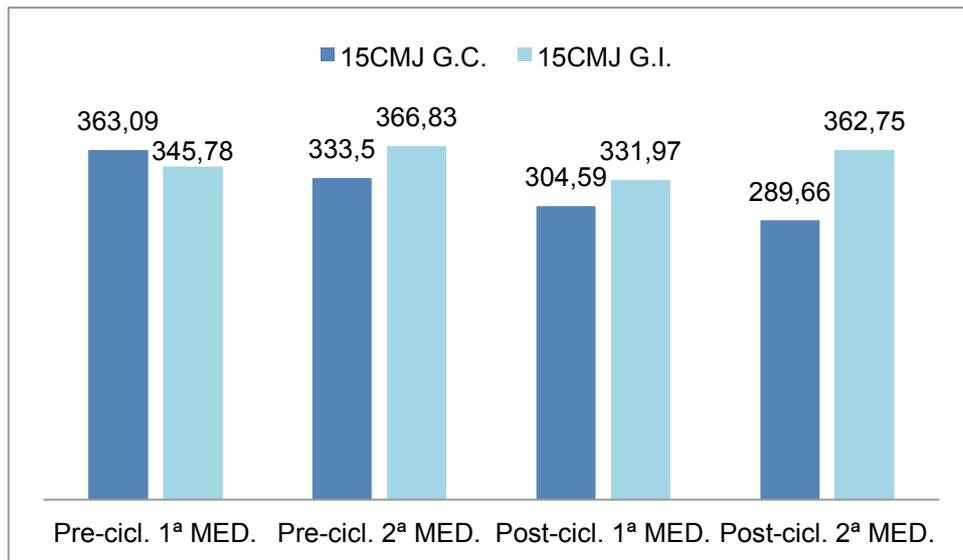


Figura 15 (elaboración propia): valores medios del test 15CMJ durante la primera y segunda medición, previo y posterior al sector de ciclismo respectivamente.

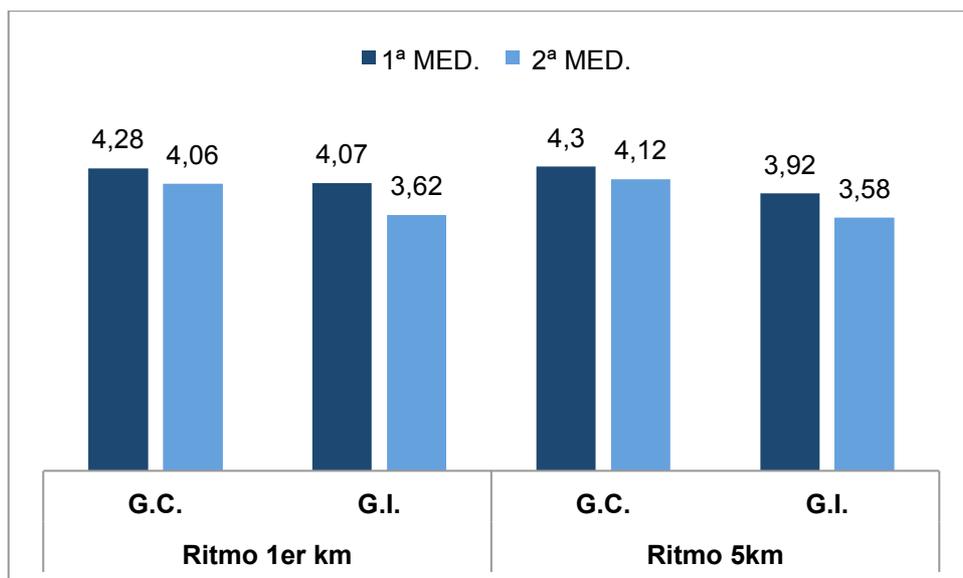


Figura 16 (elaboración propia): valores medios de los ritmos de carrera a pie durante la primera y segunda medición para el grupo control y el grupo intervención.

Anexo 8: Análisis inferencial

		Prueba de efectos intrasujeto		Comparación por pares (Tiempo*Grupo)					
		Tiempo	Tiempo*grupo	PRE1-POST1	PRE1-PRE2	PRE1-POST2	POST1-PRE2	POST1-POST2	PRE2-POST2
SJ	G.C.	0.001	0.003	0.004	0.398	<0.001	0.822	1.000	0.095
	G.I.			0.314	1.000	0.678	0.509	0.038	1.000
CMJ	G.C.	<0.001	0.090	0.078	0.913	0.006	0.274	1.000	0.003
	G.I.			1.000	0.774	1.000	0.631	1.000	0.121
15CMJ	G.C.	0.004	0,003	<0.001	0.231	0.005	0.173	1.000	0.273
	G.I.			1.000	1.000	1.000	0.159	0.543	1.000

Tabla 7 (elaboración propia): Análisis ANOVA de los test de salto por grupos.

(PRE=test previos al sector de ciclismo, POST= test posteriores al mismo, en la primera o segunda medición respectivamente).

		Medición inicial	A las 8 semanas	DIF	Análisis intergrupar	Análisis intragrupal
		Ritmo 1 ^{er} km	G.C.	4.28± 0.52	4.06± 0.40	0.22± 0.3
	G.I.	4.07± 0.07	3.62± 0.26	0.45± 0.25	0.015	
Ritmo 5km	G.C.	4.30± 0.49	4.12± 0.32	0.18± 0.34	0.418	0.155
	G.I.	3.92± 0.32	3.58± 0.39	0.29± 0.33		0.083

Tabla 8 (elaboración propia): Prueba T-Student para muestras relacionadas, para la variable ritmo de carrera.