

EFECTO DE LA FATIGA MENTAL SOBRE EL RENDIMIENTO EN TAREAS DE RESISTENCIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

THE EFFECT OF MENTAL FATIGUE ON PERFORMANCE IN ENDURANCE TASKS: A SYSTEMATIC REVIEW

Irene Mera-González¹ 

David Colomer-Poveda^{1, 2} 

Virginia López-Alonso¹ 

Gonzalo Márquez¹ 

¹ Departamento de Educación Física y Deporte, Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física, Universidad de A Coruña, A Coruña, España

² Centro de Estudios del Deporte, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España

Autor para la correspondencia:
Gonzalo Márquez, gonzalo.marquez@udc.es

Título abreviado:
Fatiga Mental y Rendimiento Físico

Cómo citar el artículo:
Mera-González, I., Colomer-Poveda, D., López-Alonso, V. & Márquez, G. (2025). Efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en tareas de resistencia: una revisión sistemática. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 20(63), 2269. <https://doi.org/10.12800/ccd.v20i63.2269>

Recibido: 12 julio 2024 / Aceptado: 16 enero 2025

Resumen

La fatiga mental puede afectar, no solo al rendimiento cognitivo, sino también al rendimiento físico. Por ello, el objetivo principal del presente estudio fue revisar la literatura existente acerca de la influencia de la fatiga mental sobre la capacidad para soportar esfuerzos físicos mantenidos (tareas de resistencia). Para ello se llevó a cabo una búsqueda sistemática en la literatura existente en las bases de datos online Web Of Science, PubMed y Scopus con la siguiente estrategia de búsqueda: *mental fatigue o cognitive fatigue y exercise o endurance y time to exhaustion o time trial o running o cycling*. Se incluyeron un total de 28 artículos, que comprendían 29 intervenciones con una calidad metodológica alta (rango 6-8 puntos de 10 posibles) medida mediante la escala PEDro. Un 86% de las intervenciones analizadas muestran que la fatiga mental reduce el rendimiento en la prueba de resistencia utilizada en comparación con una condición control sin fatiga mental. Además, la fatiga mental incrementa la percepción subjetiva del esfuerzo, sin alterar la frecuencia cardiaca o la concentración de lactato sanguíneo. Por tanto, los resultados obtenidos destacan la importancia de evitar cualquier actividad que implique altas demandas cognitivas previas a las sesiones de entrenamiento o competiciones deportivas, debido a los efectos perjudiciales sobre el rendimiento en tareas de resistencia.

Palabras clave: Fatiga cognitiva, rendimiento físico, tareas de tiempo hasta la extenuación, contrarreloj, carrera, ciclismo.

Abstract

Mental fatigue affects not only cognitive performance, but also physical performance. The main objective of this study was to review the existing literature on the influence of mental fatigue on the ability to withstand sustained physical efforts (endurance tasks). For this purpose, we performed a systematic literature review in the online databases Web Of Science, PubMed and Scopus with the following search terms and Boolean conjunctions: *mental fatigue or cognitive fatigue and exercise or endurance and time to exhaustion or time trial or running or cycling*. A total of 28 articles, comprising 29 interventions, were included with a high methodological quality (range: 6-8 points out of 10 possible) measured using the PEDro scale. A total of 86% of the included interventions show that mental fatigue reduces performance in the endurance tests compared to a control condition without mental fatigue. In addition, mental fatigue increases the subjective perception of effort, without altering heart rate or blood lactate concentration. Therefore, the results show the importance of avoiding any activity that involves high cognitive demands prior to training or competition events, due to the detrimental effects on endurance capacity.

Keywords: Cognitive fatigue, physical performance, endurance, time to exhaustion, time trial, running, cycling.



This work is [licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Introducción

La fatiga mental se define como un estado psicobiológico que puede surgir durante o después de actividades cognitivas. El aumento de los índices de fatiga influye en la capacidad cognitiva de actuación durante períodos prolongados de esfuerzo físico exigente. Se caracteriza por la sensación de cansancio, la disminución del compromiso, y por tanto una mayor aversión a continuar con la actividad actual (Van Cutsem et al., 2017). Es decir, la fatiga mental va más allá de la cognición, pues también implica un componente emotivo y motivacional significativo (Van Cutsem et al., 2017). Aunque el tiempo total dedicado a una tarea cognitiva exigente influye sobre el nivel de fatiga, tareas con una duración de tan sólo 30 minutos son capaces de producir niveles significativos de fatiga mental (Boksem & Tops, 2008; MacMahon et al., 2019; Pageaux et al., 2014; Salam et al., 2018). La fatiga mental es diferente y no debe confundirse con la fatiga crónica y el deterioro cognitivo asociado con envejecimiento o enfermedad. A diferencia de la fatiga mental, en dichas condiciones, los sentimientos subjetivos de fatiga y deterioro cognitivo son crónicos, y no necesariamente relacionados con un esfuerzo mental (Smith et al., 2015).

Estas conclusiones han sido corroboradas en otros estudios que, además, sugieren que el deterioro sobre el rendimiento físico inducido por la fatiga mental es más pronunciado en aquellas tareas que involucran grandes grupos musculares durante períodos prolongados de ejercicio exigente (> 75 s), tales como tareas de tiempo hasta la extenuación (MacMahon et al., 2019; Marcora et al., 2009; Salam et al., 2018) o pruebas contrarreloj (Filipas et al., 2020; Penna et al., 2018; Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018) en comparación con ejercicios que implican una menor duración (Martin et al., 2019). Sin embargo, no todos los estudios corroboran la influencia negativa de la fatiga mental sobre el rendimiento físico en tareas de resistencia (MacMahon et al., 2019; Martin et al., 2019; Penna et al., 2021). En consecuencia, todavía se requiere más evidencia para establecer cualquier conclusión firme sobre el posible vínculo entre la fatiga mental y el rendimiento del ejercicio físico (Holgado et al., 2020).

Por tanto, la presente revisión sistemática tiene como objetivo determinar el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en tareas de resistencia en movimientos dinámicos multiarticulares que involucren grandes masas musculares (p.ej. correr, pedalear o remar), tales como pruebas de tiempo hasta la extenuación o pruebas contrarreloj. Además de analizar sus efectos sobre el rendimiento en dichas tareas, se examinarán sus efectos sobre distintos parámetros indicadores del esfuerzo a nivel cardiovascular (frecuencia cardíaca) y metabólico (concentración de lactato sanguíneo) así como a nivel perceptivo (percepción subjetiva del esfuerzo). La hipótesis inicial es que la fatiga mental derivada de una tarea realizada previamente, influirá negativamente sobre el rendimiento en actividades de larga duración posteriores, y que dicho deterioro en el rendimiento irá acompañado de mayores índices de esfuerzo percibido, esfuerzo cardiovascular y metabólico.

Métodos

La presente revisión sigue las recomendaciones de los "ítems de referencia para publicar Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: la declaración PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (Page et al., 2021).

Fuentes de Datos y Estrategias de Búsqueda

La búsqueda realizada contiene todos aquellos estudios que han sido publicados entre el año 2009 hasta el pasado 31 de marzo del 2022 en las bases de datos online Web of Science, PubMed y Scopus. Tras diversas combinaciones de los términos, se seleccionó un algoritmo de búsqueda definitivo con los siguientes conectores booleanos: *mental fatigue* o *cognitive fatigue* y *exercise* o *endurance* y *time to exhaustion* o *time trial* o *running* o *cycling*.

Selección de Estudios y Criterios de Elegibilidad

La estrategia de búsqueda descrita se realizó por dos autores independientes (IMG y GM), los cuales eliminaron las repeticiones y analizaron los estudios restantes para determinar si cumplían con los requisitos necesarios para su inclusión. Dicha revisión preliminar consistió en el escrutinio de los títulos y resúmenes de cada uno de los artículos, excluyendo aquellos que no cumplían con los criterios para ser incluidos. En el caso de que la lectura del título o el resumen no fuera suficiente para determinar la inclusión del artículo en la revisión, se realizó una revisión pormenorizada de los mismos, examinándose su versión completa. Para determinar la inclusión o exclusión de los estudios se siguió el enfoque PICOS (Harris et al., 2014) con los siguientes criterios: (1) Población: Adultos humanos sanos que realicen tanto actividad física o deporte por recreación o de forma profesional. (2) Intervención: Tarea cognitiva que induzca fatiga mental previa a la realización de una prueba de resistencia con una duración \geq a 30 minutos. (3) Comparador: Condición control en la que se sustituye la tarea que induce fatiga mental por otra con baja carga cognitiva. (4) Variables: Rendimiento en pruebas de resistencia de cuerpo entero con una duración superior a 75 s, se incluyeron pruebas contrarreloj por tiempo o por distancia, tareas hasta la extenuación o test de carga incrementales. (5) Diseño del estudio: Estudios controlados, cruzados y aleatorizados. Además, se excluyeron revisiones sistemáticas y/o metaanálisis, estudios donde se analizaban estrategias para la reducción de la fatiga mental y/o física que se llevaban a cabo durante las propias condiciones experimentales, estudios donde se realizaban las pruebas en condiciones de temperatura específicas de frío y/o calor, y los estudios en los que los participantes no eran humanos o estaban diagnosticados clínicamente por cualquier condición patológica.

Extracción y Síntesis de los Datos

Uno de los autores (IMG) extrajo, los siguientes datos de los estudios incluidos: información del estudio (autores y fecha de publicación), características de la muestra (tamaño, sexo y edad de los sujetos y tipo de práctica deportiva), prueba de rendimiento específica realizada, tipo de tratamiento y duración (prueba experimental y condición control), y resultados, tanto de la variable principal vinculada al rendimiento en la tarea, como los resultados complementarios vinculados a las variables fisiológicas y/o perceptivas.

Respecto a la variable principal, está fue diferente dependiendo del tipo de prueba utilizado en cada estudio. En una prueba de carga constante hasta el agotamiento la variable principal es el tiempo que el participante es capaz de mantener un esfuerzo determinado hasta la extenuación. En las pruebas contrarreloj por distancia la variable principal también será el tiempo, en este caso el invertido en recorrer una determinada distancia. Sin embargo, en pruebas contrarreloj por tiempo, la variable principal será la distancia recorrida en un tiempo determinado, la potencia de pedaleo (en caso de prueba en cicloergómetro o remoergómetro) o la velocidad media durante el recorrido. En las pruebas de esfuerzos intermitentes (p.ej. YO-YO IR1), las variables principales serán la distancia recorrida, el tiempo o la intensidad determinada a través de la velocidad media o máxima.

Las variables complementarias o secundarias constituyen variables fisiológicas que complementan y apoyan las conclusiones del resultado de la variable principal obtenida. En la presente revisión sistemática, se incluyen como objeto de estudio la frecuencia cardíaca, el consumo máximo de oxígeno, la acumulación de lactato en sangre, y la percepción subjetiva del esfuerzo.

Evaluación de la Calidad de los Estudios y del Riesgo de Sesgo

Tabla 1
Calidad Metodológica

Artículo	Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Puntuación total
Marcora et al. (2009)		S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7
Brownsberger et al. (2013)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Macmahon et al. (2014)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Pageaux et al. (2014)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Smith et al. (2015)		S	S	N	S	S	N	N	S	S	S	S	6
Smith et al. (2016)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Martin, Staiano et al. (2016)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Greco et al. (2017)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Veness et al. (2017)		S	S	N	S	S	N	N	S	S	S	S	7
Penna et al. (2018)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Penna et al. (2018)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Pires et al. (2018)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Salam et al. (2018)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Filipas et al. (2018)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Silva-Cavalcante et al. (2018)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Brown Denver et al. (2019)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Filipas et al. (2019)		S	S	S	N	N	N	N	S	S	S	S	6
Holgado et al. (2019)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Martin et al. (2019)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Macmahon et al. (2019)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Staiano et al. (2019)		S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	7
Barzegarpour et al. (2020)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Lopes et al. (2020)		S	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	8
Filipas et al. (2020)		S	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	7
Penna et al. (2021)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Filipas et al. (2021)		S	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	7
Weerakkody et al. (2021)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Lam et al. (2021)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6

Nota. S = Cumple el criterio, N = No cumple el criterio, 1 = Criterios de elección especificados, 2 = Asignación aleatoria, 3 = Asignación oculta, 4 = Grupos similares antes de la intervención con respecto a la variable clave, 5 = Sujetos cegados con respecto a la asignación de grupos, 6 = Terapeutas cegados con respecto a la pertenencia de un sujeto a un grupo u otro, 7

= Evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados, 8 = Medidas de los resultados clave obtenidas de más del 85% de la muestra, 9 = Resultados de todos los sujetos que recibieron el tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos de al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar", 10 = Comparaciones estadísticas entre grupos, 11 = Medidas puntuales y de variabilidad.

Para conocer y determinar la calidad metodológica de los estudios incluidos se utilizó la escala "PEDro" (<https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>), la cual ha demostrado ser lo suficientemente fiable para su utilización en revisiones sistemáticas. Esta escala consta de 11 criterios, de los cuales el primero no tiene valor en la puntuación "PEDro". Cada criterio se evaluó con "S" (S = si cumple el criterio) y con "N" (N = no cumple el criterio), concediéndole la puntuación de "S" únicamente cuando el criterio se cumple claramente. La puntuación máxima que se puede obtener será de 10 puntos si se cumplen todos los criterios. Los estudios incluidos con una puntuación PEDro $\geq 6/10$ se consideraron de alta calidad, mientras que aquellos con puntuaciones más bajas, se consideraron como metodológicamente de baja calidad. La calidad metodológica de cada estudio fue calificada por tres revisores (IMG, GMS, DCP). Toda la información sobre la evaluación de la calidad se sintetiza en la tabla 1.

Para comprender la confiabilidad de los hallazgos presentados, se incluye un gráfico que refleja la evaluación del riesgo de sesgo con la herramienta RoB.2 implementado a través de la versión en línea de *Review Manager*. Esta refleja el conocimiento actual sobre como las causas de sesgo pueden influir en los resultados y contiene las formas más apropiadas para evaluar este riesgo. Los juicios sobre cada uno de los dominios que ofrece pueden ser "bajo", presentar "algunas preocupaciones" o de "alto" riesgo de sesgo. La información se muestra en la figura 1.

Figura 1
Rob.2.0.

Study	Risk of bias domains					Overall
	D1	D2	D3	D4	D5	
Marcora et al. (2009)	+	+	+	+	+	+
Brownsberger et al. (2013)	+	-	+	-	+	-
Macmahon et al. (2014)	+	-	+	+	+	-
Pageaux et al. (2014)	+	-	+	-	+	-
Smith et al. (2015)	+	+	+	+	+	+
Smith et al. (2016)	+	+	+	+	+	+
Martin et al. (2016)	+	-	+	-	+	-
Greco et al. (2017)	+	-	+	-	+	-
Veness et al. (2017)	+	+	+	-	+	-
Penna et al. (2018)	+	-	+	-	+	-
Penna et al. (2018).	+	-	+	-	+	-
Pires et al. (2018)	+	+	+	-	+	-
Salam et al. (2018)	+	+	+	-	+	-
Filipas et al. (2018)	+	-	+	+	+	-
Silva-Cavalcante et al. (2018)	+	-	+	-	+	-
Brown Denver et al. (2019)	+	+	+	-	+	-
Flipas et al. (2019)	+	+	+	-	+	-
Holgado et al. (2019)	+	+	+	-	+	-
Martin et al. (2019)	+	-	+	-	+	-
Macmahon et al. (2019)	+	+	+	-	+	-
Stalano et al. (2019)	+	+	+	-	+	-
Barzegarpoor et al. (2019)	+	-	+	-	+	-
Lopes et al. (2020)	+	+	+	+	+	+
Filipas et al. (2020)	+	+	+	-	+	-
Penna et al. (2021)	+	+	+	-	+	-
Filipas et al. (2021)	+	+	+	-	+	-
Werakoody et al. (2021)	+	-	+	-	+	-
Lam et al. (2021)	+	-	+	-	+	-

Domains:
D1: Bias arising from the randomization process.
D2: Bias due to deviations from intended intervention.
D3: Bias due to missing outcome data.
D4: Bias in measurement of the outcome.
D5: Bias in selection of the reported result.

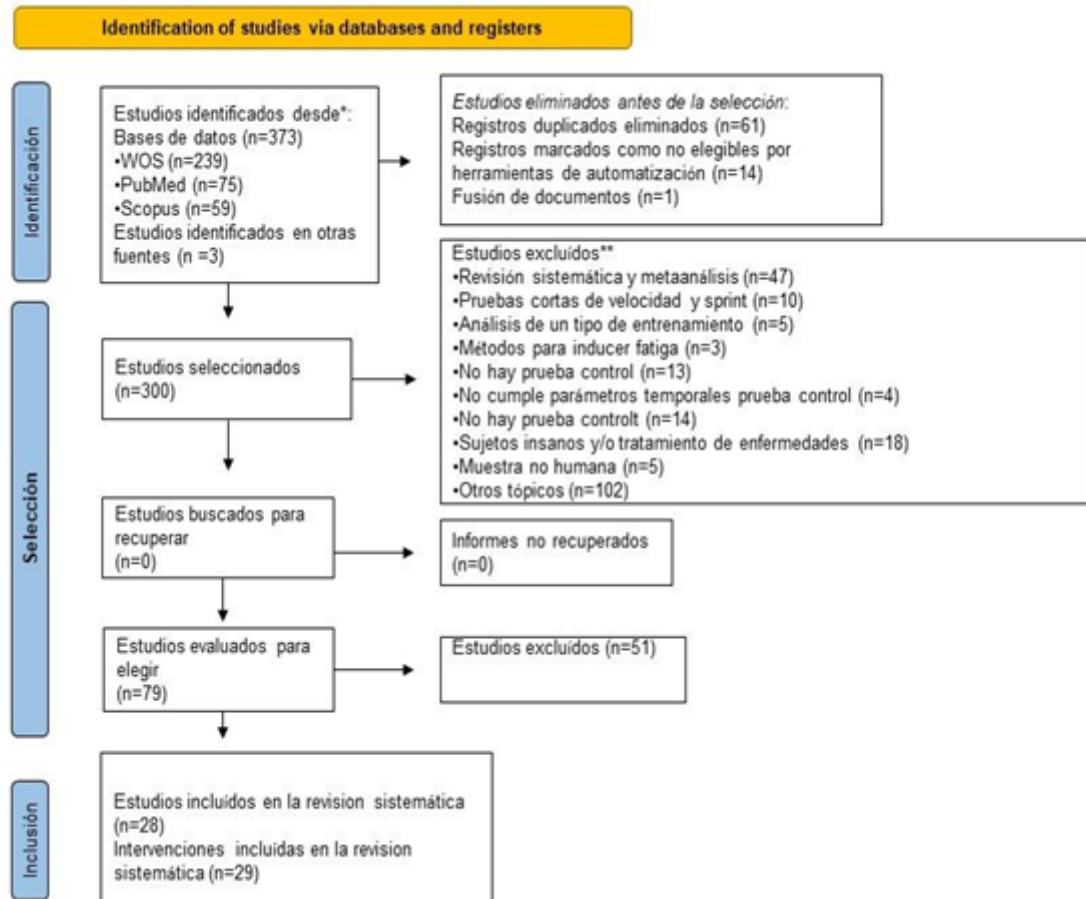
Judgement
- Some concerns
+ Low

Resultados

Resultados de Búsqueda

Tras la búsqueda inicial se identificaron 373 estudios. Tras la eliminación de los duplicados quedaron 311 estudios. Tras revisar el título, resumen o el texto completo donde fuese necesario, se incluyeron un total de 28 estudios. El proceso o secuencia de búsqueda realizada se sintetiza en la figura 2.

Figura 2
Diagrama de Flujo de la Revisión Sistemática



Resultados de la Evaluación de la Calidad y del Riesgo de Sesgo de Publicación

En la tabla 1 se muestran las puntuaciones de calidad de cada uno de los estudios incluidos. La calidad metodológica de los estudios incluidos en la presente revisión es alta según la escala PEDro, puesto que el 100% de los estudios incluidos tenían una calidad ≥ 6 puntos.

Los resultados del juicio del riesgo de sesgo revelan algunas preocupaciones sobre la naturaleza y la fuerza de los efectos de la fatiga mental en el cómputo general en la mayoría de las investigaciones. Estas proceden principalmente del ítem (D2) de riesgo con respecto a la desviación de la intervención prevista y el ítem (D4) de riesgo en la medida de los resultados. La posible presencia de sesgos de información en esta literatura, plantea la necesidad de una mejora en la metodología, detallando y cumpliendo con el cegamiento de los evaluadores para extraer conclusiones firmes sobre el posible efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento físico, entre otros parámetros como la percepción del esfuerzo. Los resultados se muestran en la figura 1.

Características de los Participantes y el Tipo de Prueba de Evaluación del Rendimiento

Toda la información relevante de cada estudio se resume en la tabla 2. Las fechas de publicación de los estudios oscilan entre 2009 y 2021. El tamaño de la muestra varía entre ocho (Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018) y 36 sujetos participantes (Filipas et al., 2021). La edad media de los participantes oscila entre los 40 (Holgado et al., 2019) y los 14 años (Filipas et al., 2021; Greco et al., 2017).

Tabla 2

Síntesis Cualitativa de los Estudios Incluidos en la Revisión Bibliográfica

2.1. EFECTOS DE LA FATIGA MENTAL (FM) EN PRUEBAS DE TIEMPO HASTA EL AGOTAMIENTO					
Estudio	Muestra	Prueba de rendimiento	Tipo y duración del tratamiento	Características metodológicas	Resultados
Marcora et al. (2009)	10 hombres y 6 mujeres. Edad: 26 ± 3 años.	Prueba de carga constante hasta la extenuación al 80% P _{pico}	EXP: AX-CPT. CTR: documentales emocionalmente neutrales. Duración: 90 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> TTE: EXP < CTR (640 ± 316 s vs 754 ± 339 s; p = 0.003). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR FC: n.s. VO ₂ : n.s. La: n.s.
Salam et al. (2018)	11 ciclistas hombres bien entrenados. Edad: 38 ± 6 años.	Prueba de tiempo hasta la extenuación en cicloergómetro al 40, 60, 80 y 100% del VO _{2max}	EXP: versión modificada de stroop word-colour task. CTR: leer una revista deportiva. Duración: 30 min.	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<u>Principal:</u> TTE: EXP < CTR (p < 0.01). 40% VO _{2max} : EXP (648 ± 171) vs CTR (720 ± 180). 60% VO _{2max} : EXP (341 ± 84) vs CTR (422 ± 88). 80% VO _{2max} : EXP (231 ± 65) vs CTR (275 ± 58). 100% VO _{2max} : EXP (156 ± 38) vs CTR (190 ± 38). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (p < 0.01). La: EXP < CTR (p < 0,05). FC: n.s.
Martin et al. (2019)	23 participantes (15 mujeres). Edad: 26 ± 6 años.	Test de pedaleo hasta la extenuación. 80% P _{pico} .	EXP: stroop color task (versión modificada). CTR: ver un documental. Duración: 90 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principales:</u> TTE: CTR = EXP (628 ± 247 s vs 601 ± 245 s; p = 0,074). <u>Complementarios:</u> RPE: n.s.
MacMahon et al. (2019)	13 participantes (3 mujeres). Edad: 19,92 ± 1,75 años.	Test de carrera hasta la extenuación: <i>Beep Test</i> (carrera de 20 m de ida y vuelta).	EXP: incongruent stroop task. CTR: congruent stroop task. Duración: 30 min.	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<u>Principal:</u> Tiempo: EXP < CTR (8:48 ± 2:32 min vs. 9:20 ± 2:28 min; p < 0,01). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (p < 0.001) FC: n.s.
Barzegarpour et al. (2020)	10 ciclistas hombres recreacionales. Edad: 21 ± 3 años. Entrenamiento > 150 km/semana Pico de potencia en test incremental: 320 ± 31 vatios.	Test en cicloergómetro hasta la extenuación al 65% VO _{2max}	EXP: stroop color-word test. CTR: ver una película. Duración: 45 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> TTE: EXP < CTR (67,6 min vs. 95,7 min; p < 0.01). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (p < 0.005) FC: n.s.
Lopes et al. (2020)	30 corredores/as profesionales (15 mujeres) de media y larga distancia (desde 800 m a maratón). Edad: 25 ± 1 años.	Test de carrera hasta la extenuación al 90% VO _{2max}	EXP: incongruent stroop task. CTR: ver un documental. Duración: 45 min.	Estudio cruzado, cegado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> TTE: EXP < CTR (-27,7 s; p = 0,043). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (mujeres: p < 0.001; hombres: p = 0.022) FC: n.s.

2.2. EFECTOS DE LA FATIGA MENTAL (FM) EN PRUEBAS CONTRARRELOJ

Estudio	Muestra	Prueba de rendimiento	Tipo y duración del tratamiento	Características metodológicas	Resultado
Brownsberger et al. (2013)	12 participantes (8 hombres y 4 mujeres) regularmente entrenados/as. Edad: 21 ± 1 años.	2 pruebas contrarreloj de 10 min a potencia autoseleccionada en cicloergómetro a una intensidad de RPE = 11 (ligero) y 15 (intenso), respectivamente.	EXP: prueba de actividad cognitiva continua: tarea de vigilancia. CTR: tarea de observación neutral pasiva de tiempo igualado. Duración: 90 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> La potencia de pedaleo autoseleccionada: EXP < CTR (RPE 11: 83 ± 7 vs. 99 ± 7 W; p = 0.005; RPE 15: 132 ± 9 vs. 143 ± 8 W; p = 0.028).
MacMahon et al. (2014)	20 participantes físicamente activos (2 mujeres). Edad: 25.4 ± 3.24 años.	Prueba de carrera 3.000 m en pista cubierta de 200 m.	EXP: AX-CPT. CTR: documental de TV de historia antes de la I Guerra Mundial. Duración: 90 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Tiempo en 3k: CTR < EXP (11:58, 56 ± 0:48,39 min. vs. 12:11,88 ± 0:48,39 min; p = 0.009). <u>Complementarios:</u> FC: n.s. La: n.s. RPE: n.s.
Pageaux et al. (2014)	12 sujetos físicamente activos, (4 mujeres). Edad: 21 ± 1 años.	Carrera contrarreloj en tapiz rodante de 5km.	EXP: incongruent stroop colour-word task (aprendizaje). CTR: congruent stroop colour-word task (versión modificada). Duración: 30 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Tiempo en 5k: EXP > CTR (24,4 ± 4,9 min vs. 23,1 ± 3,8 min; p=0.008, η ² p = 0.489). <u>Complementarios:</u> FC: n.s. La: n.s. RPE: EXP > CTR.
Martin, Staiano et al. (2016)	20 sujetos varones. 11 ciclistas profesionales. Edad: 23.4 ± 6.4. 9 ciclistas recreativos. Edad: 25,6 ± 5,3.	Contrarreloj en cicloergómetro de 20 min.	EXP: incongruent stroop colour word task. CTR: tarea cognitiva: enfocarse en una cruz negra centrada sobre un fondo blanco que hay en la pantalla. Duración: 30 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Velocidad media: Profesionales: EXP = CTR (44.1 ± 2,2 vs. 44,3 ± 1,8 km/h; p = 0,261). Recreacionales: EXP < CTR (34,3 ± 2,6 vs. 35,5 ± 1,9 km/h, p = 0.003). <u>Complementarios:</u> FC: n.s. La: n.s. RPE: n.s.
Penna et al. (2018)	16 nadadores/as entrenados/as y con experiencia (5 mujeres). Edad: 15.45 ± 0.51 años.	Prueba de natación contrarreloj: 1500 m.	EXP: versión modificada en papel de stroop color-word task. CTR: ver un vídeo sobre la historia de la aviación mundial. Duración: 30 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Velocidad media: EXP < CTR (1,155 ± 0,101 m/s vs. 1,169 ± 0,106 m/s; p < .05). <u>Complementarios:</u> RPE: n.s. FC: n.s.

Pires et al. (2018)	8 ciclistas no profesionales hombres. Edad: 29.3 ± 7.9 años.	Contrarreloj ciclista de 20km.	EXP: RVP test. CTR: permanecer sentados en un asiento; leer una revista opcional. Duración: 30 min.	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<u>Principal:</u> Tiempo: EXP > CTR (34,3 ± 1,3 min vs. 33,4 ± 1,1 min; (p=0.02). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (p=0.002)
Filipas et al (2018)	18 remeros prepuberales (6 mujeres) que entrenan 2 días/semana. Edad: 11 ± 1.06 años.	Prueba contrarreloj de 1500 m en remoergómetro.	EXP: - Intervención 1: stroop task - Intervención 2: test aritmético. CTR: actividad cognitiva de baja demanda (pintura Mandala). Duración: 60 min.	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<u>Principal:</u> Tiempo en 1500 m: n.s. EXP 1 y EXP 2 (445.29 ± 61.52 s y 446.35 y 446.35 ± 62.30 s) > CTR (442.59 ± 63.97 s) <u>Complementarios:</u> FC: n.s. RPE: n.s.
Silva-Cavalcante et al. (2018)	8 hombres ciclistas de carretera. Edad: 33.8 ± 7.2 años.	Prueba contrarreloj en cicloergómetro de 4km.	EXP: AX-CPT. CTR: ver dos episodios de una serie en su lengua materna. Duración: 90 min.	Estudio cruzado aleatorizado y contrabalanceado y controlado.	<u>Principal:</u> Tiempo: EXP=CTR (376±26 vs. 376±27; p = 0.717). <u>Complementarios:</u> RPE: n.s. VO ₂ : n.s. VE: n.s. FC: n.s.
Brown Denver et al. (2019)	25 estudiantes universitarios (12 mujeres). Edad: 20.16± 1.48 años.	Prueba contrarreloj de 30 min a una potencia autoseleccionada	EXP: AX-CPT. CTR: ver un documental y registrar el número de veces que aparece la palabra "agua". Duración: 50 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Trabajo total (kj) durante las sesiones de pedaleo de 30 minutos: CTR > EXP (189,6 ± 14,6 vs. 176,5 ± 13,1 kj).
Filipas et al. (2019)	10 ciclistas de carretera hombres sub-23. Edad: 20.0 ± 1.2 años. VO _{2max} : 69.0 ± 4.4 mL · min ⁻¹ · kg ⁻¹ ; > 300 km/semana, > 3 años de experiencia	Contrarreloj en cicloergómetro.	EXP: stroop color-word task modificada CTR: ver un vídeo. Duración: 30 min.	Estudio cruzado, contrabalanceado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Potencia media: EXP < CTR (287 ± 23 W vs. 295 ± 23 W; p =0,007). <u>Complementarios:</u> FC: n.s. La: n.s. RPE: n.s.
Holgado et al. (2019)	28 ciclistas masculinos entrenados. Edad: 27.03 ± 7.41 años. Entrenamiento semanal > 6h/semana.	Contrarreloj en cicloergómetro de 20 min.	EXP: tarea dual (tarea n-back y tarea física) CTR: tarea física exclusivamente. Duración: 4 bloques que suman un total de 20 min + 10 min.	Estudio aleatorizado y contrabalanceado.	<u>Principal:</u> Potencia media: EXP=CTR (222 W (95 % CI 206,4-237,6) vs 217 W (95 % CI 201.9-232.1)). <u>Complementarios:</u> FC: n.s. RPE: n.s.

Staiano et al. (2019)	13 kayakistas de élite del equipo nacional sub-17.	Contrarreloj de 2000 m en kayak.	<p>EXP: versión modificada de stroop colour word task.</p> <p>CTR: ver un documental neutral.</p>	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<p><u>Principal:</u> Tiempo 2k: EXP > CTR (552± 30 s vs. 521±36 s).</p> <p><u>Complementarios:</u> La: EXP > CTR (ES =-1.09). FC: EXP < CTR (ES =de -0,28 a -0,44). RPE: EXP > CTR (ES =moderados).</p>
	Edad: 16.4± 0.8 años.		Duración: 60 min.		
Filipas et al (2020)	20 voluntarios/as no entrenados/as (14 mujeres).	Contrarreloj en cicloergómetro de 15 min.	<p>EXP: batería cognitiva que contiene las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 15-min flanker task; 0-min go/no-go task; 10-min of a 2-back task; and 10-min of a working memory task. - 40 min incongruent stroop colour – word task. - 5 min task-switching (flanker task). <p>CTR: mirar a una pantalla en blanco.</p> <p>Duración: EXP: 90 min (a: 45 min; b: 40 min-5 min).</p> <p>CTR: 15 min.</p>	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<p><u>Principal:</u> Distancia recorrida: EXP< CTR (diferencia media: -223 m; IC del 95%: -137 a -309; p < 0,001).</p>
Penna et al. (2021)	10 nadadores máster con experiencia.	Test de natación de 800 metros en piscina olímpica.	<p>EXP: incongruent stroop color test.</p> <p>CTR: ver un vídeo emocionalmente neutral.</p> <p>Duración: 45 min.</p>	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<p><u>Principal:</u> Tiempo en 800 m: EXP =CTR (695±45 vs. 692±42 s).</p> <p><u>Complementarios:</u> RPE: n.s.</p>
Lam et al. (2021) (Estudio 2)	9 corredores/as recreacionales (2 mujeres).	Estudio 2: carrera de 5k en tapiz rodante.	<p>EXP: incongruent stroop test.</p> <p>CTR: documental emocionalmente neutral.</p> <p>Duración: 30 min.</p>	Estudio con aleatorización simple y controlado.	<p><u>Estudio 2</u> <u>Principal:</u> Tiempo en 5K: EXP > CTR (24, 1 vs 23, 6 min; ES=0,2, pequeño).</p> <p><u>Complementarios:</u> RPE: n.s. FC: n.s.</p>

2.3. EFECTOS DE LA FATIGA MENTAL (FM) EN PRUEBAS HASTA LA EXTENUACIÓN DE CARÁCTER INTERMITENTE

Estudio	Muestra	Prueba de rendimiento	Tipo y duración del tratamiento	Características metodológicas	Resultado
Smith et al. (2015)	10 hombres que practican deportes de equipo. Edad: 22 ± 2.	Protocolo de carrera intermitente-45 min.	EXP: AX-CPT. CTR: documentales emocionalmente neutrales. Duración: 90 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Velocidad media: EXP < CTR (1,50 ± 0,18 m/s vs. 1,54 ± 0,18 m/s; p =0.022). <u>Complementarios:</u> FC: n.s. La: n.s. VO ₂ : EXP < CTR (p =0.007).
Smith et al. (2016) (Estudio 1)	12 jugadores de fútbol hombres, moderadamente entrenados. Edad: 24 ± 0,4.	Yo-Yo IR1.	EXP: incongruent stroop color-word task. CTR: lectura a un ritmo pausado de una selección de revistas de temas variados. Duración: 30 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Distancia recorrida: EXP < CTR (1203 ± 402 vs. 1410 ± 354; p < 0.001). <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (p < 0.001). FC: n.s.
Greco et al. (2017) (Estudio 1)	16 jóvenes futbolistas hombres, jóvenes y sanos. Edad: 15.0 ± 1.1 años.	Yo-Yo IR1.	EXP: actividad de carácter motivante y competitiva que consistía en dibujar figuras en la pantalla del teléfono para resolver acertijos, propuestos por una app ("Brain It On"). CTR: actividades habituales previas al entrenamiento de los sujetos. Duración: - EXP: 30 min. - CTR: no se detalla.	Diseño cruzado aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<u>Principal:</u> Distancia: EXP < CTR (1610 ± 135 m vs. 1780 ± 249 m; p =0.0460) <u>Complementarios:</u> RPE: n.s.
Veness et al. (2017)	10 hombres jugadores de cricket de élite. Edad: 21 ± 8 años.	Yo-Yo IR1.	EXP: stroop task. CTR: lectura de revistas de un contenido neutro. Duración: - EXP: 30 min. - CTR: 30 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (1732 ± 402 m vs 1892 ± 357 m; p =0,023). <u>Complementarios:</u> RPE _{sesión} : EXP > CTR (p =0.001). n.s.
Penna et al. (2018)	12 jugadores de balonmano de nivel regional. Edad: 17.50 ± 3.63	Yo-Yo IR1.	EXP: versión modificada en papel de stroop color-word task. CTR: ver un vídeo emocionalmente neutral sobre la historia de la aviación mundial. Duración: 30 min.	Estudio cruzado y aleatorizado y controlado.	<u>Principal:</u> Distancia recorrida: EXP < CTR (655 ± 182,5 m vs. 720 ± 145; p < 0.05) <u>Complementarios:</u> RPE: EXP > CTR (p < 0.001) La: n.s.

Filipas et al. (2021)	36 jugadores de fútbol. Edad: 12 sub-14, 12 sub-16 y 12 sub-18.	Yo-Yo IR1.	EXP: versión en ordenador incongruente modificada de incongruent stroop colour word task (computerizada). CTR: lectura pausada de revistas. Duración: - EXP: 30 min. - CTR: 15 min.	Ensayo cruzado aleatorio contrapesado y controlado.	Principal: Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (sub-14=-12%, sub-16=-15%, y sub-18=-18 %; p < 0.05; p < 0.01; p < 0.001, respectivamente). Complementarios: FC: EXP > CTR (iso-time comparison; p < 0.05). RPE: EXP > CTR (iso-time comparison; p < 0.05).
Weerakkody et al. (2021)	25 participantes hombres. Edad: 23.8±4.6 años.	Yo-Yo IR1.	EXP: prueba de stroop de 30 x 60 s. CTR: visionado de documental de naturaleza emocionalmente neutro en un ambiente tranquilo. Duración: - EXP: 35 min. - CTR: 30 min.	Ensayo cruzado aleatorio y controlado.	Principal: Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (1040.00±492.75 vs 1182.40±537.78). Complementarios: FC: n.s. RPE: EXP > CTR (p=0.06) n.s.
Lam et al. (2021) (Estudio 1)	9 hombres deportistas recreacionales (varios deportes). Edad: 22 ± 2.6 años.	Yo-Yo IR1.	EXP: incongruent stroop test CTR: documental emocionalmente neutral. Duración: 30 min	Estudio con aleatorización simple y controlado.	Principal: Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (-55.6 ± 37.1 m; ES=0,51, moderado) Complementarios: RPE: EXP > CTR (ES=0,33, moderado).

Note. RPE: índice de esfuerzo percibido; EXP: prueba experimental; CTR: prueba control; p: probabilidad; W: vatios; AX-CPT: AX-Continuous Performance; k: km; min: minutos; FC: frecuencia cardíaca; La: acumulación de lactato en sangre; km/h: kilómetros por hora; RVP-test: (Rapid Visual Information Processing); VE: velocidad estimada; VO₂: consumo máximo de oxígeno; mL.min: mililitros por minuto; m: metros; GXT: Graded Cardiovascular Exercise Test ;kj: kilojulios; IC: intervalo de confianza; Yo-Yo IR1: Yo-Yo Intermittent Recovery Test; RPE_{sesión}: índice de esfuerzo percibido en la sesión.

En relación al sexo de los participantes, no existen estudios exclusivos de mujeres, y tan sólo en algunos de ellos forman parte de la muestra Brown & Bray, 2019; Brownsberger et al., 2013; Filipas et al., 2018; Lam et al., 2021; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2014, 2019; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019; Penna et al., 2018). En dichos estudios, en tan sólo dos de ellos la participación femenina supera a la masculina (Filipas et al., 2020; Martin et al., 2019).

Respecto al bagaje motor de los participantes en los diferentes estudios, generalmente (n= 23) se trata de participantes físicamente activos excepto en uno, donde los participantes son adultos jóvenes desentrenados (Filipas et al., 2020). En 5 estudios no se reporta el bagaje (Brown & Bray, 2019; MacMahon et al., 2019; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019; Weerakkody et al., 2021). Además, de los estudios con participantes entrenados, se distinguen estudios donde se incluyen corredores (Lopes et al., 2020), jugadores de cricket (Veness et al., 2017), ciclistas (Martin, Staiano, Menaspà, et al., 2016; Pires et al., 2018) o kayakistas (Staiano et al., 2019) de carácter profesional. En los restantes casos, los participantes son deportistas recreacionales o no se especifica su nivel de rendimiento. En se establece una comparativa entre los resultados de ambos perfiles poblacionales (Martin, Staiano, Menaspà, et al., 2016).

Para determinar la influencia de la fatiga mental sobre el rendimiento, todos los estudios utilizaron pruebas ejecutadas a intensidades máximas o diferentes intensidades correspondientes al consumo máximo de oxígeno o a una potencia determinada de pedaleo. Concretamente se incluyen estudios que contienen pruebas contrarreloj de una distancia específica de natación (Filho, Penna, Wanner, et al., 2018; Penna et al., 2021), de remo, de carrera (Lam et al., 2021; MacMahon et al.,

2014; Pageaux et al., 2014), de ciclismo Brownsberger et al., 2013; Filipas et al., 2019; Martin, Staiano, Menaspà, et al., 2016; Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018), o pruebas en las que se analiza el tiempo hasta la extenuación mediante un test de carga constante (Barzegarpour et al., 2020; Lopes et al., 2020; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019) o de carga incremental (MacMahon et al., 2019; Salam et al., 2018). También se han contemplado pruebas de rendimiento de carácter intermitente tanto continuos (Smith et al., 2015) como intermitentes (p.ej.: Yo-Yo IR1) (Filipas et al., 2021; Greco et al., 2017; Lam et al., 2021; Penna et al., 2018; Smith et al., 2016; Veness et al., 2017; Weerakkody et al., 2021) que también cumplían con los criterios de inclusión preestablecidos.

Resultados Sobre la Variable Clave en Función del Tipo de Prueba

Tiempo Hasta la Extenuación

Respecto a la frecuencia cardíaca durante la tarea de tiempo hasta la extenuación, ninguno de los estudios que la midió (Barzegarpour et al., 2020; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2019; Salam et al., 2018) encuentra diferencias entre la condición experimental y la condición control. Respecto al lactato sanguíneo, los resultados son poco concluyentes, puesto que un estudio no reporta diferencias entre condiciones (Marcora et al., 2009), mientras que los resultados de (Salam et al., 2018b) sugieren una mayor acumulación de lactato en la prueba control que en las pruebas realizadas tras una actividad cognitiva exigente.

Pruebas Contrarreloj

Diversos estudios (n = 8) utilizaron pruebas contrarreloj en las que los participantes debían completar una distancia determinada en el menor tiempo posible. La mayor parte de ellos, independientemente de que la prueba fuera en cicloergómetro (Pires et al., 2018), kayak (Staiano et al., 2019) o carrera en tapiz rodante (Lam et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Pageaux et al., 2014), observaron un aumento en el tiempo necesario para completar la distancia objetivo en la condición de agotamiento cognitivo. Sin embargo, cuatro de los siete estudios que incluyeron este tipo de prueba no observaron un efecto negativo de la fatiga mental sobre el rendimiento tanto en cicloergómetro (Silva-Cavalcante et al., 2018), natación (Penna et al., 2021), como en remo-ergómetro (Filipas et al., 2018).

Otros estudios que incluían pruebas contrarreloj distintas, en las que se medía, en un tiempo predeterminado, la máxima distancia recorrida (Filipas et al., 2020), la potencia (Holgado et al., 2019) o el trabajo generado en (Brown & Bray, 2019), o la velocidad media en nadadores (Filho, Penna, Wanner, et al., 2018), muestran de forma consistente una reducción del rendimiento en las condiciones donde se producía fatiga mental previa a la prueba, exceptuando (Holgado et al., 2019). Si bien, las respuestas obtenidas en los resultados de un estudio muestran que los efectos de la fatiga mental sobre una tarea contrarreloj en cicloergómetro en la que los participantes debían recorrer la máxima distancia posible en 20 minutos podrían verse influenciadas por la experiencia de los propios participantes, no dándose diferencias entre la condición control y experimental en ciclistas profesionales, pero sí en recreacionales (Martin, Staiano, Menaspà, et al., 2016).

No obstante, respecto a las variables perceptivas, la percepción subjetiva del esfuerzo fue mayor en condiciones de fatiga mental en tan sólo 4 de 15 estudios (Brownsberger et al., 2013; Pageaux et al., 2014; Pires et al., 2018; & Staiano et al., 2019). (Filipas et al., 2018, 2019; Holgado et al., 2019; Lam et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Martin, Staiano, Menaspà, et al., 2016; Pageaux et al., 2014; Penna et al., 2018; & Silva-Cavalcante et al., 2018) se reporta que las diferencias entre condiciones no son significativas. Tan sólo un estudio (Staiano et al., 2019) reporta valores más bajos de frecuencia cardíaca en la condición experimental durante una prueba contrarreloj de 2,000 metros realizada por kayakistas, cuando se comparan con la condición control. Para el lactato sanguíneo, tenemos que cuatro estudios (Filipas et al., 2019b; MacMahon et al., 2014; Martin, Staiano, Menaspà, et al., 2016; Pageaux et al., 2014) establecen que la acumulación de lactato no reporta diferencias entre condiciones. De nuevo, Staiano et al. (2019) reportan mayores niveles de lactato en sangre en la condición experimental que en la condición de control.

Resultados de las Pruebas de Carácter Intermitente

En la presente revisión se incluyeron un total de ocho artículos que analizan los efectos de la fatiga mental sobre el rendimiento en pruebas de resistencia de carácter intermitente. La variable principal que nos informa sobre el rendimiento de los sujetos en las pruebas es la distancia recorrida (Filipas et al., 2021; Greco et al., 2017; Lam et al., 2021; Penna, Filho, Campos, et al., 2018; Smith et al., 2016; Veness et al., 2017; Weerakkody et al., 2021; (Filipas et al., 2021; Greco et al., 2017; Lam et al., 2021; Penna, Filho, Campos, et al., 2018; Smith et al., 2016; Veness et al., 2017; & Weerakkody et al., 2021) excepto en un estudio (Smith et al., 2015) donde se utiliza la velocidad media. El resultado de la variable principal nos confirma que, en este tipo de pruebas, tanto la velocidad media como la distancia recorrida, son menores cuando los participantes han sido sometidos a una tarea cognitiva exigente previa.

Por otro lado, todos los artículos han estudiado la percepción subjetiva de esfuerzo en este tipo de pruebas, aportando unos resultados que confirman el efecto de la fatiga mental en la prueba experimental, aumentando esta variable con respecto a la condición control. Respecto a la frecuencia cardíaca (Filipas et al., 2021; Smith et al., 2015; Weerakkody et al.,

2021) tan sólo uno (Filipas et al., 2021) reporta una mayor frecuencia cardíaca en la condición con fatiga mental respecto a la condición control. La acumulación de lactato durante este tipo de pruebas tampoco parece verse influenciada por la inducción de fatiga mental previa (Filho, Penna, Campos, et al., 2018; Smith et al., 2015).

Discusión

El principal objetivo de la presente revisión sistemática fue determinar el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en tareas de resistencia realizadas en ejercicios dinámicos multiarticulares que involucren grandes masas musculares (p.ej: pedaleo en bicicleta, carrera, natación, etc.). Tras el análisis de las 29 intervenciones incluidas en esta RS, los resultados principales muestran que, independientemente del tipo de prueba incluida para evaluar el rendimiento, un 86% de las intervenciones analizadas (25 de 29 intervenciones) muestran que la fatiga mental reduce el rendimiento en la prueba de resistencia utilizada en comparación con una condición control sin fatiga mental. Además, indicadores de esfuerzo como la percepción subjetiva se han visto incrementados por la fatiga mental, mientras que la frecuencia cardíaca o la concentración de lactato sanguíneo no presentan ninguna alteración.

Nuestro análisis revela que el agotamiento cognitivo produce efectos negativos sobre el rendimiento deportivo. Esto se evidenció con una disminución en el tiempo hasta la extenuación, en el aumento de tiempo necesario para completar una contrarreloj con distancia fija (p.ej.: 20 km), una velocidad media menor, una disminución en la potencia autoseleccionada y también en la distancia recorrida durante un test hasta la extenuación de carácter intermitente (YO-YO IR1). Podríamos pensar que el hecho de que los protocolos de fatiga mental no hayan sido los mismos en todos los estudios, haya tenido una influencia en los resultados, pero hasta en un mismo estudio (Filipas et al., 2018) se han realizado dos intervenciones con diferentes tareas cognitivas; la primera una "stroop colour task" y la segunda, un test aritmético, y los resultados de rendimiento apoyan nuestra hipótesis inicial en ambas. De hecho, si tenemos en cuenta los resultados de la síntesis cualitativa utilizada para evaluar el rendimiento físico extraída de la presente revisión sistemática, podemos observar que en el 86% de las intervenciones (25 de 29 estudios) hay un deterioro del rendimiento cuando los sujetos se encontraban fatigados mentalmente.

Únicamente en cinco estudios (Holgado et al., 2019; Martin et al., 2019; Martin, Staiano, Menaspa, et al., 2016; Penna et al., 2021; Silva-Cavalcante et al., 2018) no se ha observado un efecto negativo sobre el rendimiento inducido por la fatiga mental. En este sentido, se incluyen dos estudios que utilizaron un protocolo máximo de 3 minutos (Martin, Staiano, Menaspa, et al., 2016), y un protocolo de 4 km pedaleando en un cicloergómetro respectivamente (Silva-Cavalcante et al., 2018) observando que la fatiga mental no deterioraba el rendimiento. Esta contradicción podría deberse a que la tarea utilizada es, en gran medida, muy dependiente del metabolismo anaeróbico y de baja carga cognitiva al ser tan corta en términos de duración, por lo que las estrategias cognitivas para mantener el esfuerzo a largo plazo no son determinantes (Van Cutsem et al., 2017). En un estudio que valoró los efectos de la fatiga mental a través de la velocidad media en una contrarreloj de 20 minutos en dos perfiles poblacionales diferenciados: deportistas profesionales y recreativos (Martin, Staiano, Menaspa, et al., 2016) los resultados evidenciaron que los ciclistas profesionales se mostraban más resistentes ante los efectos negativos de la fatiga mental sobre un esfuerzo prolongado. Lo mismo ocurría no sólo con la velocidad media, sino que el esfuerzo percibido aumentaba también en menor proporción que en los deportistas no profesionales. Estos hallazgos sugieren que un rendimiento de resistencia exitoso bien sea por cuestiones genéticas o entrenamiento, puede generar un mayor control inhibitorio y resistencia a la fatiga mental (Martin, Staiano, Menaspa, et al., 2016). En este mismo sentido, los resultados obtenidos por Martin et al. (2019) no muestran una influencia negativa de la fatiga mental sobre el rendimiento. Sin embargo, estos autores consideran que los resultados podrían ser debidos a que la muestra se compone de un mayor número de mujeres (15 de 23 participantes son mujeres) que son más resistentes a la fatiga (Ansdell et al., 2020). A pesar de ello, los resultados obtenidos hasta el momento no parecen indicar que existan diferencias en los efectos de la fatiga mental sobre el rendimiento entre hombres y mujeres (Lopes et al., 2020). No obstante, las conclusiones extraídas en cuanto a la relación existente entre el sexo y la fatiga mental en diferentes actividades de larga duración deben tomarse con cautela, debido a la poca investigación (un solo estudio) en este ámbito, y sería recomendable generar nuevas líneas de investigación que realicen un análisis de este factor con mayor profundidad.

Tras el análisis de los resultados y de acuerdo con Martin et al. (2018) se puede observar que, independientemente del tipo de prueba de rendimiento que se haya estudiado, las variables que tradicionalmente se considera que limitan el rendimiento en los deportes de resistencia (frecuencia cardíaca, acumulación de lactato en sangre, etc.) no se ven afectadas por la fatiga mental. Sin embargo, esta asunción es un tanto engañosa, ya que, si tenemos en cuenta que el rendimiento alcanzado en las pruebas físicas realizadas en condiciones de fatiga mental fue, en general, inferior, con unos valores de frecuencia cardíaca y lactato similares, esto nos llevaría a pensar que el estrés fisiológico alcanzado en condiciones de agotamiento cognitivo es superior (es decir, una misma frecuencia cardíaca para una menor potencia media o una menor distancia recorrida). Por otro lado, en general, hay un aumento de la percepción subjetiva de esfuerzo en condiciones de fatiga por parte de los participantes llevándolos a terminar antes la prueba de esfuerzo hasta la extenuación (tanto de carácter continuo como intermitente). Sin embargo, en las pruebas contrarreloj, en general, no existen diferencias en la

respuesta de esta variable entre condiciones. Según Filipas et al. (2020) podría justificarse porque en una prueba de tiempo hasta el agotamiento la potencia de salida permanece constante durante la duración de la prueba, mientras que, en una contrarreloj, la potencia de salida fluctúa. Esta estrategia podría influir en los resultados obtenidos en la percepción subjetiva del esfuerzo. Por otro lado, las diferencias en la calificación subjetiva del esfuerzo también podrían tener sus orígenes en el tipo de escala utilizada. La variabilidad en los resultados plantea la necesidad de paradigmas bien controlados que tengan en cuenta la contribución relativa que puedan tener otros parámetros, como p.ej. la motivación y/o el aburrimiento en la prueba (Möckel et al., 2015).

La información derivada de esta revisión debe interpretarse con cautela debido a las limitaciones derivadas de los estudios incluidos. Algunos de ellos, han utilizado sistemas para examinar la fatiga, tales como la electroencefalografía de superficie (Brownsberger et al., 2013) o subescalas que evaluaron las diferentes herramientas cognitivas utilizadas, mediante cuestionarios o escalas visuales analógicas, (Filipas et al., 2018; MacMahon et al., 2014; Smith et al., 2016) pero no todos los protocolos de los estudios han incluido estas medidas (Weerakkody et al., 2021). Esta revisión destaca la necesidad de investigaciones futuras, con protocolos estandarizados en cuanto a las tareas cognitivas utilizadas en las que se pueda cuantificar la magnitud de la fatiga mental provocada en el individuo antes de realizar ejercicio físico. Igualmente, cabe destacar la importancia de estudiar el impacto de la fatiga mental realizando una diferenciación de grupos en base al nivel de práctica ya que la exposición crónica a factores cognitivos estresantes que puede experimentar un deportista profesional sin duda puede ser un factor condicionante para que estos puedan ser más resistentes a los efectos deletéreos de la fatiga mental previa al ejercicio”.

Conclusión

Tras la síntesis cualitativa realizada en esta revisión sistemática, se podría afirmar que la fatiga mental inducida por un trabajo cognitivo exigente previo, produce un deterioro del rendimiento posterior en pruebas de resistencia. Además, en cierta medida, este deterioro de la máxima capacidad para soportar esfuerzos prolongados en condiciones de fatiga mental está vinculado a un incremento en la percepción subjetiva del esfuerzo. Por otra parte, la gran mayoría de los estudios analizados no muestran diferencias en variables fisiológicas tales como los valores de la frecuencia cardíaca o el lactato, a pesar de un empeoramiento del rendimiento físico, lo que señala un incremento en el estrés fisiológico de los sujetos que han sido sometidos a una carga cognitiva exigente previa a la realización de dichas pruebas físicas. Es por ello que, el impacto de la fatiga mental deberá ser evaluado y controlado en aquellas actividades de resistencia de mayor duración, debido a los efectos deletéreos descritos anteriormente. Con todo, debemos de ser cautelosos a la hora de asumir dichas conclusiones, ya que un reciente metaanálisis (Holgado et al., 2020), ha puesto en duda el posible efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento deportivo, ya que cuando se tiene en cuenta el posible sesgo de publicación, el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento se reduce.

Declaración del Comité de Ética

No aplicable debido a la naturaleza de la publicación, ya que es una revisión sistemática de la literatura.

Conflicto de Intereses

Las entidades o instituciones financiadoras no tuvieron influencia en el diseño del estudio, en el análisis de los datos o en la interpretación de los resultados. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiación

Esta investigación fue financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidad de España, ciudades subvencionadas (PID2021-128204OA-I00-AEI/FEDER, UE); Xunta de Galicia, Universidad de A Coruña/CISUG (ED431B 2021/28).

Contribución de los Autores

I.M.-G., DC-P., VL-A., y G.M. idearon el estudio. I.M.-G., D.C.-P. & G.M desarrollaron la metodología. I.M.-G. realizó una búsqueda en la base de datos, ejecutó el proceso de selección, extracción de datos y evaluación del riesgo de sesgo. En caso de duda, D.C.-P. y G.M. participaron en el proceso. I.M.-G. y G.M escribieron el borrador inicial del manuscrito. DC-P y VL-A. revisaron críticamente y corrigieron el borrador inicial del manuscrito. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Declaración de Disponibilidad de Datos

No aplicable debido a la naturaleza de la publicación, ya que es una revisión sistemática de la literatura

Referencias

- Ansdell, P., Thomas, K., Hicks, K. M., Hunter, S. K., Howatson, G., & Goodall, S. (2020). Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: acute and chronic implications. *Experimental Physiology*, 105(12), 2007–2021. <https://doi.org/10.1113/EP088548>
- Barzegarpoor, H., Amoozi, H., Rajabi, H., Button, D., & Fayazmilani, R. (2020). The Effects of Performing Mental Exertion during Cycling Exercise on Fatigue Indices. *International Journal of Sports Medicine*, 41(12), 846–857. <https://doi.org/10.1055/a-1179-8326>
- Boksem, M. A. S., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: Costs and benefits. *Brain Research Reviews*, 59(1), 125–139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Brown, D. M. Y., & Bray, S. R. (2019). Effects of Mental Fatigue on Exercise Intentions and Behavior. *Annals of Behavioral Medicine*, 53(5), 405–414. <https://doi.org/10.1093/abm/kay052>
- Brownsberger, J., Edwards, A., Crowther, R., & Cottrell, D. (2013). Impact of Mental Fatigue on Self-paced Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1029–1036. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1343402>
- Filipas, L., Borghi, S., La Torre, A., & Smith, M. R. (2021). Effects of mental fatigue on soccer-specific performance in young players. *Science and Medicine in Football*, 5(2), 150–157. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1823012>
- Filipas, L., Gallo, G., Pollastri, L., & Torre, A. L. (2019a). Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. *PLoS ONE*, 14(6), e0218405. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218405>
- Filipas, L., Gallo, G., Pollastri, L., & Torre, A. L. (2019b). Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. *PLoS ONE*, 14(6), e0218405. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218405>
- Filipas, L., Martin, K., Northey, J. M., La Torre, A., Keegan, R., & Rattray, B. (2020a). A 4-week endurance training program improves tolerance to mental exertion in untrained individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(12), 1215–1219. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.04.020>
- Filipas, L., Martin, K., Northey, J. M., La Torre, A., Keegan, R., & Rattray, B. (2020b). A 4-week endurance training program improves tolerance to mental exertion in untrained individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(12), 1215–1219. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.04.020>
- Filipas, L., Mottola, F., Tagliabue, G., & La Torre, A. (2018). The effect of mentally demanding cognitive tasks on rowing performance in young athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 39, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.08.002>
- Greco, G., Tambolini, R., Ambruosi, P., & Fischetti, F. (2017). Negative effects of smartphone use on physical and technical performance of young footballers. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(4), 2495–2501. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.04280>
- Harris, J. D., Quatman, C. E., Manring, M. M., Siston, R. A., & Flanagan, D. C. (2014). How to write a systematic review. *American Journal of Sports Medicine*, 42(11), 2761–2768. <https://doi.org/10.1177/0363546513497567>
- Holgado, D., Sanabria, D., Perales, J. C., & Vadillo, M. A. (2020). Mental fatigue might be not so bad for exercise performance after all: A systematic review and bias-sensitive meta-analysis. *Journal of Cognition*, 3(1), 1–20. <https://doi.org/10.5334/joc.126>
- Holgado, D., Zabala, M., & Sanabria, D. (2019). Correction: No evidence of the effect of cognitive load on self-paced cycling performance (PLoS ONE (2019) 14:5 (e0217825) DOI: 10.1371/journal.pone.0217825). *PLoS ONE*, 14(7), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219340>
- Holgado, D., Zabala, M., & Sanabria, D. (2019). No evidence of the effect of cognitive load on self-paced cycling performance. *PLoS ONE*, 14(5), e0217825. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217825>
- Lam, H. K. N., Middleton, H., & Phillips, S. M. (2021). The effect of self-selected music on endurance running capacity and performance in a mentally fatigued state. *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(4), 1–15. <https://doi.org/10.14198/jhse.2022.174.16>
- Lopes, T. R., Oliveira, D. M., Simurro, P. B., Akiba, H. T., Nakamura, F. Y., Okano, A. H., Dias, Á. M., & Silva, B. M. (2020). No Sex Difference in Mental Fatigue Effect on High-Level Runners' Aerobic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(10), 2207–2216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002346>
- MacMahon, C., Hawkins, Z., & Schücker, L. (2019). Beep Test Performance Is Influenced by 30 Minutes of Cognitive Work. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(9), 1928–1934. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001982>
- MacMahon, C., Schuecker, L., Hagemann, N., & Strauss, B. (2014). Cognitive Fatigue Effects on Physical Performance During Running. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 36(4), 375–381. <https://doi.org/10.1123/jsep.2013-0249>

- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>
- Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental Fatigue Impairs Endurance Performance: A Physiological Explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041–2051. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>
- Martin, K., Staiano, W., Menaspà, P., Hennessey, T., Marcora, S., Keegan, R., Thompson, K. G., Martin, D., Halson, S., & Rattray, B. (2016). Superior inhibitory control and resistance to mental fatigue in professional road cyclists. *PLoS ONE*, 11(7), e0159907. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159907>
- Martin, K., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2019). Are Individuals Who Engage in More Frequent Self-Regulation Less Susceptible to Mental Fatigue? *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 41(5), 289–297. <https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0222>
- Möckel, T., Beste, C., & Wascher, E. (2015). The Effects of Time on Task in Response Selection - An ERP Study of Mental Fatigue. *Scientific Reports*, 5, 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep10113>
- Pageaux, B., Lepers, R., Dietz, K. C., & Marcora, S. M. (2014). Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 114(5), 1095–1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2838-5>
- Penna, E. M., Filho, E., Campos, B. T., Ferreira, R. M., Parma, J. O., Lage, G. M., Coswig, V. S., Wanner, S. P., & Prado, L. S. (2021). No Effects of Mental Fatigue and Cerebral Stimulation on Physical Performance of Master Swimmers. *Frontiers in Psychology*, 12, 634405. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.634405>
- Penna, E. M., Filho, E., Wanner, S. P., Campos, B. T., Quinan, G. R., Mendes, T. T., Smith, M. R., & Prado, L. S. (2018). Mental Fatigue Impairs Physical Performance in Young Swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 30(2), 208–215. <https://doi.org/10.1123/pes.2017-0128>
- Pires, F. O., Silva-Junior, F. L., Brietzke, C., Franco-Alvarenga, P. E., Pinheiro, F. A., de Franca, N. M., Teixeira, S., & Santos, T. M. (2018). Mental Fatigue Alters Cortical Activation and Psychological Responses, Impairing Performance in a Distance-Based Cycling Trial. *Frontiers in Physiology*, 9, 227. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00227>
- Salam, H., Marcora, S. M., & Hopker, J. G. (2018). The effect of mental fatigue on critical power during cycling exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 118(1), 85–92. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3747-1>
- Silva-Cavalcante, M. D., Couto, P. G., Azevedo, R. A., Silva, R. G., Coelho, D. B., Lima-Silva, A. E., & Bertuzzi, R. (2018). Mental fatigue does not alter performance or neuromuscular fatigue development during self-paced exercise in recreationally trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 118(11), 2477–2487. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3974-0>
- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental Fatigue Impairs Soccer-Specific Physical and Technical Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(2), 267–276. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000762>
- Smith, M. R., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2015). Mental Fatigue Impairs Intermittent Running Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(8), 1682–1690. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000592>
- Staiano, W., Bosio, A., Piazza, G., Romagnoli, M., & Invernizzi, P. L. (2019). Kayaking performance is altered in mentally fatigued young elite athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(7), 1253–1262. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.09051-5>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017a). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>
- Veness, D., Patterson, S. D., Jeffries, O., & Waldron, M. (2017). The effects of mental fatigue on cricket-relevant performance among elite players. *Journal of Sports Sciences*, 35(24), 2461–2467. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1273540>
- Weerakkody, N. S., Taylor, C. J., Bulmer, C. L., Hamilton, D. B., Gloury, J., O'Brien, N. J., Saunders, J. H., Harvey, S., & Patterson, T. A. (2021). The effect of mental fatigue on the performance of Australian football specific skills amongst amateur athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(6), 592–596. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.12.003>