
TRABAJO FIN DE GRADO

¿Cuál es el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en deportes de resistencia? Una revisión sistemática.

Cal é o efecto da fatiga mental sobre o rendemento nos deportes de resistencia? Unha revisión sistemática.

What is the effect of mental fatigue on performance in endurance sports? A systematic review.

Autora: Irene Mera González

Tutor académico: Gonzalo José Márquez Sánchez

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
MOTIVACIÓN/JUSTIFICACIÓN	4
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	6
METODOLOGÍA	6
Fuentes de datos y estrategias de búsqueda	6
Selección de estudios y criterios de elegibilidad	7
Tabla 1. Criterios PICOS utilizados en la presente revisión sistemática	7
Variables principales y complementarias	8
Criterios de exclusión	9
Extracción y síntesis de los datos	9
Evaluación de la calidad	9
<i>Criterios escala PEDro</i>	9
RESULTADOS	11
Resultados de búsqueda	11
Ilustración 1. Diagrama de flujo PRISMA.....	11
Resultados de la evaluación de la calidad	11
Tabla 2. Análisis sobre la calidad metodológica de los estudios incluidos	12
Características de los/as participantes y los estudios	12
Tabla 3. Síntesis cualitativa de los estudios incluidos en la revisión bibliográfica.....	14
Principales protocolos utilizados para inducir fatiga mental.....	26
Resultados de las pruebas de tiempo hasta la extenuación	27
Resultados de las pruebas contrarreloj	27
Resultados de pruebas de carácter intermitente	28
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIÓN.....	30
APLICACIÓN PRÁCTICA	31
DESEMPEÑO Y DESARROLLO PROFESIONAL: adquisición de competencias	31
Tabla 4. Competencias TFG.....	31
AGRADECIMIENTOS	34
BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Criterios PICOS utilizados en la presente revisión sistemática	7
Tabla 2. Análisis sobre la calidad metodológica de los estudios incluidos	12
Tabla 3. Síntesis cualitativa de los estudios incluidos en la revisión bibliográfica.....	14
Tabla 4. Competencias TFG	31
Ilustración 1. Diagrama de flujo PRISMA	11

RESUMEN

Introducción: En la última década han aparecido una serie de estudios que han demostrado que la fatiga mental puede afectar no sólo al rendimiento cognitivo si no también al rendimiento físico. A pesar de que actualmente, no existe un consenso entre los diferentes tipos de pruebas de rendimiento en resistencia de los estudios, los resultados obtenidos parecen apuntar que las tareas mentalmente fatigosas tienen un efecto negativo sobre el rendimiento.

Objetivos: El principal objetivo es revisar la literatura existente acerca de los efectos de la fatiga mental en el rendimiento físico específicamente en tareas de resistencia basadas en una serie de criterios de inclusión y crear una visión general del potencial de los factores subyacentes.

Metodología: Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en la literatura existente hasta el 31 de marzo de 2022 en las bases de datos online Web Of Science, PubMed y Scopus con la siguiente estrategia de búsqueda: ("fatiga mental" o "fatiga cognitiva") y ("ejercicio físico" o "resistencia" y "tiempo hasta la extenuación" o "contrarreloj" o "carrera" o "ciclismo"). Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados y controlados. Se analizó la calidad metodológica de los artículos mediante la escala PEDro. Además, se realizó una síntesis cualitativa de los mismos para determinar los efectos de la fatiga mental sobre el rendimiento en pruebas de resistencia. De forma secundaria, se analizó los efectos de la fatiga mental sobre variables fisiológicas, tales como la función cardiovascular o la percepción del esfuerzo, asociadas al rendimiento en las pruebas de resistencia anteriormente descritas.

Resultados: En la síntesis cualitativa de la presente revisión sistemática se incluyeron un total de 27 artículos (29 intervenciones). Los resultados obtenidos muestran que la calidad metodológica de las intervenciones analizadas es alta (rango 6-8 puntos de 10 posibles). Un 86% de las intervenciones analizadas encuentran que la fatiga mental deterioró el rendimiento en la prueba de resistencia en comparación con una condición control (sin fatiga mental). Además, el análisis realizado muestra que la fatiga mental inducida previamente tiende a incrementar la percepción subjetiva del esfuerzo, sin que se observen alteraciones significativas en la frecuencia cardíaca o concentración de lactato sanguíneo.

Conclusiones: La fatiga mental inducida por una tarea cognitiva exigente previa, 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 (RPE). Por otra parte, la gran mayoría de los estudios analizados no muestran diferencias significativas en variables fisiológicas tales como FC o La, a pesar de un empeoramiento del rendimiento físico, lo que señala un incremento en el estrés fisiológico de los/as sujetos que han sido sometidos previamente a una carga cognitiva exigente previa a la realización de las pruebas físicas correspondientes a cada uno de los estudios.

Palabras clave: fatiga mental, fatiga cognitiva, rendimiento físico, resistencia, tiempo hasta la extenuación, contrarreloj, carrera, ciclismo.

ABSTRACT

Introduction: In the last decade, a series of studies have appeared that have shown that mental fatigue can affect not only cognitive performance but also physical performance. Although there is currently no consensus between the different types of endurance performance tests in the studies, the results obtained seem to indicate that mentally fatiguing tasks have a negative effect on performance.

Objectives: The main objective is to review the existing literature on the effects of mental fatigue on physical performance specifically in endurance tasks based on a series of inclusion criteria and to create an overview of the potential underlying factors.

Method: A systematic search of the existing literature was carried out up to March 31, 2022 in the online databases Web of Science, PubMed and Scopus with the following search strategy: ("mental fatigue" or "cognitive fatigue") and ("physical exercise" or "endurance" and "time to exhaustion" or "time trial" or "running" or "cycling"). Randomized controlled clinical trials were included. The methodological quality of the articles was analyzed using the PEDro scale. In addition, a qualitative synthesis of them was carried out to determine the effects of mental fatigue on performance in endurance tests. Secondly, the effects of mental fatigue on physiological variables, such as cardiovascular function or perception of effort, associated with performance in the endurance tests described above were analyzed.

Results: A total of 27 articles (20 interventions) were included in the qualitative synthesis of this systematic review. The results obtained show that the methodological quality of the interventions analyzed is high (range 6-8 points out of 10 possible) 86% of the interventions analyzed found that mental fatigue impaired performance in the endurance test compared to a control condition (without mental fatigue). In addition, the analysis carried out shows that previously induced mental fatigue tends to increase the subjective perception of effort, without significant changes in heart rate or blood lactate concentration being observed.

Conclusion: Mental fatigue induced by a prior demanding cognitive task leads to subsequent performance impairment on endurance tests. In addition, to a certain extent, this deterioration of the maximum capacity to withstand prolonged efforts under conditions of mental fatigue is linked to an increase in the subjective perception of exertion (RPE). On the other hand, the vast majority of the studies analyzed do not show significant differences in physiological variables such as FC or La, despite a worsening of physical performance, which indicates an increase in the physiological stress of the subjects who have been previously subjected to a demanding cognitive load prior to carrying out the physical tests corresponding to each of the studies.

Key words: mental fatigue, cognitive fatigue, physical performance, endurance, time to exhaustion, time trial, running, cycling.

MOTIVACIÓN/JUSTIFICACIÓN

Desde muy pequeña, he practicado disciplinas deportivas de resistencia y de carácter psicomotriz. Trataba de combinar largas y duras jornadas de entrenamiento y competición con tener un buen rendimiento académico, sin dejar a un lado esa vida familiar y con amigos/as que me permitiese cumplir las expectativas sociales de todo adolescente, lo cual no era nada fácil. Recuerdo levantarme del escritorio exclusivamente para salir a entrenar aun cuando la cabeza estaba preocupada por otras muchas cosas; llegar a casa del entrenamiento y sólo tener ganas de descansar, y levantarme por las mañanas deseando que el día terminase pronto, e intentando cumplir con cada una de las tareas diarias de la mejor manera posible. Fue entonces cuando empecé a sentir lo difícil que era gestionar tanta actividad y afrontarla de la mejor forma posible, siempre con la mejor versión de una misma.

Pero esta situación, no cesa en otras etapas de la vida. Y es que cuanto, más mayores nos hacemos, más responsabilidades adquirimos, y por tanto, más preocupaciones. Bien es cierto que, la evidencia científica ha demostrado que la actividad física es beneficiosa para la salud mental y física de las personas, pero evidentemente, hay que ser conscientes de que partimos de una base de agotamiento mental causada por diversos factores, individuales, personales e intransferibles.

Cuando inicié el grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, mis expectativas profesionales se orientaban al objetivo de aprender a como ser una buena entrenadora y/o educadora físico-deportiva que supiese individualizar los procesos y las planificaciones, estudiando el contexto variable y viable de la realidad futura a la que me tuviera que enfrentar como responsable de la motricidad.

Tenía claro que la fatiga mental tenía sus efectos en el rendimiento, o por lo menos mi experiencia así me lo decía, sobre todo cuando los entrenamientos eran largos y monótonos. Sin embargo, creía que detectar cómo podía influir y en que parámetros, me ayudaría a gestionar el entrenamiento y por supuesto, conseguir el máximo rendimiento de los/as deportistas.

¿Cuál es el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en deportes de resistencia? Una revisión sistemática, tiene para mí un significado muy especial, porque ilustra mis motivaciones desde mi inicio en esta etapa académica, proyecta mi propia experiencia personal y mis expectativas como profesional.

INTRODUCCIÓN

La fatiga mental se define como un estado psicobiológico que puede surgir durante o después de actividades cognitivas, y se caracteriza por la sensación de cansancio, disminución del compromiso, y mayor aversión a continuar con la actividad actual (van Cutsem et al., 2017) . El aumento o disminución de los índices de fatiga influye en la capacidad cognitiva de actuación y se produce tras períodos prolongados de esfuerzos mentales exigentes. No obstante, este término es diferente al de fatiga crónica y deterioro cognitivo asociado con envejecimiento o enfermedad, en cuyas condiciones, los sentimientos subjetivos de fatiga y deterioro cognitivo también son crónicos, y no necesariamente relacionados con un esfuerzo mental (Smith et al., 2015) .

El sentido común dictaría que la fatiga mental es el resultado directo del trabajo durante un período prolongado de tiempo. Sin embargo, se ha demostrado que la fatiga se puede experimentar después de trabajar para un corto período de tiempo, y no tiene por qué darse en largas jornadas de actividad (Boksem & Tops, 2008) . En este sentido, existen estudios que ha demostrado que un ejercicio cognitivo exigente de tan solo 30 minutos puede inducir niveles significativos de fatiga mental (MacMahon et al., 2019; Pageaux et al., 2014; Salam et al., 2018). La visión sobre la fatiga mental va más allá de la cognición, y en ella tenemos un componente emotivo y motivacional importante (van Cutsem et al., 2017).

A pesar de que los efectos de la fatiga mental sobre el rendimiento cognitivo han sido estudiados en profundidad, la fatiga mental no ha tenido la misma repercusión para el estudio de su impacto sobre el rendimiento físico-deportivo y de las habilidades motrices. El rendimiento se refiere a la capacidad de todo el cuerpo para mantener ejercicio dinámico prolongado utilizando grandes grupos musculares (más de dos piernas; por ejemplo, correr, andar en bicicleta y remar) (McCormick et al., 2015) . Afortunadamente, en la literatura más reciente ya existen, autores/as que apuestan por conocer el verdadero impacto que tiene la fatiga mental sobre la actividad física y deportiva que realizan las personas en el día a día.

En este sentido, ya en el año 1891, Angelo Mosso describía en su libro sobre la fatiga que la resistencia muscular de dos de sus compañeros (profesores de fisiología) se vio comprometido tras impartir largas clases y realizar exámenes verbales a sus alumnos (van Cutsem et al., 2017). Más de un siglo después, Marcora et al. (2009) investigaron por primera vez de forma experimental el efecto de la fatiga mental en el rendimiento físico durante una tarea de resistencia de cuerpo entero (i.e.: pedalear en bicicleta). Sus resultados demostraron que la realización de una tarea cognitivamente exigente durante 90 minutos provocó fatiga mental y afectaron negativamente al posterior rendimiento durante la tarea de resistencia de cuerpo entero. Aunque resultados similares han sido reportados por otros autores (Barzegarpour et al., 2020; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2019; Salam et al., 2018), es preciso mencionar que también se han encontrado datos contradictorios (MacMahon et al., 2019; Martin et al., 2019; Penna et al., 2021). Además, la evidencia parece apuntar hacia que el deterioro del rendimiento físico inducido por la fatiga mental es más pronunciado en aquellas tareas que involucran grandes grupos musculares durante periodos 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, Filho, Wanner, et al., 2018; Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018) en comparación con ejercicio que implican una menor duración (Martin et al., 2019)

Teniendo en cuenta los argumentos anteriormente mencionados, el presente trabajo tiene por objetivo realizar una revisión sistemática para tratar de determinar los efectos de la fatiga mental inducida previamente sobre el rendimiento en tareas de resistencia, tales como pruebas de tiempo hasta la extenuación o pruebas contrarreloj. Además, de forma paralela, se analizará los efectos de la fatiga mental sobre cardiovascular (i.e.: frecuencia cardíaca [FC]), metabólica (i.e.: concentración de lactato sanguíneo [La]) y perceptiva (percepción subjetiva del esfuerzo [RPE]). La hipótesis inicial es que los efectos de la fatiga mental sobre el rendimiento en pruebas de resistencia son negativos, y entre ellos está la atribución de índices más altos de esfuerzo percibido (RPE), que, en otras palabras, se refiere a que cuando los/as sujetos están mentalmente fatigados/as, perciben más esfuerzo que en situaciones de control (sin fatiga mental), reduciendo así la tolerancia al ejercicio. Cabe señalar que esta revisión no incluye tareas duales, es decir, el enfoque de la revisión actual es detectar la influencia de una tarea anterior mentalmente fatigante en un posterior rendimiento físico, con el objetivo de evaluar adecuadamente cómo el rendimiento se ve afectado por la fatiga mental. Por otro lado, en esta revisión se incluirán únicamente estudios aleatorizados y controlados, con el objetivo de analizar aquella literatura con un grado de calidad metodológica elevada.

OBJETIVOS

- Determinar el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento (p.ej.: tiempo hasta la extenuación, distancia recorrida, etc.) en pruebas de resistencia de cuerpo entero utilizando una metodología basada en la revisión sistemática de la literatura.
- Comprobar los efectos de la fatiga mental sobre diversas variables fisiológicas y perceptivas (p.ej.: frecuencia cardíaca, producción de lactato, percepción subjetiva del esfuerzo, etc.) durante la realización de pruebas de resistencia de cuerpo entero.

METODOLOGÍA

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 comprende todos aquellos estudios que, de acuerdo con los criterios de inclusión establecidos, se comprenden entre la literatura del 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 y/o palabras clave, se seleccionó un algoritmo de búsqueda definitivo con los siguientes conectores booleanos:

("mental fatigue" or "cognitive fatigue") and ("physical performance" or "endurance" and "time to exhaustion" or "time trial" or "running" or "cycling").

Finalmente, se ha utilizado el software Mendeley para importar las referencias e identificar estudios duplicados de forma automática.

Selección de estudios y criterios de elegibilidad

Una vez cerrada la búsqueda, se ha procedido a la eliminación de artículos duplicados, obtenidos a través de las tres bases de datos mencionadas en el apartado anterior. Posteriormente, tras la exclusión de las repeticiones, se ha ido revisando artículo por artículo para comprobar si estos cumplían con los requisitos necesarios para su inclusión. La revisión preliminar consistió en el escrutinio de los títulos y resúmenes de cada uno de los artículos, excluyendo aquellos en los que el título o el resumen demostraban explícitamente que el artículo no cumplía con los requisitos para ser incluido. En el caso de que la lectura del título o el resumen no fueran suficientes para determinar la inclusión del artículo en la revisión, se realizó una revisión más pormenorizada de los mismos, examinándose su versión completa. Los artículos incluidos finalmente se basaron en el enfoque PICOS, donde “P” hace referencia a la población objetivo, “I” a la intervención o abordaje del tratamiento, “C” que se corresponde con la condición control (estimulación simulada) que se utiliza principalmente para excluir un posible efecto placebo, la “O” que son los resultados de la variable principal que deseamos obtener y, por último, la “S” que sería el formato de diseño del estudio. A continuación, se presenta la **tabla 1** que sintetiza cada uno de los dígitos.

Tabla 1. Criterios PICOS utilizados en la presente revisión sistemática

PICOS	DESCRIPTOR
P= Participantes	Sujetos humanos y sanos, deportistas profesionales recreativos o voluntarios/as no deportistas.
I= Intervención	Tarea cognitiva que induzca fatiga mental con una duración ≥ 30 minutos.
C= Comparaciones	Comparó resultados en sujetos sometidos a una prueba experimental (tarea de alta carga cognitiva) y a una prueba de control (tarea de baja carga cognitiva).
O= Resultados	Rendimiento físico en tareas de resistencia de cuerpo entero cuya duración fuese superior a 75 s. Se incluyeron pruebas contrarreloj por tiempo o por distancia, tareas de tiempo hasta la extenuación de carga constante o incrementales, de carácter continuo o intermitente.
S= Diseño de estudio	Estudio controlado, cruzado y aleatorizado.

Se seleccionaron estudios cruzados aleatorizados y controlados, donde los/as sujetos participantes se dividen al azar en dos grupos: prueba de control y prueba experimental. Lo que se pretende con este tipo de estudios es eliminar el sesgo potencial de los resultados.

Estos estudios incluidos se diseñaron para probar si una tarea mentalmente fatigante (intervención) influía o no en el rendimiento de una tarea física, así como en las respuestas fisiológicas y perceptivas asociadas a dicho esfuerzo. Además, la intervención control tenía que tratarse de una tarea mentalmente no agotadora.

Con respecto al idioma, se han admitido todos aquellos artículos en español o inglés que cumplieren los requisitos previamente comentados. No se ha establecido ninguna limitación con respecto al año de publicación.

VARIABLES PRINCIPALES Y COMPLEMENTARIAS

La variable principal o dependiente es diferente en función del tipo de prueba que examine cada estudio. Asimismo, el resultado obtenido siempre establecerá una comparativa de la variable en una condición de control donde se lleve a cabo una tarea cognitiva poco exigente y la variable tras haber realizado una tarea mentalmente fatigante.

En una prueba de carga constante hasta el agotamiento la variable principal es el tiempo hasta la extenuación (TTE). En este tipo de pruebas la autorregulación que posea el individuo jugará un papel protagonista, y se refiere a las habilidades mentales que permiten que las personas puedan ejercer un buen control sobre sus comportamientos, pensamientos y emociones para perseguir sus objetivos (van Cutsem et al., 2017).

En las pruebas contrarreloj, la variable principal será el tiempo en recorrer una determinada distancia, la potencia de pedaleo en caso de prueba en cicloergómetro o remo-ergómetro, la velocidad media o la distancia recorrida en un tiempo determinado.

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.

Por otro lado, las variables complementarias y/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 las siguientes variables: la frecuencia cardíaca (FC), el consumo máximo de oxígeno (VO_2), la acumulación de lactato en sangre (La), y la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE); esta última, como ya se ha mencionado anteriormente, responde a la valoración del esfuerzo que supone una determinada tarea para el/la participante.

Asimismo, los resultados finalmente obtenidos deben responder a nuestra pregunta inicial, aportándonos una visión clara acerca del efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en la propia actividad.

Para garantizar que todos los criterios de inclusión fueran satisfechos, aquellos artículos potencialmente elegibles para su inclusión en la revisión fueron consensuados por dos autores (IMG y GMS).

Criterios de exclusión

Previamente a la selección de estudios, se han establecido una serie de criterios de no inclusión. De esta forma se ha logrado la obtención de una información no sesgada y rigurosa que responde a nuestra pregunta inicial. Los estudios fueron excluidos si se trataba de:

- a) Revisiones sistemáticas o/y metaanálisis.
- b) Los resultados del estudio investigaban estrategias para la prevención de un estado de fatiga, tanto mental como física, durante las diferentes condiciones experimentales.
- c) Las pruebas experimentales del estudio se realizaban en unas condiciones de frío y calor específicas.
- d) La prueba experimental del estudio se realizaba sin inducción de fatiga mental.
- e) Los/as sujetos con los que se realizaba la intervención en el estudio no eran humanos o estaban diagnosticados/as clínicamente por cualquier condición patológica.

Extracción y síntesis de los datos

Se extrajeron 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/as sujetos y tipo de práctica deportiva), prueba de rendimiento específica realizada, tipo de tratamiento (prueba experimental y condición control) junto con las respectivas duraciones de los mismos, características metodológicas del estudio y resultados (de la variable principal y complementarios) basados en la comparativa entre ambas condiciones.

Evaluación de la calidad

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 ha evaluado 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, si los hubiese, serían considerados como metodológicamente de baja calidad. La calidad metodológica de cada estudio fue calificada por dos revisores (IMG y GMS). Cuando había dudas, esto se resolvió mediante discusión entre ambos investigadores hasta llegar a una puesta en común.

Criterios escala PEDro

A pesar de que los criterios de la escala PEDro están detallados en la leyenda de la propia tabla (**tabla 2**), en este apartado trataremos de dar una explicación de cada uno de ellos.

1. Criterios de elección especificados: se trata de un criterio que no se puntúa en la escala PEDro pero que asegura que los artículos incluidos en la revisión sistemática especifiquen las características que deben cumplir los/as participantes para ser incluidos/as en el estudio, así como su fuente de obtención. Influye en la validez externa pero no en la validez interna o en la calidad de la información que podremos extraer.

2. La asignación es aleatoria: los sujetos fueron asignados al azar a los grupos, es decir, el tratamiento se distribuye de forma aleatoria.
3. La asignación fue oculta: este criterio básicamente se refiere a que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión.
4. Los grupos fueron similares antes de la intervención con respecto a la variable clave: este ítem lo podremos deducir en la metodología del artículo, y se refiere a si existen o no diferencias en la línea base, antes del tratamiento. Es un criterio que puede proporcionar una indicación de sesgo potencial que surge por la casualidad mediante la indicación del azar.
5. Los sujetos cegados con respecto a la asignación de grupos: el propio sujeto no conocía a que grupo había sido asignado (condición control o prueba experimental). En el caso de este tipo de pruebas, los sujetos no suelen estar cegados porque detectan la diferencia entre la tarea que induce fatiga mental y la prueba de rendimiento sin fatiga.
6. Los/as terapeutas cegados/as con respecto a la pertenencia de un sujeto a un grupo u otro: misma interpretación que el anterior apartado, pero en este caso nos referimos a los responsables de la intervención. Si este criterio no se especifica en el diseño, es que no han sido cegados/as. Cuando los terapeutas han sido cegados, el lector puede estar seguro de que el efecto aparente (o la falta de efecto) del tratamiento no se debe al entusiasmo de los terapeutas o a la falta de entusiasmo por las condiciones de tratamiento o de control.
7. Los/as evaluadores/as que midieron algún resultado clave fueron cegados/as: los/as evaluadores/as se consideran cegados/as si no han distinguido entre los tratamientos realizados. En este tipo de estudios y de pruebas, no suelen estar cegados/as ya que suele distinguirse las condiciones de las pruebas.
8. Las medidas de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de la muestra: ítem que se basa en la diferencia existente entre los sujetos participantes y los que finalmente han completado todas las pruebas del estudio pudiendo aportar resultados.
9. Los 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": Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece claramente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados. Este criterio ha sido comprobado siempre para la variable principal analizada.
10. Hay comparaciones estadísticas entre grupos.
11. Se aportan medidas puntuales y de variabilidad.

RESULTADOS

Resultados de búsqueda

Tras la búsqueda inicial, fueron seleccionados un total de 299 estudios tras la eliminación de duplicados, fusionados o de estudios que no se corresponden con la línea de búsqueda de forma automática por su propio título.

A través de la aplicación de un chequeo complejo o “screening”, se seleccionaron un total de 78 artículos para una supervisión más exhaustiva y cautelosa, donde los artículos finalmente incluidos, cumplían con los resultados de rendimiento que se pretendían obtener para contrastar y analizar. Finalmente, la presente revisión sistemática se compone de 27 artículos. El proceso o secuencia de búsqueda realizada se sintetiza en la **figura 1**.

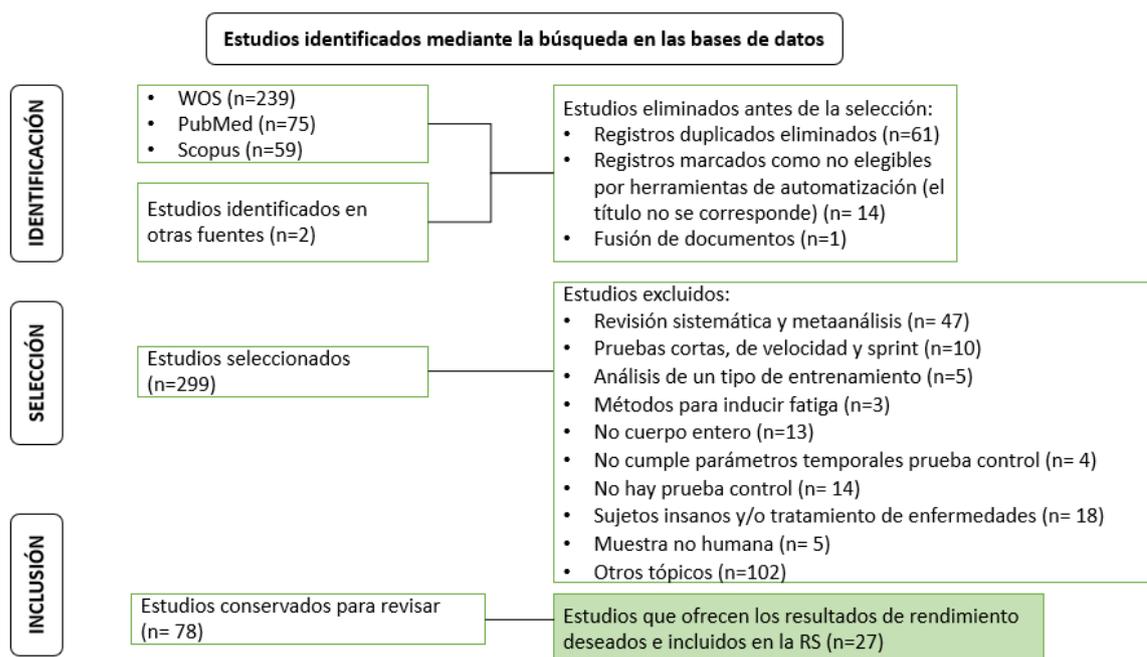


Ilustración 1. Diagrama de flujo PRISMA

Resultados de la evaluación de la calidad

Dos autores (GMS e IMG) revisaron independientemente la calidad metodológica de los artículos. En la **tabla 2** se muestran las puntuaciones de calidad de cada uno de los estudios incluidos.

A modo de síntesis, se puede afirmar que la calidad metodológica de los estudios incluidos en la presente revisión es alta, ya que obtienen una puntuación media en la escala PEDro de 6,4 puntos, estando el rango entre 6 y 8 puntos (de 10 posibles).

Tabla 2. Análisis sobre la calidad metodológica de los estudios incluidos

Tabla 2: Análisis sobre la calidad metodológica de los estudios incluidos.													
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	N	N	N	S	S	S	S	6
Smith et al. (2016)		S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	6
Martin 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
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
Barzegarpoor 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

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.

Características de los/as participantes y los estudios

Toda la información relevante de cada estudio se resume en la **tabla 3**. Las fechas de publicación de los estudios oscilan entre 2009 y 2021. Todos los estudios incluyen una prueba de rendimiento cuya variable clave es la resultante del propio rendimiento, tales como tiempo hasta la extenuación (TTE), distancia recorrida, potencia media en la contrarreloj, etc. Se incluyen estudios que contienen pruebas contrarreloj de una distancia específica de natación (Penna et al., 2021; Penna, Filho, Wanner, et al., 2018), de remo (Filipas et al., 2018), de carrera (Lam et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Pageaux et al., 2014), de ciclismo (Brown & Bray, 2019; Brownsberger et al., 2013; Filipas et al., 2019, 2020; Martin et al., 2016; Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018), o pruebas en las que se analiza el tiempo hasta la extenuación (TTE) mediante 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 analizarán de forma aislada las 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, Filho, Campos, et al., 2018; Smith et al., 2016; Veness et al., 2017; Weerakkody et al., 2021). El tamaño de la muestra varía entre 8 (Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018) y 36 sujetos participantes (Filipas et al., 2021). Teniendo en consideración que, a pesar de que nuestra selección de artículos es de un total de 27, hemos calculado la media del tamaño muestral teniendo en cuenta que (Lam et al., 2021) nos aporta dos intervenciones con diferentes pruebas de rendimiento, ambas incluidas. Finalmente, como síntesis cualitativa del tamaño de la muestra tenemos que $n=15,5$.

Además, no existen estudios exclusivos de mujeres, y sólo en algunos de ellos se ven reflejadas (Brown & Bray, 2019; Brownsberger et al., 2013; Filipas et al., 2018, 2020; Lam et al., 2021; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2014, 2019; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019; Pageaux et al., 2014; Penna, Filho, Wanner, et al., 2018), y en tan sólo dos estudios superan a la participación masculina (Filipas et al., 2020; Martin et al., 2019). En cuanto a las intervenciones de (Lam et al., 2021), solamente hay muestra de mujeres en la prueba contrarreloj de 5 kilómetros en tapiz rodante, correspondiente al estudio 2, con dos mujeres de nueve participantes totales.

Los/as participantes en los diferentes estudios son generalmente sujetos físicamente activos excepto en (Filipas et al., 2020). También hay estudios donde no se reporta este dato con total claridad (Brown & Bray, 2019; MacMahon et al., 2019; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019; Weerakkody et al., 2021). Además, dentro de los sujetos entrenados/as, se distinguen estudios donde se incluyen corredores (Lopes et al., 2020), jugadores de cricket (Veness et al., 2017), ciclistas (Martin et al., 2016; Pires et al., 2018) o kayakistas (Staiano et al., 2019) de carácter profesional. En los restantes casos, los/as participantes son deportistas recreativos/as o no se especifica su nivel de rendimiento. En (Martin et al., 2016) se establece una comparativa entre los resultados de ambos perfiles poblacionales.

La edad media de los/as participantes oscila entre los 38 (Salam et al., 2018) y los 15 años (Greco et al., 2017) en su estudio 1. Hay un estudio (Filipas et al., 2021) en el que se analizan varios grupos de edad, incluyendo un grupo de 12 jugadores de fútbol sub-14.

Todos los estudios incluidos en esta revisión utilizaron intensidades máximas o diferentes intensidades correspondientes al consumo máximo de oxígeno ($\%VO_2$) o a una potencia determinada de pedaleo.

Tabla 3. Síntesis cualitativa de los estudios incluidos en la revisión bibliográfica

3.1. 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.	Principal: TTE: EXP<CTR (640 ± 316 s vs 754 ± 339 s; p = 0.003). Complementarios: 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 V02 _{max}	EXP: versión modificada de stroop word-colour task. CTR: leer una revista deportiva. Duración: 30 min.	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	Principal: TTE: EXP< CTR (p < 0.01). 40% V02 _{max} : EXP (648 ± 171) vs CTR (720 ± 180). 60% V02 _{max} : EXP (341 ± 84) vs CTR (422 ± 88). 80% V02 _{max} : EXP (231 ± 65) vs CTR (275 ± 58). 100% V02 _{max} : EXP (156 ± 38) vs CTR (190 ± 38). Complementarios: 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.	Principales: TTE: CTR = EXP (628±247 s vs 601±245 s; p=0,074). Complementarios: 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.	Principal: Tiempo: EXP < CTR (8:48±2:32 min vs. 9:20±2:28 min; p < 0,01). Complementarios: RPE: EXP > CTR (p < 0.001) FC: n.s.
Barzegarpoor_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.	Principal: TTE: EXP < CTR (67,6 min vs. 95,7 min; p < 0.01). Complementarios: 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).	Test de carrera hasta la extenuación al 90% VO _{2max}	EXP: incongruent stroop task. CTR: ver un documental.	Estudio cruzado, cegado aleatorizado y controlado.	Principal: TTE: EXP < CTR (-27,7 s; p = 0,043). Complementarios:

	Edad: 25 ± 1 años.		Duración: 45 min.		RPE: EXP>CTR (mujeres: p< 0.001; hombres: p= 0.022) FC: n.s
--	--------------------	--	-------------------	--	--

3.2. 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.	Principal: 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.	Principal: Tiempo en 3k: CTR< EXP (11:58, 56 ± 0:48,39 min. vs. 12:11,88 ± 0:48,39 min; p = 0.009). Complementarios: 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).	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	Principal: Tiempo en 5k: EXP > CTR (24,4 ± 4,9 min vs. 23,1 ± 3,8 min; p= 0.008, η ² p = 0.489).

			<p>CTR: congruent stroop colour-word task (versión modificada).</p> <p>Duración: 30 min.</p>		<p>Complementarios: FC: n.s. La: n.s. RPE: EXP > CTR.</p>
Martin et al. (2016)	<p>20 sujetos varones.</p> <ul style="list-style-type: none"> 11 ciclistas profesionales. <p>Edad: 23.4 ± 6.4.</p> <ul style="list-style-type: none"> 9 ciclistas recreativos. <p>Edad: 25,6 ± 5,3.</p>	<p>Contrarreloj en cicloergómetro de 20 min.</p>	<p>EXP: incongruent stroop colour word task.</p> <p>CTR: tarea cognitiva: enfocarse en una cruz negra centrada sobre un fondo blanco que hay en la pantalla.</p> <p>Duración: 30 min.</p>	<p>Estudio cruzado aleatorizado y controlado.</p>	<p>Principal: Velocidad media:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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). <p>Complementarios: FC: n.s. La: n.s. RPE: n.s.</p>
Penna et al. (2018)	<p>16 nadadores/as entrenados/as y con experiencia (5 mujeres).</p> <p>Edad: 15.45 ± 0.51 años.</p>	<p>Prueba de natación contrarreloj: 1500 m.</p>	<p>EXP: versión modificada en papel de stroop color-word task.</p> <p>CTR: ver un vídeo sobre la historia de la aviación mundial.</p> <p>Duración: 30 min.</p>	<p>Estudio cruzado aleatorizado y controlado.</p>	<p>Principal: Velocidad media: EXP < CTR (1,155 ± 0,101 m/s vs. 1,169 ± 0,106 m/s; p < .05).</p> <p>Complementarios: RPE: n.s. FC: n.s.</p>
Pires et al. (2018)	<p>8 ciclistas no profesionales hombres.</p>	<p>Contrarreloj ciclista de 20km.</p>	<p>EXP: RVP test.</p>	<p>Estudio cruzado, aleatorizado,</p>	<p>Principal:</p>

	Edad: 29.3 ± 7.9 años.		<p>CTR: permanecer sentados en un asiento; leer una revista opcional.</p> <p>Duración: 30 min.</p>	contrabalanceado y controlado.	<p>Tiempo: EXP > CTR (34,3 ± 1,3 min vs. 33,4 ± 1,1 min; (p=0.02).</p> <p>Complementarios: RPE: EXP > CTR (p=0.002)</p>
Filipas et al (2018)	<p>18 remeros prepuberales (6 mujeres) que entrenan 2 días/semana.</p> <p>Edad: 11 ± 1.06 años.</p>	Prueba contrarreloj de 1500 m en remo-ergómetro.	<p>EXP:</p> <ul style="list-style-type: none"> Intervención 1: stroop task Intervención 2: test aritmético. <p>CTR: actividad cognitiva de baja demanda (pintura Mandala).</p> <p>Duración: 60 min.</p>	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	<p>Principal: 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)</p> <p>Complementarios: FC: n.s. RPE: n.s.</p>
Silva-Cavalcante et al. (2018)	<p>8 hombres ciclistas de carretera.</p> <p>Edad: 33.8 ± 7.2 años.</p>	Prueba contrarreloj en cicloergómetro de 4km.	<p>EXP: AX-CPT.</p> <p>CTR: ver dos episodios de una serie en su lengua materna.</p> <p>Duración: 90 min.</p>	Estudio cruzado aleatorizado y contrabalanceado y controlado.	<p>Principal: Tiempo: EXP=CTR (376±26 vs. 376±27; p = 0.717).</p> <p>Complementarios: RPE: n.s. VO₂: n.s. VE: n.s. FC: n.s.</p>
Brown Denver et al. (2019)	25 estudiantes universitarios (12 mujeres).	Prueba contrarreloj de 30 min a una potencia autoseleccionada	<p>EXP: AX-CPT.</p> <p>CTR: ver un documental y registrar el número de</p>	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<p>Principal: Trabajo total (kJ) durante las sesiones de pedaleo de 30</p>

	Edad: 20.16± 1.48 años.		veces que aparece la palabra “agua”. Duración: 50 min.		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.	Principal: Potencia media: EXP < CTR (287 ± 23 W vs. 295 ± 23 W; p = 0,007). Complementarias: FC: n.s. La: n.s. RPE: n.s.
Staiano et al. (2019)	13 kayakistas de élite del equipo nacional sub-17. Edad: 16.4± 0.8 años.	Contrarreloj de 2000 m en kayak.	EXP: versión modificada de stroop colour word task. CTR: ver un documental neutral. Duración: 60 min.	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	Principal: Tiempo 2k: EXP > CTR (552± 30 s vs. 521±36 s). Complementarios: La: EXP > CTR (ES = -1.09). FC: EXP < CTR (ES = de -0,28 a -0,44). RPE: EXP > CTR (ES = moderados).
Filipas et al (2020)	20 voluntarios/as no entrenados/as (14 mujeres). Edad: 27.6 ± 6.2 años.	Contrarreloj en cicloergómetro de 15 minutos.	EXP: batería cognitiva que contiene las siguientes tareas: a) 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.	Estudio cruzado, aleatorizado, contrabalanceado y controlado.	Principal: Distancia recorrida: EXP < CTR (diferencia media: -223 m; IC del 95%: -137 a -309; p < 0,001).

			<p>b) 40 min incongruent stroop colour – word task.</p> <p>c) 5 min task-switching (flanker task).</p> <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>		
Penna et al. (2021)	<p>10 nadadores máster con experiencia.</p> <p>Edad: 30±6 años.</p>	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>Principal: Tiempo en 800 m: EXP = CTR (695±45 vs. 692±42 s).</p> <p>Complementarios: RPE: n.s.</p>
Lam et al. (2021) Estudio 2	<p>9 corredores/as recreacionales (2 mujeres).</p> <p>Edad: 21.1 ± 1.2 años.</p>	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>Estudio 2</p> <p>Principal: Tiempo en 5K: EXP > CTR (24, 1 vs 23, 6 min; ES=0,2, pequeño).</p> <p>Complementarios: RPE: n.s. FC: n.s.</p>

3.3. 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.	Principal: Velocidad media: EXP < CTR (1,50 ± 0,18 m/s vs. 1,54 ± 0,18 m/s; p = 0.022). Complementarios: 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.	Principal: Distancia recorrida: EXP < CTR (1203 ± 402 vs. 1410 ± 354; p < 0.001). Complementarios: 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").	Diseño cruzado aleatorizado, contralanceado y controlado.	Principal: Distancia: EXP < CTR (1610 ± 135 m vs. 1780 ± 249 m; p = 0.0460) Complementarios: RPE: n.s.

			<p>CTR: actividades habituales previas al entrenamiento de los sujetos.</p> <p>Duración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EXP: 30 min. • CTR: no se detalla. 		
Veness et al. (2017)	<p>10 hombres jugadores de cricket de élite.</p> <p>Edad: 21 ± 8 años.</p>	Yo-Yo IR1.	<p>EXP: stroop task.</p> <p>CTR: lectura de revistas de un contenido neutro.</p> <p>Duración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EXP: 30 min. • CTR: 30 min. 	Estudio cruzado aleatorizado y controlado.	<p>Principal: Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (1732 ± 402 m vs 1892 ± 357 m; p = 0,023).</p> <p>Complementarios: RPE_{sesion}: EXP > CTR (p = 0.001). n.s.</p>
Penna et al. (2018)	<p>12 jugadores de balonmano de nivel regional.</p> <p>Edad: 17.50 ± 3.63</p>	Yo-Yo IR1.	<p>EXP: versión modificada en papel de stroop color-word task.</p> <p>CTR: ver un vídeo emocionalmente neutral sobre la historia de la aviación mundial.</p> <p>Duración: 30 min.</p>	Estudio cruzado y aleatorizado y controlado.	<p>Principal: Distancia recorrida: EXP < CTR (655 ± 182,5 m vs. 720 ± 145; p < 0.05)</p> <p>Complementarios: RPE: EXP > CTR (p < 0.001) La: n.s.</p>
Filipas et al. (2021)	36 jugadores de fútbol.	Yo-Yo IR1.	EXP: versión en ordenador incongruente modificada de	Ensayo cruzado aleatorio contrapesado y controlado.	Principal: Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (sub-14= -12%,

	Edad:12 sub-14, 12 sub-16 y 12 sub-18.		incongruent stroop colour word task (computerizada). CTR: lectura pausada de revistas. Duración: <ul style="list-style-type: none"> • EXP: 30 min. • CTR: 15 min. 		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: <ul style="list-style-type: none"> • 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.	Estudio con aleatorización simple y controlado.	Principal: Distancia Yo-Yo IR1: EXP < CTR (-55.6 ± 37.1 m; ES= 0,51, moderado) Complementarios:

			Duración: 30 min		RPE: EXP > CTR (ES=0,33, moderado).
<p>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 I1R: Yo-Yo Intermittent Recovery Test; RPE_{sesión}: índice de esfuerzo percibido en la sesión.</p>					

Principales protocolos utilizados para inducir fatiga mental

- El **AX-Continuous Performance Test (AX-CPT)** es un protocolo utilizado por 5 autores de pruebas de rendimiento variadas (Brown & Bray, 2019; MacMahon et al., 2014; Marcora et al., 2009; Silva-Cavalcante et al., 2018; Smith et al., 2015). Se trata de una tarea cognitiva que requiere vigilancia, memoria de trabajo e inhibición de la respuesta (Smith et al., 2015) en la que se presentan secuencias de cuatro letras en la pantalla del ordenador y consiste en presionar uno de los dos botones (derecho o izquierdo) en función de si son los ensayos objetivo o no objetivo. El rendimiento de AX-CPT se califica automáticamente en función del tiempo de reacción y la precisión de las respuestas. Cualquier respuesta perdida o incorrecta provoca un pitido de dos altavoces como un aviso para el participante de aumentar la velocidad y la precisión.
- El **RVP test (Rapid Visual Information Processing)** es una prueba que se realiza frente a un monitor en la que se muestran números del 1-9 en un cuadro negro-azul en el centro del monitor, en un orden aleatorio. Los números se muestran individualmente con una frecuencia de 100 veces por minuto. Los sujetos deberían presionar la tecla de espaciado en el ordenador cada vez que presencien una secuencia de tres números pares o impares mostrado 8 veces por minuto. En (Pires et al., 2018) el rendimiento cognitivo se midió como falsas alarmas, tiempo de reacción en m/s y precisión de las respuestas. Es decir, el porcentaje de secuencias numéricas incorrectamente identificadas.
- (Barzegarpour et al., 2020) expone que el **stroop colour word test** la tarea consiste en que aparezcan palabras de diferentes colores en un ordenador. En un 50% de los casos el color que leemos está en proyectado en ese mismo color, pero otro 50% no. La tarea trata de reaccionar lo más rápido posible ante estas últimas irregularidades. La mayoría de los estudios utilizan esta tarea, aunque con diferentes variantes.
- La **tarea de vigilancia** fue empleada en tan sólo un estudio (Brownsberger et al., 2013) y consistía en la presentación de secuencias de letras en el ordenador a las que los/as participantes deberían responder cuando apareciesen seleccionadas lo que les obligaría a mantener la incesante vigilancia durante 90 min. Además, para el/la participante más atento/a había un premio económico.
- El **test aritmético** presente en la intervención 2 de (Filipas et al., 2018) consiste en una prueba matemática de lápiz y papel.
- Otro autor optó por una **batería de pruebas cognitivas** (Filipas et al., 2020).
- La **tarea de dibujar** fue utilizada en el estudio número 1 y único incluido de (Greco et al., 2017) y consistía en que los/las participantes dibujasen figuras en la pantalla del teléfono para resolver acertijos, propuestos por una aplicación que contenía la solución más rápida para pasar de nivel y aumentar la motivación por la actividad. Por tanto, esta tarea resultó motivante y competitiva. Los/as participantes trataron de retarse tantas veces como fuese posible en los 30 minutos que duraba la tarea cognitiva.

Resultados de las pruebas de tiempo hasta la extenuación

En 5 de 6 estudios (Barzegarpoor et al., 2020; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2019; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019; Salam et al., 2018) el tiempo hasta la extenuación (TTE) fue menor en la condición experimental (fatiga mental) que en la condición control. Esto quiere decir que la fatiga mental influyó negativamente en el rendimiento en tareas realizadas hasta el agotamiento, bien sean protocolos de carga constante (Barzegarpoor et al., 2020; Lopes et al., 2020; Marcora et al., 2009; Martin et al., 2019) o incrementales (MacMahon et al., 2019; Salam et al., 2018). Estos resultados se acompañan de una percepción subjetiva del esfuerzo más alta durante el ejercicio hasta la extenuación que venía precedido por un protocolo de trabajo cognitivo exigente. En este caso, 5 (Barzegarpoor et al., 2020; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2019; Marcora et al., 2009; Salam et al., 2018) de los 6 estudios mencionados anteriormente, reportan una RPE mayor en la condición experimental (con fatiga mental) en comparación con la condición control (sin fatiga mental previa). Solamente un estudio determinó que no existían diferencias significativas en el TTE entre condiciones (Martin et al., 2019) y que el RPE no era mayor cuando los sujetos estaban bajo condiciones de fatiga mental (Martin et al., 2019). La síntesis cualitativa no muestra un efecto del protocolo de fatiga mental sobre la FC durante la tarea de tiempo hasta la extenuación (TTE), ya que 5 de 5 estudios (Barzegarpoor et al., 2020; Lopes et al., 2020; MacMahon et al., 2019; Marcora et al., 2009; Salam et al., 2018), que la analizan no encuentran diferencias entre la condición experimental y la condición control. Por otro lado, en cuanto a la producción de lactato sanguíneo (La), es una variable poco estudiada, para la que obtenemos un total de dos estudios que aportan este dato. Además, los datos obtenidos no son concluyentes ya que (Marcora et al., 2009) no encuentra diferencias en esta variable y (Salam et al., 2018) obtiene que hay una mayor acumulación de lactato (La) en la prueba control que en las pruebas realizadas tras una actividad cognitiva exigente.

Resultados de las pruebas contrarreloj

Entre los estudios seleccionados que estudian el efecto de la fatiga mental sobre el rendimiento en este tipo de tareas (contrarreloj), obtenemos pruebas en cicloergómetro (Brown & Bray, 2019; Brownsberger et al., 2013; Filipas et al., 2019, 2020; Martin et al., 2016; Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018) en las que el objetivo de rendimiento es superar una distancia determinada en el menor tiempo posible (Brown & Bray, 2019; Brownsberger et al., 2013; Filipas et al., 2019, 2020; Martin et al., 2016) o pruebas en las que el reto está en completar la mayor distancia posible en un tiempo previamente determinado (Pires et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018). Los resultados muestran un aumento del tiempo para completar la distancia objetivo en la condición de fatiga mental (Pires et al., 2018) salvo en 1 estudio (Silva-Cavalcante et al., 2018) donde no encuentran diferencias significativas entre condiciones. Lo mismo, ocurre con las pruebas en remo-ergómetro (Filipas et al., 2018), en kayak (Staiano et al., 2019), en natación (Penna, Filho, Wanner, et al., 2018) o en tapiz rodante (MacMahon et al., 2014; Pageaux et al., 2014), donde se puede observar que el tiempo es mayor tras haber realizado un trabajo cognitivo exigente antes de llevar a cabo el ejercicio físico.

Cuando analizamos las variables perceptivas y fisiológicas, nos encontramos que la RPE es mayor en condiciones de fatiga mental en tal sólo 3 de 14 estudios (Pageaux et al., 2014; Pires et al., 2018; Staiano et al., 2019). En el resto de los estudios, los autores no encuentran diferencias en el aumento del RPE entre ambas condiciones, experimental y control. En cuanto, a las variables FC y La, estas no son analizadas en todos los estudios. La primera de ellas, la FC, se analiza en 9 (Filipas et al., 2018, 2019; Lam et al., 2021; Martin et al., 2016; Pageaux et al., 2014; Penna, Filho, Wanner, et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018; Staiano et al., 2019) de 14 estudios y, en 8 de ellos (Filipas et al., 2018; Lam et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Martin et al., 2016; Pageaux et al., 2014; Penna, Filho, Wanner, et al., 2018; Silva-Cavalcante et al., 2018) se reporta que las diferencias entre condiciones no son significativas. Tan sólo 1 estudio (Staiano et al., 2019) reporta valores más bajos de FC en la condición experimental durante una prueba contrarreloj de 2000 metros realizada por kayakistas, cuando se comparan con la condición control. Para el La, tenemos que 4 estudios (Filipas et al., 2019; MacMahon et al., 2014; Martin et al., 2016; Pageaux et al., 2014) establecen que la acumulación de lactato no reporta diferencias entre condiciones. De nuevo, (Staiano et al. (2019) reporta mayores niveles de lactato en sangre (La) en la condición experimental que en la condición de control.

Resultados de pruebas de carácter intermitente

En la presente revisión se incluyeron un total de 8 artículos (Filipas et al., 2021; Greco et al., 2017; Lam et al., 2021; Penna, Filho, Campos, et al., 2018; Smith et al., 2015; Veness et al., 2017; Weerakkody et al., 2021) que analizan los efectos de la fatiga mental sobre el rendimiento en pruebas de resistencia de cuerpo entero hasta la extenuación 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) excepto en 1 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/as participantes han sido sometidos/as a una tarea cognitiva exigente previa.

Por otro lado, todos los artículos han estudiado el RPE en este tipo de esfuerzos, aportando unos resultados que confirman el efecto de la fatiga mental en la prueba experimental, aumentando esta variable con respecto a la condición control. Las variables fisiológicas, tales como la acumulación de lactato en sangre (La), que no es significativa (Penna, Filho, Campos, et al., 2018; Smith et al., 2015) o la frecuencia cardíaca (FC) que tampoco lo es (Smith et al., 2015, 2016; Weerakkody et al., 2021), exceptuando el 1 estudio (Filipas et al., 2021) en el que se reporta una mayor FC en la condición experimental respecto a la condición control.

DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática incluyó 29 intervenciones con un total de 428 participantes para examinar el efecto de la fatiga mental en el rendimiento físico en tareas de resistencia de cuerpo entero (pruebas contrarreloj, pruebas TTE de carácter continuo e intermitente [por ejemplo: YO-YO IR1]). Como ya hemos visto en la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos, la mayoría de ellos han perdido puntos por no cegar a los/as investigadores/as y a los/as voluntarios/as. Esto pone de manifiesto una dificultad específica en este campo de investigación, ya que podría dar lugar a diferentes expectativas con respecto a la tarea cognitiva o la tarea de control (menos exigente) previas a la prueba de rendimiento posterior. Sin embargo, ciñéndonos al análisis cuantitativo de la calidad de los estudios, podemos considerar que, en general, esta se puede considerar como buena (≥ 6 puntos).

Nuestro análisis revela que la fatiga mental 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 hubieran sido los mismos en todos los estudios, influyese 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 (TTE continua, TTE intermitente y contrarreloj), podemos observar que en el 86,2% de las intervenciones (25 de 29 estudios) hay un deterioro del rendimiento cuando los/as sujetos se encontraban fatigados/as mentalmente. Únicamente en 4 estudios (Martin et al., 2016, 2019; Penna et al., 2021; Silva-Cavalcante et al., 2018) no se observa un efecto negativo sobre el rendimiento inducido por la fatiga mental. En este sentido, Martin et al. (2016) utilizaron un protocolo máximo de 3 minutos (*all out*), observando que la fatiga mental no deterioró el rendimiento. Sus argumentos parecen dar con la respuesta, y es 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 nos 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/as (Martin 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 RPE 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 superior y resistencia a la fatiga mental (Martin et al., 2016). Tal y como se establece en Martin et al. (2016) el factor de adaptación puede que favorezca que la influencia de la fatiga mental sobre el rendimiento

sea menor en deportistas profesionales y con altos niveles de entrenamiento. Por otro lado, aunque la representación de mujeres es mucho menor y, por tanto, se necesita mayor evidencia científica, los resultados obtenidos hasta el momento no parecen indicar que existan diferencias en los efectos de la FM sobre el rendimiento entre hombres y mujeres. Se ha demostrado que el TTE disminuye igualmente en hombres y mujeres (Lopes et al., 2020).

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 FC y La similares, esto nos llevaría a pensar que el estrés fisiológico alcanzado en condiciones de fatiga mental es superior (es decir, una misma FC para una menor potencia media o una menor distancia recorrida). Por otro lado, la RPE, en general, aumenta en condiciones de fatiga mental, por lo que en consecuencia aumenta la percepción de esfuerzo percibida por los/as 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 RPE entre condiciones (fatiga mental vs. control). De acuerdo con lo establecido por Filipas et al., (2020) esto podría justificarse porque en una prueba TTE, 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 el RPE. Por otro lado, las diferencias en la calificación subjetiva del esfuerzo también podrían tener sus orígenes en el tipo de escala utilizada. Esto plantea la necesidad de paradigmas bien controlados que tengan en cuenta la contribución relativa que puedan tener otros parámetros, como por ejemplo la motivación y/o el aburrimiento en la prueba (Möckel et al., 2015).

CONCLUSIÓN

Tras la síntesis cualitativa realizada en esta revisión sistemática, se puede 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 (RPE). Por otra parte, la gran mayoría de los estudios analizados no muestran diferencias en variables fisiológicas tales como FC o La, a pesar de un empeoramiento del rendimiento físico, lo que señala un incremento en el estrés fisiológico de los/as sujetos que han sido sometidos previamente a una carga cognitiva exigente previa a la realización de dichas pruebas físicas. Por lo tanto, 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.

APLICACIÓN PRÁCTICA

Los resultados obtenidos sugieren la importancia de evitar cualquier actividad que implique demandas cognitivas previas a las sesiones de entrenamiento y/o competitivas, debido a los efectos nocivos sobre la resistencia al ejercicio. No obstante, la realidad social de nuestros tiempos limita mucho el control que podemos ejercer como entrenadores y/o educadores físico-deportivos sobre el estado inicial o línea de base previa a la realización de ejercicio físico. Por ello, es necesario aportar algunas estrategias a emplear para minimizar tales efectos sobre el rendimiento de los/as deportistas que estén bajo nuestra supervisión.

En primer lugar, debemos conocer el estado en el que cada uno/a viene a entrenar. Para ello, se propone el uso de escalas del sueño, o de cuestionarios “readiness” con preguntas que nos permitan detectar posibles contraindicaciones para la práctica del entrenamiento y de esta forma poder realizar adaptaciones. Aunque el uso de las ayudas ergogénicas está muy extendido en la actualidad, y para algunas de ellas hay evidencia científica sobre sus beneficios en el rendimiento físico, desde un punto de vista crítico, la base está en seguir ciertas pautas de alimentación equilibrada asesoradas por el profesional correspondiente, para después profundizar si fuese necesario, haciendo uso de algún tipo de suplementación nutricional, que retrasen la aparición de la fatiga, gestionen el estrés y mejoren el estado de ánimo, como la cafeína o algunos derivados de aminoácidos, como la tirosina o la taurina.

DESEMPEÑO Y DESARROLLO PROFESIONAL: adquisición de competencias

A continuación, y de acuerdo con las competencias del título académico de Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, se presenta una tabla resumen en la que se realiza una autoevaluación acerca de las competencias desarrolladas durante las distintas fases del proceso de la presente asignatura. La planilla consiste en una escala cuantitativa tipo Likert cuyas puntuaciones irán de 0 a 10, siendo estas respectivamente, la mínima y la máxima puntuación que se podrá otorgar según el grado de consecución de la competencia en el proceso de realización de este Trabajo Fin de Grado.

Tabla 4. Competencias TFG

CÓDIGO	COMPETENCIAS	PUNTUACIÓN
A1	Comprender los beneficios del deporte como experiencia de tiempo libre para ser capaz de incluir los indicadores fundamentales en la planificación y atender a los mismos en el desarrollo de la práctica de tiempo libre, considerando el género, la edad y la discapacidad, y analizando con enfoque crítico las estrategias de discriminación positiva.	5
A2	Comprender los procesos históricos de las actividades físico-deportivas y su influencia en la sociedad contemporánea, estudiando en el caso de España y Galicia, y la presencia diferenciada de los hombres y las mujeres.	7

A3	Conocer y analizar la cultura deportiva y proponer los cambios necesarios, en la propia y en la de las personas con las que se trabaja, desde la ética y el juego limpio, las diferencias de género y la visibilidad de los discapacitados.	5
A4	Conocer y comprender las bases que aporta la educación física a la formación de las personas.	6
A5	Fomentar la convivencia, estimulando y poniendo en valor la capacidad de constancia, esfuerzo y disciplina de los participantes en las actividades de educación física y deportiva.	6
A6	Diseñar y ordenar estrategias y espacios de aprendizaje que respondan a la diversidad social (sexo, género, edad, discapacidad, culturas...) y al respecto de los derechos que conforman los valores que aporta la educación física y deportiva a la formación integral de los ciudadanos.	6
A7	Promover y evaluar la formación de hábitos de actividad física y deporte a lo largo del ciclo vital, considerando que la edad, el género o la discapacidad son variables que necesitan de la intervención consciente para favorecer la igualdad de oportunidades.	6
A8	Diseñar, desarrollar y evaluar los procesos de enseñanza-aprendizaje, relativos a la actividad física y al deporte, con atención y tutorización según las características individuales y contextuales de las personas (género, edad, discapacidad, culturas, etc).	8
A9	Elaborar propuestas curriculares para las distintas etapas en el marco institucional de un centro educativo, desarrollando los elementos de la programación didáctica del área de educación física, de acuerdo con la legislación vigente al proyecto educativo de centro.	5
A10	Conocer los distintos niveles de legislación educativa y aplicar los fundamentos básicos que promueve en cuanto a la Planificación Didáctica de la Educación Física en las etapas educativas.	2
A11	Poseer un conjunto de habilidades o competencias docentes que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de educación física.	5
A12	Evaluar y elaborar instrumentos de recogida de datos que atiendan a los aprendizajes del alumno, al proceso de enseñanza en sí y a la función del docente.	7
A13	Identificar las principales tareas del profesor de educación física dentro y fuera del aula, resaltando las que hacen referencia a su labor tutorial, orientadora y departamental.	7
A14	Diseñar, planificar, evaluar técnico-científicamente y desarrollar programas de ejercicios orientados a la prevención, a la reeducación, a la recuperación y readaptación funcional en los diferentes ámbitos de intervención: educativo, deportivo y de calidad de vida, considerando, cuando sea necesario las diferencias por edad, género o discapacidad.	6
A15	Conocer, saber seleccionar y saber aplicar las técnicas de modificación de conducta que puede utilizar el profesional de Educación Física y Deportes en los diferentes ámbitos de su competencia laboral.	6
A16	Diseñar, programar y desarrollar actividades esenciales de la motricidad humana: el juego, la danza y la expresión corporal, el ejercicio y las actividades en el medio natural, en el ámbito educativo, recreativo y de la actividad física y la salud, promoviendo la igualdad de derechos y oportunidades y evitando la exclusión en función del género y la discapacidad.	5

A17	Programar y desarrollar actividades físico-deportivas en el medio natural, en el contexto educativo y recreativo, favoreciendo la participación a la que todos/as tienen derecho y evitando la invisibilidad por razones de género o discapacidad.	7
A18	Diseñar y aplicar métodos adecuados para el desarrollo y la evaluación técnico-científica de las habilidades motrices básicas en las diferentes etapas evolutivas del ser humano, considerando el género.	4
A19	Planificar, desarrollar, controlar y evaluar la técnica y científicamente el proceso de entrenamiento deportivo en sus distintos niveles y en las diferentes etapas de la vida deportiva, de equipos con miras a la competición, teniendo en cuenta las diferencias biológicas, entre hombres y mujeres y la influencia de la cultura de género en la actuación del entrenador/a en los/as deportistas.	7
A20	Diseñar, planificar y realizar funciones de animación para la utilización saludable del ocio.	6
A21	Diseñar, planificar y realizar actividades físicas y deportivas en lugares o espacios que implican un riesgo intrínseco: en el medio acuático, en la nieve o en otros espacios en el medio natural o con animales.	5
A22	Comprender los fundamentos neurofisiológicos y neuropsicológicos subyacentes al control del movimiento y, de ser el caso, a las diferencias por género. Ser capaz de realizar la aplicación avanzada del control motor en la actividad física y el deporte.	8
A23	Evaluar técnica y científicamente la condición física y prescribir ejercicios físicos en los ámbitos de la salud, el deporte escolar, la recreación y el rendimiento deportivo, considerando las diferencias biológicas por edad y género.	5
A24	Diseñar, planificar, evaluar técnica y científicamente y administrar programas de actividad física adaptada a personas y diferentes grupos de población con discapacidad o que requieran de atención especial.	5
A25	Identificar y comprender los requisitos psicomotores y sociomotores de las habilidades deportivas, ejecutando básicamente las habilidades motrices específicas de un conjunto de deportes, considerando las diferencias por género.	7
A26	Identificar y aplicar las peculiaridades didácticas de cada especialidad deportiva en la intención pedagógica de los diferentes ámbitos de intervención.	5
A27	Aplicar los principios cinesiológicos, fisiológicos, biomecánicos, comportamentales y sociales en los contextos educativos, recreativos, de la actividad física y la salud y del entrenamiento deportivo, reconociendo las diferencias biológicas entre hombres y mujeres y la influencia de la cultura de género en los hábitos de vida de los/as participantes.	6
A28	Realizar e interpretar pruebas de valoración funcional en los ámbitos de la actividad física saludable y del rendimiento deportivo.	5
A29	Identificar los riesgos para la salud que se derivan de la práctica de actividad física insuficiente y la inadecuada en cualquier colectivo o grupo social.	4
A30	Aplicar las técnicas y protocolos que le permitan asistir como primer interviniente en caso de accidente o situación de emergencia aplicando, de ser necesario, los primeros auxilios.	2

A31	Realizar el análisis funcional de la conducta en los contextos deportivos, educativos o de ejercicio físico para la salud, como paso previo a la intervención psicológica.	7
A32	Dirigir y gestionar servicios, actividades, organizaciones, centros, instalaciones, programas y proyectos de actividad física y deportiva desde los principios de igualdad de oportunidades, supervisando y evaluando la calidad, las garantías de seguridad y salud de los usuarios, así como su satisfacción y los resultados sociales y económicos.	6
A33	Seleccionar y saber utilizar el material y equipamiento deportivo adecuado para cada tipo de actividad físico-deportiva en el contexto educativo, deportivo, recreativo y de la actividad física y la salud.	5
A34	Realizar actos facultativos de elaboración de informes técnicos y peritajes, asesorar e inspeccionar sobre actividad deportiva, instalaciones y programas deportivos.	6
A35	Conocer y saber aplicar el método científico en los diferentes ámbitos de la actividad física y el deporte, así como saber diseñar y ejecutar las técnicas de investigación precisas, y la elección y aplicación de los estadísticos adecuados.	10
A36	Conocer y saber aplicar las nuevas tecnologías de la información y la imagen tanto en las ciencias de la actividad física y del deporte, como en el ejercicio profesional.	7

AGRADECIMIENTOS

Y hasta aquí, parece que hemos llegado al final. Cuatro años basados en un sinfín de tomas de decisión que, siendo mejores o peores, han perfilado un camino al que todavía hay que darle un par de vueltas de tuerca.

Para mí, no han sido sólo cuatro años, ya que, echando la vista atrás, pienso en aquella muchacha de mirada incierta, que se le salía el corazón cada vez que se lanzaba una pregunta en clase, y cuando todo apuntaba a que era ella quién tenía que responder, respondía con un hilito de voz que asomaba inseguridades, miedos y alguna que otra vergüenza.

No vamos a hablar de “piedras en el camino” porque todos los errores cometidos hasta entonces, hoy, sin duda, son aprendizajes. Es aquí, donde me permitiré darle las gracias a mi familia. Ellos lo han sufrido y celebrado todo conmigo. A mi hermana pequeña, María, de la que aún me queda mucho que aprender. Y a mamá y papá, por sacrificarse y darme siempre lo mejor; supongo que ellos son los culpables de este carácter tan perfeccionista y ambicioso. Doy fe que convivir con esta “cabeza pensante e impaciente” vuelve loco a cualquiera. A ti, abuela, por no rendirte jamás. A los que sé que estarían orgullosos de mí, también por vosotros.

Una facultad llena de profesorado con mucho que aportar, ya no sólo en lo académico. Con ellos/as he compartido experiencias y alguna que otra conversación. Me llevo buenos consejos y millones de recuerdos de esta casa. Sinceramente, no sé si esto es personal, pero recibir felicitaciones de profesores por un buen trabajo, ha sido muy gratificante. La mención especial en este apartado es para el que ha sido un compañero más que un profe en este proyecto

final, Gonzalo. El hilo conductor de mis ideas; largas conversaciones para acabar dando con el título exacto, dándole ese toque que reflejase lo personal. Gracias a él por acompañarme en todo este proceso durante el que considero que aprendí mucho. La verdad, que tomé una buena decisión desde el momento en el que me puse en sus manos.

Aprendí el valor de una verdadera amistad. Los que estáis conmigo desde siempre; gracias por escucharme y demostrarme que un amigo es un amigo, esté donde esté. Pero echando la vista atrás, no puedo irme sin confesaros que esta maravillosa experiencia no sería igual sin aquellas personas que el destino puso en mi camino. Gracias por todas esas conversaciones que se convirtieron en terapias, risas y carcajadas, entrenamientos, clases, planes improvisados, y mucho más. Gracias a todo este grupo de personas, por saber ser y estar de verdad, en cualquier circunstancia.

Ya para terminar, gracias, Álex. Mi pareja y compañero de viaje, y casualmente compañero de la mejor profesión del mundo. Una persona que conocí también durante mis dos últimos años de vida universitaria, y la verdad que no sé cómo explicaros lo que significó para mí desde entonces. Él es disciplina, esfuerzo, valentía, humildad y puro amor. El apoyo fundamental en cada uno de mis pasos.

Y hasta aquí, ahora sí parece ser el final. Así que seré breve. Con el corazón lleno y la mirada puesta en nuevos objetivos. Un achuchón eterno y hasta siempre.

BIBLIOGRAFÍA

- 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. (2019). Mental fatigue impairs time trial performance in sub-elite under 23 cyclists. *PLoS ONE*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218405>
- Filipas, L., Martin, K., Northey, J. M., la Torre, A., Keegan, R., & Rattray, B. (2020). 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>
- 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, A. M., Silva, B. M., Dias, Á. M., & Silva, B. M. (2020). No Sex Difference in Mental Fatigue Effect on High-Level Runners' Aerobic Performance. 52(10), 2207–2216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002346>
- MacMahon, C., Hawkins, Z., Schücker, L., & Schuecker, L. (2019). Beep Test Performance Is Influenced by 30 Minutes of Cognitive Work. 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., Menaspa, 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). <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>
- McCormick, A., Meijen, C., & Marcora, S. (2015). Psychological Determinants of Whole-Body Endurance Performance. *SPORTS MEDICINE*, 45(7), 997–1015. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0319-6>
- 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>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- 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*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.656499>
- Penna, E. M., Filho, E., Campos, B. T., Pires, D. A., Nakamura, F. Y., Mendes, T. T., Lopes, T. R., Smith, M., & Prado, L. S. (2018). MENTAL FATIGUE DOES NOT AFFECT HEART RATE RECOVERY BUT IMPAIRS PERFORMANCE IN HANDBALL PLAYERS. *REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE*, *24*(5), 347–351. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182405180483>
- 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*. <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. de 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*. *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. (2017). 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>