

Actividad física puntual y memoria motriz, los elementos de la interacción: Revisión Scoping

Punctual physical activity and motor memory, the elements of interaction: Scoping Review

Eric Roig Hierro; Marc Guillem Molins; Albert Batalla Flores
Universidad de Barcelona (España)

Resumen. La literatura previa a este estudio sugiere un efecto positivo sobre la consolidación de la memoria motriz producido por una simple dosis de ejercicio. Dada la variedad en los diseños experimentales utilizados en las investigaciones, se ha generado la necesidad de analizar las características de los diseños y su influencia sobre los resultados que se obtienen en la memoria motriz. En el presente estudio, se determinaron las variables que condicionan los efectos del ejercicio puntual sobre la memoria motriz. Para lograr lo anterior, se realizó una revisión sistemática de la literatura en formato *Scoping*. Se llevaron a cabo dos búsquedas extensivas en los meses de marzo de 2021 y enero de 2022 siguiendo los criterios recogidos en el protocolo PRISMA. Se sintetizó la información de 37 estudios y se generaron tres grandes bloques de análisis de las intervenciones experimentales: los factores que condicionan los resultados sobre la memoria motriz (parámetros de la actividad física, tipología de tarea motora y características de los sujetos), la dirección y magnitud de las mejoras y la caracterización metodológica de los estudios. A partir de estos bloques, se desprendieron las variables que conforman la compleja interacción entre la actividad física puntual y memoria motriz. Los hallazgos pretenden facilitar y orientar los diseños de las futuras intervenciones que se dirijan producir mejoras en la memoria.

Palabras clave: Ejercicio, Retención motriz, Consolidación, Moderadores, Revisión sistemática.

Abstract. Increasing evidence suggests a positive effect of acute exercise on motor memory consolidation. However, given the variety of experimental designs used in this field, the need to analyse the experimental designs characteristics and their influence on motor memory results has arisen. In this study, we conducted a systematic review of the literature in Scoping format to determine the variables that condition the acute exercise effects on motor memory. Two extensive searches were carried out in March 2021 and January 2022 following the criteria set out in the PRISMA protocol. We synthesized data from 37 studies and generated three main blocks of analysis: the factors that influence the results on motor memory (physical activity moderators, type of motor task and subject's features), the direction and magnitude of the improvements and the methodological quality of the studies. From these blocks, we were able to deduce the variables that integrate the complex interaction between a physical activity bout and motor memory. These findings are aimed at facilitating and guiding the future interventions that seek to produce improvements in memory.

Keywords: Acute exercise, Motor retention, Consolidation, Moderators, Systematic review.

Introducción

Los beneficios de la actividad física en las personas pueden ser descritos desde diferentes perspectivas. Destaca la pertinencia de los estudios sobre el impacto de la actividad física con relación a los procesos psicológicos (García-González & Froment, 2018; Reynaga-Estrada et al., 2016), el rendimiento académico (Marques et al., 2017) o las alteraciones de los sustratos neurales y sus consecuencias conductuales (Etnier et al., 2015). Aunque proceden de ámbitos científicos di-

ferenciados, se encuentran muy interrelacionados.

La intención de esta investigación era la de centrarse en la incidencia de la actividad física sobre la cognición, y, específicamente, sobre el proceso cognitivo de la memoria motriz. En este sentido, cabe destacar que en los últimos años han surgido estudios que evidenciaron el impacto positivo de una sesión puntual de ejercicio físico sobre la retención y consolidación de memorias motrices (Hübner et al., 2018; Marin et al., 2020; Roig et al., 2012). Concretamente, sobre memorias motrices adquiridas en un lapso temporal cercano al ejercicio (Thomas, Beck, et al., 2016).

El interés creciente en la materia, por su impacto en el aumento de la calidad de vida de las personas, llevó a la publicación reciente de una revisión con metaanálisis donde se destacaron los efectos

potenciadores del ejercicio puntual sobre la memoria motriz (Wanner, Cheng, et al., 2020). De acuerdo con las diferencias metodológicas de los diseños experimentales incluidos en dicha revisión, la magnitud y dirección de los efectos sobre la memoria motriz variaron (Wanner, Cheng, et al., 2020): mientras unos estudios encontraron que la intensidad moderada del ejercicio era suficiente para generar mejoras (Marin et al., 2020), otros apuntaron que la intensidad debía ser elevada para producir beneficios *offline* -posteriores a la práctica motriz- sobre la consolidación de una memoria motora (Thomas, Johnsen, et al., 2016).

Esto se debe a que el aumento en la intensidad del ejercicio incide proporcionalmente en el aumento de los neurotransmisores disponibles (Helm et al., 2017; Loprinzi, 2019), propiciando así la activación en cascada de los procesos intracelulares que aumentan la potenciación a largo término, un proceso clave para la memoria motriz (Machado et al., 2008).

Tal y como se comprueba en el caso de la intensidad, el estudio del efecto de la actividad física puntual sobre funciones cognitivas como la memoria, fue adquiriendo un enfoque clínico (Mang, Brown, et al., 2016; Pesce, 2012). Desde esta perspectiva, se vinculó el efecto del ejercicio a la plasticidad que se genera tanto a nivel estructural como funcional. Derivado de ello, se comprende, desde un punto de vista neuroendocrinológico, la influencia sobre la memoria de algunos parámetros del ejercicio como la intensidad, la duración (Angulo-Barroso et al., 2019), la ubicación temporal de la tarea motora en relación con la sesión de ejercicio (Roig et al., 2012) -es decir, si se realiza el ejercicio antes o después de la tarea-, la tipología del ejercicio (Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsens, Christiansen, Korsgaard Johnsen, et al., 2017) -es decir si se realiza ejercicio simple (correr) o complejo (deportes) -, y su complejidad coordinativa (Tompsonski & Pendleton, 2018). Estos parámetros forman parte de los moderadores, que son aquellas variables que condicionan la dirección y magnitud de las mejoras sobre la cognición provocadas por el ejercicio (Chang et al., 2012).

Dado el interés ascendente en el campo, las investigaciones empezaron a centrarse en más variables que los parámetros del ejercicio, como las características de la tarea motora (Bonuzzi et al., 2020) y factores indivi-

duales como el género (Loprinzi & Frith, 2018) y la edad (Deveci et al., 2020; Loprinzi & Frith, 2018). Estos moderadores, se pueden controlar y variar, implicando afectaciones diferentes para la función de la memoria (Roig et al., 2016).

Llegados a este punto, la motivación que generaba esta revisión era la de conocer el papel de los diferentes elementos que intervienen en la relación entre actividad física puntual y memoria motora, con el objetivo de concretar el diseño eficaz de las intervenciones físicas que van dirigidas a la mejora de esta función cognitiva. Este objetivo, requería la utilización de un tipo de revisión sistemática de carácter cualitativo, haciendo énfasis en las características de los diseños experimentales, y que pudiera complementar la revisión ya vigente que analizaba los resultados cuantitativos de las investigaciones (Wanner, Cheng, et al., 2020). Para lograr esto, el presente estudio realizó una revisión sistemática de la literatura en formato *Scoping*, que permite conseguir una síntesis del conocimiento a partir de una pregunta exploratoria amplia -como es la de determinar la influencia de los elementos que condicionan los efectos de la actividad física puntual sobre la memoria motriz- y dirigida a relacionar conceptos clave, tipos de evidencia y vacíos en el campo (Colquhoun et al., 2014).

Métodos

Se realizó una revisión sistemática de la literatura en formato *Scoping* para analizar las características de las intervenciones realizadas en los estudios disponibles en el campo de la actividad física puntual y la memoria motriz. Con esta revisión, se pretendían sintetizar las principales características de los diseños experimenta-

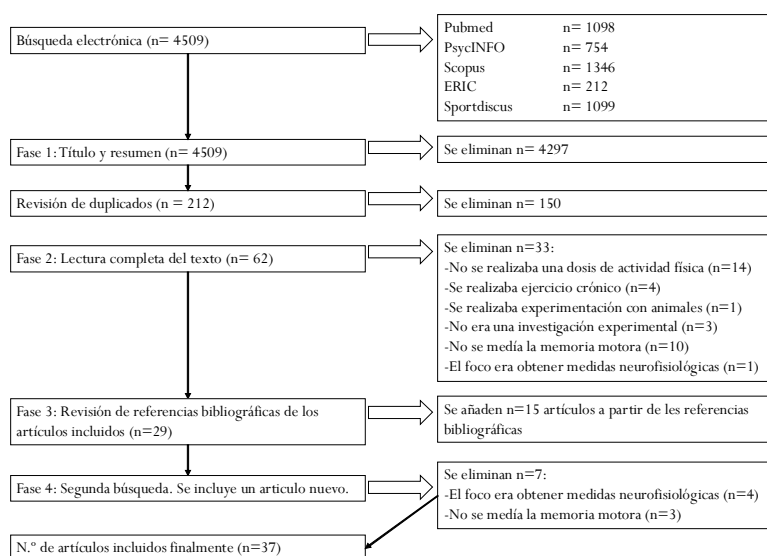


Figura 1: Ilustración del proceso de selección de artículos. Elaboración propia

les y sus resultados (Arksey & O'Malley, 2005). Para logarlo, se siguió el protocolo PRISMA para revisiones en formato *Scoping* (Tricco et al., 2018).

El proceso de selección de los artículos (ver figura 1) se siguió a partir de las cuatro fases que se presentan a continuación, determinadas por los criterios de inclusión de los estudios:

-En la primera fase, los estudios debían incluir las palabras clave en el título, llevar a cabo un experimento, medir la memoria motora, incluir población sana, utilizar actividad física puntual y estar escritos en castellano o inglés.

-En la segunda fase, de lectura completa, se aseguraba que el diseño incluía un grupo control y test de retención posteriores a la práctica.

-En la tercera fase, se recuperaron las referencias bibliográficas de todos los estudios incluidos en la fase anterior, y se aplicaron los mismos criterios que en la fase primera y segunda.

-La última fase, aseguraba la calidad metodológica del estudio a partir del instrumento PEDro, revisado y consentido por los tres autores. Se puede revisar el instrumento en el apéndice 2.

Las bases de datos utilizadas fueron Pudmed, PsycINFO, SPORTDiscus, ERIC, RETOS y Scopus. La última búsqueda se realizó el día 12/01/2022. Los dos grandes bloques de interés que determinaron la literatura seleccionada fueron la memoria motriz y la actividad física puntual. Dentro de cada bloque se recogían las palabras clave que conducían la búsqueda (Consultar Apéndice 1: Estrategia de búsqueda) y se combinaban a partir de los operadores booleanos *AND*/ *OR*/ *NOT*.

Para extraer y categorizar la información se utilizó un formulario de extracción, que presentaba la información técnica y específica (tipo de tarea, parámetros del ejercicio, limitaciones, etc.) del artículo, creado por los tres autores y testado en un pilotaje previo.

Llegados a este punto, se planteó la necesidad de medir el riesgo de sesgo, aunque no es necesario en las revisiones *Scoping* (Tricco et al., 2018). Para ello, se realizó un análisis de las características metodológicas de los estudios a partir de una escala utilizada en otras revisiones de este campo (Wanner, Cheng, et al., 2020), y así determinar la exclusión de aquellos artículos que no cumplían una puntuación mínima de cuatro sobre 11.

Resultados

El apartado de resultados se organiza a partir de

cuatro bloques de interés. El primero, las características de las muestras que se recogen en los diseños experimentales de los estudios. El segundo, describe la evaluación de la calidad metodológica de los estudios que se siguió con la guía PEDro previamente mencionada. El tercero, destaca los hallazgos relativos a los parámetros de la actividad física y su incidencia en la memoria motriz. Finalmente, el último bloque presenta las características de las tareas motrices y las diferencias en los resultados según el tipo de tarea.

Características de las muestras en los diseños experimentales

El número de investigaciones recogidas fue de 37. El proceso de selección de los artículos se detalla en la figura 1. En relación con los diseños experimentales incluidos, se destaca, en su mayoría, una muestra comprendida por jóvenes sanos de entre 18 y 24 años, a excepción de cinco estudios que utilizaron otros grupos poblacionales, como niños y niñas (Angulo-Barroso et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2018; Lundbye-Jensen et al., 2017; Munz et al., 2021) o personas mayores (Hübner et al., 2018).

El número de la muestra seleccionada en los estudios variaba entre 12 (Munz et al., 2021) y 77 (Lundbye-Jensen et al., 2017). La muestra media de personas fue de 37.97. Se pueden consultar los detalles en la tabla 1.

Calidad metodológica de los estudios

De un total de 11 puntos en la escala PEDro, la media de los estudios se ubicó en 5.75 (consultar Apéndice 2). Los criterios menos atendidos de la escala fueron los cegamientos tanto a interventores y asesores como en distribución. Además, solamente un 35.15% de estudios realizaron cegamiento sobre las personas participantes.

Actividad física

Un parámetro clave del ejercicio puntual es la intensidad (Thomas, Johnsen, et al., 2016). En el 78.37% de investigaciones de N=37 se realizaron intervenciones de ejercicio de alta intensidad, mientras que el 30.56% realizaron ejercicio de intensidad moderada, y el 11.12% de baja intensidad (ver resultados en la tabla 1).

Otro parámetro de la actividad física que variaba en los diseños fue la duración del ejercicio, que podía ser de cinco minutos (Angulo-Barroso et al., 2019) -siendo suficiente para generar mejoras- hasta 40 minutos (Munz et al., 2021).

Tabla 1

Características de los diseños experimentales de los estudios recogidos. Elaboración propia

Estudio	Participantes	N.º Edad	Actividad física	Intensidad	Temporalidad	Tarea motriz	Resultados principales
(Beck et al., 2020)	Hombres jóvenes sanos	48 Edad media 24.8 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Después de la tarea motora	Seguimiento visomotor (VAT)	Retención 24 horas (Ret 24h). Protección sobre la interferencia gracias al ejercicio.
(Wanner, Müller, et al., 2020)	Jóvenes sanos/as	50 Edad media grupos: (G1) 25.7 ± 3.6 años (G2) 25.1 ± 2.3 años (G3) 25.3 ± 2.7 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad o intensidad moderada	Antes de la tarea motora	Balanceo dinámico	Ret 24h. No se encontraron diferencias entre grupos.
(Bonuzzi et al., 2020)	Jóvenes sanos/as	40 Edad media grupos: (GE) 21.7 ± 3.06 años (GC) 20.25 ± 1.95 años	Correr	De ejercicio moderado a intenso	Después de la tarea motora	Servicio de voleibol	Ret 24 h. Mejor retención para los grupos ejercicio.
(Singh et al., 2016)	Jóvenes sanos diestros/as	25 Edad media 27 años	Ciclismo estático	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	Coordinación bimanual	Test de adquisición. No se encontraron diferencias entre grupos.
(Mang, Snow, et al., 2016)	Jóvenes sanos/as	16 Edad media 25.7 ± 4.6 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes de la tarea motora	Selección en serie.	Ret 24 h. Mejor retención en las secuencias repetidas para el grupo ejercicio.
(Stavrinou & Coxon, 2017)	Jóvenes sanos/as	24 Edad media 23.63 ± 4.38 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes de la tarea motora	SVIPT	Ret 5 h. Mejor retención para el grupo ejercicio.
(Jo et al., 2019)	Jóvenes sanos	46 Edad media 19.56 ± 1.24 años	Ciclismo estático	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	Producción discreta de patrones de localización espacial (DSPT)	Ret 6 h. Mayor protección frente a la interferencia para el grupo ejercicio.
(Ferrer-Uris et al., 2018)	Niños/as sanos/as	33 Edad media grupos: (GE1) 9.2 ± 1.1 años (GE2) 9.1 ± 0.8 años (GC) 8.8 ± 0.7 años	Correr (20mSRT)	Intervalos de alta intensidad	Antes o después de la tarea motora	Adaptación visomotora rotacional (rVMA)	Ret 24h y siete días. Mejores valores (IDE o RMSE) en las retenciones del grupo que realizó ejercicio previo.
(Hübner et al., 2018)	Personas mayores sanas	41 Edad media 69.51 ± 2.97 años	Ciclismo estático	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	Concordancia de fuerzas	Ret 24h. Mejor retención para el grupo ejercicio.
(Marin et al., 2020)	Hombres jóvenes sanos y diestros	15 Edad media 23.2 ± 4.21 años	Ciclismo estático	Alta intensidad o intensidad moderada	Después de la tarea motora	Tiempo de reacción en serie (SRTT)	Ret siete días, dos semanas y tres semanas. Mejor retención para el grupo ejercicio, sobre todo en aprendizaje secuencial.
(Thomas, Beck, et al., 2016)	Hombres jóvenes sanos y diestros	48 Edad media 24.0 ± 2.5 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Después de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio inmediato a la tarea.
(Snow et al., 2016)	Jóvenes sanos/as	16 Edad media 25.7 ± 3.1 años	Ciclismo estático	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	Seguimiento continuo	Ret 24 h. Beneficios en adquisición para el grupo ejercicio, pero no se encontraron diferencias en la retención.
(Charalambous et al., 2019)	Adultos sanos/as	26 Franja de edad de entre 18 y 40 años	Ergómetro de brazos y piernas	Intervalos de alta intensidad	Después de la tarea motora	Caminar por una cinta de dos carriles	Ret 24h y siete días. No se encontraron diferencias entre grupos.
(Swarbrick et al., 2020)	Jóvenes sanos/as	25 Edad media grupos: (G1) 21.5 años (G2) 22.2 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad o intensidad moderada	Después de la tarea motora	Melodía en un piano	Ret 24h y siete días. No se encontraron diferencias entre grupos, excepto mejor transferencia para el grupo ejercicio.
(Munz et al., 2021)	Niños sanos	12 Edad media 10.2 ± 1.4 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Después de la tarea motora	Aprendizaje motor secuencial	Ret 14h. No se encontraron diferencias en la retención, aunque sí en la estabilización de la memoria a favor del grupo ejercicio.
(Chen et al., 2020)	Jóvenes sanos/as	72 Edad media 20.1 ± 0.20 años	Ciclismo estático	Alta intensidad	Después de la tarea motora	SRTT	Ret 6h. Mejor retención y protección a la interferencia para el grupo ejercicio.
(Roig et al., 2012)	Hombres jóvenes sanos y diestros	48 Edad media grupos: (GC) 23.93 años (G1) 24.06 años (G2) 24.37 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes o después de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención para los grupos que realizaron ejercicio, sobre todo posterior.
(Lundbye-Jensen et al., 2017)	Niños/as sanos/as	77 Edad media 10.5 ± 0.75 años	Hockey pista o correr	Intervalos de alta intensidad	Después de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención para los grupos que realizaron ejercicio.
(Opie & Semmler, 2019)	Jóvenes sanos/as	13 Edad media 24 ± 3.3 años	Ciclismo estático	Alta intensidad o intensidad baja	Antes de la tarea motora	Abducción dedo pulgar	Ret 24h. Mejor retención para el grupo de baja intensidad.
(Helm et al., 2017)	Jóvenes sanos/as	54 Edad media 24.51 ± 2.83 años	Ergómetro de brazos	Alta intensidad	Antes de la tarea motora	Caminar por una cinta de dos carriles	Ret 24h. No se encontraron diferencias entre grupos.
(Mang et al., 2014)	Jóvenes sanos/as	16 Edad media 23.9 ± 3.7 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes de la tarea motora	Seguimiento continuado	Ret 24h. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio, sobre todo en el aprendizaje secuencial.
(Neva et al., 2019)	Jóvenes sanos/as	17 Edad media 24 ± 3 años	Ciclismo estático	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	rVMA	Ret 24h. Mejor retención para el grupo ejercicio.
(Lauber et al., 2017)	Jóvenes sanos/as	30 Edad media 23.5 ± 0.5 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes o después de la tarea motora	Balística	Ret 24h. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio previo.
(Rhee et al., 2016)	Jóvenes sanos/as	60 Franja de edad: 18-23	Ciclismo estático	Alta intensidad	Antes o después de la tarea motora	Aprendizaje motor secuencial	Ret 24h. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio 2 horas posterior a la tarea.
(Ferrer-Uris et al., 2017)	Jóvenes sanos/as	29 Edad media 21.2 ± 1.9 años	Correr (20 mSRT)	Intervalos de alta intensidad	Antes o después de la tarea motora	rVMA	Ret 24h y siete días. Se observaron mejoras para el grupo ejercicio en la adquisición, pero no hubo diferencias en la retención.
(Angulo-Barroso et al., 2019)	Niños/as sanos/as	71 Edad media 9.13 ± 0.8 años	Correr (20m SRT)	Intervalos de alta intensidad	Antes de la tarea motora	rVMA	Ret 24h y siete días. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio.
(Skriver et al., 2014)	Hombres jóvenes sanos y diestros	32 Edad media grupos: (GE) 24.06 ± 3.36 años (GC) 23.93 ± 3.70 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio.
(Ostadan et al., 2016)	Jóvenes sanos/as	48 Edad media grupos: (GC) 24.26 ± 4.83 años (GE) 22.36 ± 3.87 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Antes de la tarea motora	SRTT	Ret 8h. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio.
(Dal Maso et al., 2018)	Jóvenes sanos/as diestros/as	25 Menos de 36 años (no específica)	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad	Después de la tarea motora	VAT	Ret 8h y 24h. Mejor retención de 24 horas para el grupo que realizó ejercicio.
(Statton et al., 2015)	Jóvenes sanos/as	46 Edad media 23 ± 3 años	Correr o caminar	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	SVIPT	Test de adquisición. Se observó un nivel superior en el grupo que realizó ejercicio.
(Christiansen et al., 2019)	Hombres jóvenes sanos	65 Edad media 24.3 ± 2.5 años	Ciclismo estático	Intensidad alta o baja	Después de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio.
(Tomporowski & Pendleton, 2018)	Jóvenes sanos/as	32 Edad media 22.9 ± 2.9 años	Tarea de bailes (DDR)	Intensidad moderada	Antes o después de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención de siete días para el grupo que realizó ejercicio complejo.
(Thomas, Johnsen, et al., 2016)	Hombres jóvenes sanos y diestros	36 Edad media 24 ± 3 años	Ciclismo estático	Intervalos de alta intensidad o intensidad moderada	Después de la tarea motora	VAT	Ret 24h y siete días. Mejor retención para el grupo que realizó ejercicio de alta intensidad.
(Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017)	Jóvenes sanos/as	40 Edad media 25.3 ± 3.6 años	Entrenamiento de fuerza, circuitos o hockey	Alta intensidad	Después de la tarea motora	VAT	Ret 24h. Mejor retención para los grupos que realizaron ejercicio, sin diferencias entre ellos.
(Baird et al., 2018)	Jóvenes sanos/as	48 Edad media grupos: (GE1) 23.19 ± 2.9 años (GE2) 22.81 ± 3.3 años (GC) 24.06 ± 3.4 años	Ciclismo estático	Intensidad alta o baja	Antes de la tarea motora	Selección en serie	Ret 24h. No se encontraron diferencias entre grupos.
(Perini et al., 2016)	Hombres jóvenes sanos	37 Edad media 22.9 ± 2.2 años	Ciclismo estático	Intensidad moderada	Antes de la tarea motora	Abducción balística del dedo pulgar	Test de adquisición. Mejoras en la precisión de la tarea para el grupo ejercicio.
(Hung et al., 2021)	Jóvenes sanos/as	16 Edad media grupos: (GE) 23 ± 2 años (GC) 24 ± 3 años	Ciclismo estático	Alta intensidad	Después de la tarea motora	VAT	Ret 24h. No se encontraron diferencias entre grupos.

Tabla 2

Resultados en la memoria motriz de las investigaciones que utilizaban ejercicio de alta intensidad. Elaboración propia

Fase	Resultados
Retención motriz a las 24 horas	15 estudios (Angulo-Barroso et al., 2019; Christiansen et al., 2019; Dal Maso et al., 2018; Ferrer-Uris et al., 2018; Jo et al., 2019; Lauber et al., 2017; Lundbye-Jensen et al., 2017; Mang et al., 2014, 2016; Rhee et al., 2016; Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas et al., 2017; Thomas, Johnsen, et al., 2016) (65.21%) de N=23 encontraron resultados superiores para el grupo ejercicio de alta intensidad. Ocho investigaciones (Baird et al., 2018; Charalambous et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2017; Helm et al., 2017; Hung et al., 2018; Opie & Semmler, 2019; Swarbrick et al., 2020; Wanner et al., 2020) (34.79%) no encontraron diferencias entre grupo ejercicio y control.
Retención motriz a los siete días	De N=12 artículos, nueve (75%) encontraron resultados superiores en el grupo de alta intensidad (Angulo-Barroso et al., 2019; Christiansen et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2018; Lundbye-Jensen et al., 2017; Marin et al., 2020; Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Johnsen, et al., 2016), mientras que tres (25%) no encontraron diferencias (Charalambous et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2017; Swarbrick et al., 2020).

Tabla 3

Resultados en la memoria motriz según la ubicación temporal de la dosis de ejercicio. Se exceptúan las intervenciones que compararon ambas temporalidades. Elaboración propia

Fase	Resultados
Retención motriz a las 24 horas	Ejercicio antes (n=11) Siete estudios (63.63%) presentaron resultados superiores en el grupo ejercicio (Angulo-Barroso et al., 2019; Hübner et al., 2018; Mang et al., 2014, 2016; Neva et al., 2019; Opie & Semmler, 2019; Skriver et al., 2014) y cuatro estudios (36.36%) no encontraron diferencias con el grupo control (Baird et al., 2018; Ferrer-Uris et al., 2017; Snow et al., 2016; Wanner et al., 2020). En (Opie & Semmler, 2019) solo encontró beneficios el grupo de baja intensidad. Ejercicio después (n=10) Siete estudios (70%) (Beck et al., 2020; Bonuzzi et al., 2020; Christiansen et al., 2019; Lundbye-Jensen et al., 2017; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas et al., 2017; Thomas, Johnsen, et al., 2016) encontraron resultados superiores debido al ejercicio, mientras que tres estudios (30%) no (Charalambous et al., 2019; Hung et al., 2021; Swarbrick et al., 2020).
Retención motriz a los siete días	Ejercicio antes (n=2) Dos estudios encontraron beneficios (Angulo-Barroso et al., 2019; Skriver et al., 2014). Ejercicio después (n=7) Cinco investigaciones (71.42%) (Christiansen et al., 2019; Lundbye-Jensen et al., 2017; Marin et al., 2020; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Johnsen, et al., 2016) encontraron efectos superiores en esta fase de la memoria debido al ejercicio, y dos estudios (28.5%) no (Charalambous et al., 2019; Swarbrick et al., 2020).

Tabla 4

Tipología de actividad física incluida en las investigaciones. Elaboración propia

Remo	estático	Ciclismo	estático	Ciclismo	estático estándar	(n=28)	(Baird et al., 2018; Beck et al., 2020; Chen et al., 2020; Christiansen et al., 2019; Dal Maso et al., 2018; Hübner et al., 2018; Hung et al., 2018; Jo et al., 2019; Lauber et al., 2017; Lundbye-Jensen et al., 2017; Mang, Brown, et al., 2016; Mang et al., 2014; Marin et al., 2020; Munz et al., 2021; Neva et al., 2019; Opie & Semmler, 2019; Ostadan et al., 2016; Perini et al., 2016; Rhee et al., 2016; Roig et al., 2012; Singh et al., 2016; Skriver et al., 2014; Snow et al., 2016; Statton et al., 2015; Stavrinou & Coxon, 2017; Swarbrick et al., 2020; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Johnsen, et al., 2016)	Correr	(n=6)	(Angulo-Barroso et al., 2019; Bonuzzi et al., 2020; Ferrer-Uris et al., 2017; Lundbye-Jensen et al., 2017; Statton et al., 2015)	Deportes	(n=2)	(Lundbye-Jensen et al., 2017; Thomas et al., 2017)	Caminar	(n=1)	(Statton et al., 2015)	Bailes	(n=1)	(Tomprowski & Pendleton, 2018)
------	----------	----------	----------	----------	-------------------	--------	---	--------	-------	--	----------	-------	--	---------	-------	------------------------	--------	-------	--------------------------------

En lo que respecta a la ubicación temporal de la dosis de ejercicio con relación a la tarea motora, un total de 17 investigaciones (Beck et al., 2020; Bonuzzi et al., 2020; Charalambous et al., 2019; Chen et al., 2020; Christiansen et al., 2019; Dal Maso et al., 2018; Hung et al., 2021; Lauber et al., 2017; Rhee et al., 2016; Swarbrick et al., 2020; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017; Thomas, Johnsen, et al., 2016) realizaron una dosis de ejercicio posterior a la tarea, mientras que otras 16 investigaciones (Angulo-Barroso et al., 2019; Baird et al., 2018; Helm et al., 2017; Hübner et al., 2018; Jo et al., 2019; Mang et al., 2014; Mang, Snow, et al., 2016; Neva et al., 2019; Opie & Semmler, 2019; Ostadan et al., 2016; Perini et al., 2016; Singh et al., 2016; Skriver et al., 2014; Snow et al., 2016; Statton et al., 2015; Wanner, Müller, et al., 2020) situaron la dosis antes de la realización de la tarea motriz (ver resultados en la tabla 2).

En relación con el tema anterior, cuatro estudios compararon directamente el efecto de situar la dosis antes o después de la tarea motora. Mientras en una investigación no se encontraron diferencias (Ferrer-Uris et al., 2017), en dos se encontraron beneficios a favor del grupo que realizó el ejercicio posterior a la tarea (Roig et al., 2012; Tomporowski & Pendleton, 2018), y en otro estudio se encontraron diferencias a favor del grupo que realizaba el ejercicio previo a la tarea motora (Ferrer-Uris et al., 2018).

En lo que respecta al tipo de ejercicio puntual, varió

entre los diseños, como se comprueba en la tabla 3. La forma de ejercicio más utilizada fue el ciclismo estático. De N=27, el 66.7% de estudios presentaron resultados superiores en la retención pasadas 24 horas del grupo ejercicio. Otra forma de ejercicio eficaz fue correr, pues el 80% de N=6 presentó resultados superiores del grupo ejercicio en la tarea. Los estudios que analizaron formas de ejercicio deportivas comparándolas con formas simples como correr (Lundbye-Jensen et al., 2017; Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017), o incluso ejercicio a partir de bailes (Tomprowski & Pendleton, 2018), encontraron igualmente beneficios sobre la retención en los grupos que realizaban ejercicio.

Otro moderador que se destaca en este estudio es la distancia temporal entre la dosis de ejercicio y la tarea. Algunas investigaciones encontraron que el lapso podía llegar a ser de dos horas (Rhee et al., 2016), mientras que en otras no podía ser superior a una hora porque se desvanecían los efectos (Thomas, Beck, et al., 2016).

Tarea motriz

En las 37 investigaciones recogidas se llegan a utilizar hasta 19 tareas motrices diferentes para medir la memoria. Los resultados variaron en función -entre otros factores como los parámetros de la actividad física- de las características de las tareas motrices. En este apartado se comprobó que los resultados fueron variados según la tarea motriz en la cual se focalizaba la intervención. Por ejemplo, en la tarea de caminar por una

cinta de dos carriles no se encontraron beneficios generados por el ejercicio (Charalambous et al., 2019; Helm et al., 2017), mientras que en la tarea de seguimiento visomotor (VAT) se obtuvieron resultados superiores en la memoria en los grupos que realizaban ejercicio en la mayoría de los estudios (Beck et al., 2020; Christiansen et al., 2019; Dal Maso et al., 2018; Lundbye-Jensen et al., 2017; Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017; Thomas, Johnsen, et al., 2016; Tomporowski & Pendleton, 2018). En la tabla 4 se pueden comprobar las tareas de los diseños y sus resultados.

Discusión

En esta revisión se analizan las variables de las intervenciones prácticas que moderan los efectos del ejercicio físico sobre la memoria motriz. Para lograrlo, se han extraído tres bloques organizativos donde se reco-

gen los elementos para tener en cuenta durante el diseño de las intervenciones experimentales dirigidas a generar beneficios en la memoria motriz. El primer bloque, relativo a los moderadores, hace referencia a los factores que determinan el diseño de la intervención y condicionan los beneficios sobre la memoria (Chang et al., 2012). Destacan los parámetros del ejercicio (Roig et al., 2016), las características de las tareas motrices (Baird et al., 2018; Pereira et al., 2013) y las características de los participantes (Hübner et al., 2018; Loprinzi & Frith, 2018). El segundo bloque hace referencia a la dirección de los beneficios, es decir, sobre la fase de la memoria que afecta el ejercicio (Roig et al., 2016), y la magnitud de los efectos generados. El último bloque, informa sobre las características metodológicas de los estudios y sus limitaciones, para ofrecer información de cara a futuros diseños experimentales. En la tabla 6 se recoge la información de forma esquemática.

Tabla 5

Resultados según el tipo de tarea motora utilizada para medir la memoria. Elaboración propia

Tareas utilizadas	Número de estudios	Intentos de aprendizaje	Resultados obtenidos
VAT (Tarea de seguimiento visomotor)	N=10 (Beck et al., 2020; Christiansen et al., 2019; Dal Maso et al., 2018; Hung et al., 2021; Lundbye-Jensen et al., 2017; Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas et al., 2017; Thomas, Johnsen, et al., 2016)	132 intentos de media	Todos los estudios encuentran resultados superiores para el grupo ejercicio, excepto en (Hung et al., 2021).
Tarea de balanceo	N=1 (Wanner et al., 2020)	15 intentos.	No se encontraron diferencias entre grupos (Wanner, Müller, et al., 2020).
Saque de voleibol	N=1 (Bonuzzi et al., 2020)	15 blocs de cinco intentos.	Mejor retención para el grupo ejercicio (Bonuzzi et al., 2020).
Coordinación bimanual	N=1 (Singh et al., 2016)	160 intentos.	No se encontraron diferencias entre grupos. Sólo se media la fase de adquisición (Singh et al., 2016).
Selección en serie	N=2 (Baird et al., 2018; Mang, Snow, et al., 2016)	Tres bloques de 110 movimientos (Mang, Snow, et al., 2016) 144 movimientos (Baird et al., 2018).	Un estudio presentó mejor retención del grupo ejercicio (Mang, Snow, et al., 2016) mientras que no se encontraron diferencias en (Baird et al., 2018).
SVIPT (Pinchazo visual secuencial isométrico)	N=2 (Statton et al., 2015; Stavrinis & Coxon, 2017)	Siete bloques de 8 intentos (Stavrinis & Coxon, 2017) Cuatro bloques de 30 intentos (Statton et al., 2015).	Mejor retención en el grupo ejercicio (Stavrinis & Coxon, 2017) y mejor adquisición para el grupo ejercicio (Statton et al., 2015).
DSPT (Producción discreta de patrones de localización espacial)	N=1 (Jo et al., 2019)	10 bloques de 20 intentos.	Protección modesta ante la interferencia de una segunda tarea (Jo et al., 2019).
FM (Concordancia de fuerzas)	N=1 (Hübner et al., 2018)	Cuatro bloques de ocho intentos.	Mejor retención para el grupo ejercicio (Hübner et al., 2018).
SRTT (Tiempo de reacción en serie)	N=3 (Chen et al., 2020; Marin et al., 2020; Ostadan et al., 2016)	Cuatro bloques de 12 intentos (Marin et al., 2020). 15 bloques de 12 (Chen et al., 2020). 25 bloques de 12 (Ostadan et al., 2016).	Beneficios sobre la retención motriz para los grupos que realizaron ejercicio (Chen et al., 2020; Marin et al., 2020; Ostadan et al., 2016).
CT (Seguimiento continuado)	N=2 (Mang et al., 2014; Snow et al., 2016)	2 bloques de 20 intentos.	Mientras una investigación no encontró diferencias con el grupo control (Snow et al., 2016), otra observó beneficios en la retención motriz para el grupo ejercicio (Mang et al., 2014).
Caminar sobre una cinta de correr de dos carriles	N=2 (Charalambous et al., 2019; Helm et al., 2017)	Cinco minutos (Charalambous et al., 2019). 15 minutos (Helm et al., 2017).	No se encontraron diferencias con el grupo control (Charalambous et al., 2019; Helm et al., 2017).
Practicar una melodía de piano	N=1 (Swarbrick et al., 2020)	Seis bloques de 15 intentos.	No se encontraron diferencias con el grupo control (Swarbrick et al., 2020).
Aprendizaje motor secuencial	N=2 (Munz et al., 2021; Rhee et al., 2016)	12 bloques de 30 segundos.	No se encontraron diferencias con el grupo control (Munz et al., 2021; Rhee et al., 2016).
Abducción balística del dedo pulgar	N=3 (Laufer et al., 2017; Opie & Semmler, 2019; Perini et al., 2016)	10 bloques de 15 intentos (Opie & Semmler, 2019). Tres bloques de 15 intentos (Laufer et al., 2017). Seis bloques de 64 intentos (Perini et al., 2016).	Beneficios en la adquisición motriz para el grupo ejercicio (Perini et al., 2016). También se observaron beneficios en la retención para grupos que realizaron el ejercicio previo (Laufer et al., 2017) o de baja intensidad (Opie & Semmler, 2019).
Rmva (rotación visomotora).	N=5 (Angulo-Barroso et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2017, 2018; Neva et al., 2019; Tomporowski & Pendleton, 2018)	Cinco bloques de 10 intentos (Tomporowski & Pendleton, 2018). 200 intentos (Neva et al., 2019). 312 intentos (Angulo-Barroso et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2017, 2018).	Mejoras en la retención para los grupos que realizaron ejercicio excepto en (Ferrer-Uris et al., 2017) que no se encontraron diferencias.

Tabla 6

Elementos de la interacción entre actividad física puntual y memoria motora. Elaboración propia

Parámetros de la actividad física	
Características de la tarea motora	Intensidad y duración Ubicación temporal Tipología Distancia temporal con la tarea motora Tipo de tarea
Características de las personas participantes	Edad Género Fase de la memoria afectada Componentes de la tarea evaluados

Factores que condicionan los resultados sobre la memoria motriz

Parámetros de la actividad física

El moderador más analizado por la literatura del campo, y que se ha postulado como clave, es la intensidad del ejercicio (Chang et al., 2012; Statton et al., 2015). Según la perspectiva neuroendocrinológica, el ejercicio de elevada intensidad segrega mayor cantidad de neurotransmisores (Skriver et al., 2014) y BDNF (Singh et al., 2016), un factor neurotrófico derivado del cerebro, que el sistema aprovecha para la consolidación de una memoria motriz (Bekinschtein et al., 2008). Así, los beneficios posteriores a la práctica que se obtienen sobre la memoria motriz son mayores a más intensidad durante el ejercicio (Thomas, Beck, et al., 2016). Por este motivo, el 78.4% de las investigaciones recogidas en esta revisión realizan ejercicio de alta intensidad (ver tabla 2). Los resultados confirman la hipótesis predominante, pues la mayoría de los estudios que utilizaron ejercicio de alta intensidad obtuvieron beneficios sobre la memoria en la retención de 24 horas y 7 días posterior al aprendizaje (Angulo-Barroso et al., 2019; Bonuzzi et al., 2020; Roig et al., 2012; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Johnsen, et al., 2016).

Sin embargo, investigaciones como las de Tomporowski & Pendleton (2018) destacaron que la intensidad moderada es suficiente para generar mejoras, por lo que se propone que la intensidad del ejercicio no sea el único moderador clave (Wanner, Müller, et al., 2020). Por ejemplo, la duración del ejercicio. En este sentido, en la literatura encontramos una media de 17.7 minutos de ejercicio de alta intensidad a intervalos, 15.7 minutos de alta intensidad continua, y 28 minutos de media de intensidad moderada. No obstante, estudios como los de Angulo-Barroso et al. (2019) que encuentran que una dosis de cinco minutos es suficiente para generar beneficios a largo plazo en la memoria motriz, sugieren que la duración del ejercicio no será relevante, en cuanto que estará vinculada a la intensidad a la que se realiza, y, en consecuencia, al desgaste energético que supone tal ejercicio (Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017).

La ubicación temporal de la dosis de ejercicio respecto a la tarea es otro parámetro relevante (Roig et al., 2012; Tomporowski & Pendleton, 2018). Dado que los incrementos producidos por el ejercicio puntual son transitorios (Wanner, Cheng, et al., 2020), se hipotetiza que el ejercicio previo al aprendizaje motor facilita los procesos de codificación en la memoria y consolidación

temprana, mientras que el ejercicio posterior a la tarea afecta directamente los procesos de consolidación y, por tanto, se aprecian mayores beneficios *offline* (Roig et al., 2012; Wanner, Cheng, et al., 2020). Los resultados de esta investigación apoyan esta idea (ver tabla 3), ya que se obtienen mayores beneficios en la consolidación, como mínimo 24 horas posterior al aprendizaje, en los grupos que realizaban ejercicio posterior (Christiansen et al., 2019; Lundbye-Jensen et al., 2017; Marin et al., 2020; Thomas, Beck, et al., 2016; Thomas, Johnsen, et al., 2016).

A pesar de lo anterior, las cuatro investigaciones que comparan directamente los efectos del ejercicio según su ubicación temporal en relación con el aprendizaje motor muestran resultados diversos, ya sea favor del ejercicio previo al aprendizaje motor (Ferrer-Uris et al., 2018), posterior al aprendizaje motor (Roig et al., 2012; Tomporowski & Pendleton, 2018), o indiferente (Ferrer-Uris et al., 2017). Se requieren más investigaciones que comparen directamente los efectos de la ubicación temporal del ejercicio.

De los resultados de esta revisión también se extrae que cualquier forma de ejercicio físico es capaz de generar beneficios sobre la memoria motriz, reivindicando así la importancia de la demanda energética por encima de otras demandas vinculadas a las características cualitativas del ejercicio. Los estudios que analizaron diferentes tipologías de ejercicio físico, como actividades deportivas comparadas con formas simples -como el ciclismo estático-, no encontraron diferencias entre grupos (Lundbye-Jensen et al., 2017; Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017).

En este sentido, se encuentra una menor influencia de las características cualitativas del ejercicio -como su tipología-, en las investigaciones del campo, más centradas en analizar los parámetros cuantitativos del ejercicio (Pesce, 2012), como la intensidad. Sin embargo, la hipótesis que sugiere que todas las formas de actividad física provocan el mismo efecto sobre la memoria ha sido rechazada por algunos estudios que han demostrado que la tipología de ejercicio condiciona las afectaciones sobre la memoria (Tomporowski & Pendleton, 2018). En Tomporowski y Pendleton (2018), el grupo que realizaba bailes de mayor complejidad como forma de ejercicio obtenía mayores beneficios *offline* del aprendizaje motor que el grupo que practicó bailes simples. Estos resultados abren la posibilidad de analizar la influencia de las demandas coordinativas del ejercicio sobre la consolidación motriz. En esta línea, algunas investigaciones

sugieren que los patrones de movimientos pueden tener demandas corticales únicas, siendo los más complejos los que más incrementan la excitabilidad cortical (Carey et al., 2005; Özkaya et al., 2005), además de provocar cambios estructurales en algunas regiones claves para la memoria (Best, 2010; Carey et al., 2005).

Características de la tarea motriz que se aprende

En esta revisión se han incluido hasta 19 tareas motrices diferentes, utilizadas para analizar la evolución de su aprendizaje y consolidación según la influencia que el ejercicio ejercía sobre ellas (ver tabla 5). En este punto, se debe cuestionar si todas las tareas se ven beneficiadas por una sesión de ejercicio. No existe, hasta el momento, ninguna investigación que compare los efectos del ejercicio entre tareas motrices de aprendizaje diferentes. De hecho, en las tareas recogidas en los estudios, existe una gran variedad en cuanto a requerimientos coordinativos y cognitivos. Por ejemplo, en tareas que implicaban todo el cuerpo, como balanceo dinámico (Wanner, Müller, et al., 2020) o caminar por una cinta de dos carriles (Charalambous et al., 2019; Helm et al., 2017), no se encontraron beneficios inducidos por el ejercicio, excepto en una tarea de voleibol donde sí mejoró el grupo ejercicio comparado al control (Bonuzzi et al., 2020). En tareas de coordinación bimanual (Singh et al., 2016) y tareas de aprendizaje motor secuencial tampoco se encontraron beneficios del ejercicio sobre la retención (Munz et al., 2021; Rhee et al., 2016). Por el contrario, en otro tipo de tareas como la de aprendizaje de seguimiento visomotor, se ven beneficiadas por el ejercicio en la mayoría de los estudios (Angulo-Barroso et al., 2019; Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014). En este punto, se abre la posibilidad de analizar otros elementos de la tarea, como las demandas cognitivas o la complejidad coordinativa (Baird et al., 2018), para atender a las diferencias observadas en la afectación del ejercicio sobre la retención según la tarea motriz empleada para medir el aprendizaje.

Características individuales

El nivel físico de las personas (Roig et al., 2016) y el género (Loprinzi & Frith, 2018) son variables que pueden afectar la relación entre la actividad física y la memoria, aunque no han sido estudiadas por ninguna investigación en el ámbito motriz. Otra variable, es la edad. En este punto, se observa que la mayoría de los estudios recogen una muestra de entre 18 y 24 años. No obstante, algunos estudios han demostrado que los efectos del ejercicio sobre la memoria se pueden pro-

ducir en otras franjas de edad, como la etapa infantil (Angulo-Barroso et al., 2019; Ferrer-Uris et al., 2018; Lundbye-Jensen et al., 2017) o la franja de personas mayores (Hübner et al., 2018).

Dirección y magnitud de las mejoras generadas sobre la memoria motriz

En relación con la dirección de las mejoras posteriores al aprendizaje inducidas por el ejercicio, se concretan según la fase del proceso de memoria sobre la cual se afecta. Algunos diseños orientan los beneficios a la fase de codificación en la memoria, mientras que otros a la de consolidación (Roig et al., 2012). El elemento clave que condiciona la fase de la memoria que se afecta es la ubicación temporal de la dosis respecto a la tarea motriz. Mientras una dosis de actividad física previa a la tarea motora puede proporcionar al sistema mayores recursos para el momento de adquisición del aprendizaje, y, por tanto, de codificación, la dosis posterior a la tarea focaliza los recursos que se inducen en la fase de consolidación, y, por tanto, genera beneficios a más largo término (Wanner, Cheng, et al., 2020). En este sentido, esta revisión ha destacado que la ubicación de la dosis de ejercicio posterior a la tarea que se aprende ha generado mayores beneficios en la fase de consolidación a largo término.

En relación con la magnitud de las mejoras -concepto que hace referencia al grado que impacta la actividad física sobre la memoria motriz-, se han comentado a partir del análisis de los moderadores y sus resultados en el apartado anterior. La conclusión que se obtiene, en la línea de la revisión sistemática ya generada en el campo (Wanner, Cheng, et al., 2020), es que el ejercicio puntual genera beneficios sobre la consolidación de las memorias motrices.

Más allá de lo anterior, se destaca alguna tendencia observada a partir de la interacción entre moderadores. Por ejemplo, el 76.9% de estudios que utilizan una dosis de ciclismo de alta intensidad posterior a la tarea motora (N=13) obtienen mejoras en la consolidación de la tarea favorables al grupo ejercicio. De hecho, el 75% de estudios que utilizan ejercicio de intensidad elevada posterior a la tarea (N=16), obtienen resultados positivos en la consolidación motriz -como mínimo 24 horas posterior al aprendizaje inicial-. En cambio, si se varía un moderador como la ubicación temporal de la dosis, que pasa a ser previa a la tarea, hasta un 40% de estudios no reportan beneficios sobre la consolidación (Baird et al., 2018; Helm et al., 2017; Opie & Semmler, 2019; Wanner, Müller, et al., 2020). La investigación

futura deberá perseguir tendencias, como las presentadas anteriormente, con el objetivo de establecer un marco metodológico de intervención que sea eficaz para mejorar la consolidación de las memorias motrices y que sea aplicable en contextos cotidianos.

Limitaciones del campo

Más allá de la caracterización metodológica de los estudios que se destaca en el apartado resultados, se extraen algunas limitaciones de las investigaciones que deben tenerse en cuenta de cara a futuras investigaciones. La coincidencia más grande reside en el tamaño de la muestra, relativamente pequeña (Ferrer-Uris et al., 2018; Thomas, Flindtgaard, Skriver, Geertsen, Christiansen, Korsgaard, et al., 2017). Otras limitaciones van vinculadas a la no obtención de medidas de inhibición y/o excitabilidad cortical (Beck et al., 2020) y de electromiografías (Singh et al., 2016). Por lo que respecta a las pruebas de retención, se critica la escasa utilización de test posteriores a una semana (Bonuzzi et al., 2020), solo un estudio analiza la evolución de la memoria pasadas tres semanas del aprendizaje inicial (Marin et al., 2020).

Limitaciones del estudio

La diversidad metodológica observada entre diseños experimentales en el estudio de la relación entre ejercicio y memoria motriz dificultaba la comparación entre resultados. De este modo, resultaba difícil extraer conclusiones taxativas sobre un factor -por ejemplo, la intensidad-, debido a que los estudios variaban en la elección de otros factores -como la duración, la ubicación temporal o la tarea-. Dicha dificultad justificaba la pertinencia de realizar una revisión sistemática en formato *Scoping*. La decisión de seguir el protocolo PRISMA, aunque implicaba una exigente selección y análisis de los estudios incluidos, aportó una tipología de información de carácter cualitativo sobre los diseños experimentales necesaria en el campo. De hecho, las conclusiones extraídas en esta revisión pretenden ser útiles, aunque tomadas con la cautela necesaria, para los siguientes pasos del campo de estudio, dirigidos a unificar diseños experimentales y obtener resultados más taxativos en contextos cotidianos.

Conclusión

En esta revisión se extraen tres dimensiones de análisis de la interacción entre el ejercicio puntual y la

memoria motriz. Las dimensiones hacen referencia, en primer lugar, a los moderadores -de la tarea, de la actividad física y de las personas- que condicionan el impacto del ejercicio sobre la memoria, es decir, la dirección y magnitud de las mejoras -segunda dimensión-. La última dimensión hace referencia a las características metodológicas y limitaciones de los estudios recogidos en el campo, a partir de las cuales se debe entender la interacción entre las dos primeras dimensiones. El análisis de las dimensiones permite, no solamente destacar la influencia positiva del ejercicio físico puntual sobre los procesos de consolidación de una memoria motriz, sino también acotar las características de los diseños que tienen influencia en la memoria motriz.

El futuro del campo debe centrarse en establecer las bases metodológicas para estandarizar diseños eficaces orientados a generar mejoras en la memoria motriz, y por tanto afectar en la calidad de vida de las personas. Para realizar las futuras intervenciones en contextos cotidianos, se necesitarán, previamente, investigaciones que recojan muestras de más personas y con diseños experimentales unificados, que permitan establecer, progresivamente, correlaciones taxativas entre las decisiones metodológicas de la intervención y los resultados sobre la memoria motriz.

Referencias

- Angulo-Barroso, R., Ferrer-Uris, B., & Busquets, A. (2019). Enhancing children's motor memory retention through acute intense exercise: Effects of different exercise durations. *Frontiers in Psychology*, 10(AUG), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02000>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Baird, J., Gaughan, M., Saffer, H., Sarzynski, M., Herter, T., Fritz, S., den Ouden, D., & Stewart, J. (2018). The Effect of Energy-Matched Exercise Intensity on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Motor Learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 156, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.10.008>
- Beck, M. M., Grandjean, M. U., Hartmand, S., Spedden, M. E., Christiansen, L., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2020). Acute Exercise Protects Newly Formed Motor Memories Against rTMS-induced Interference Targeting Primary Motor Cortex. *Neuroscience*, 436, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.04.016>
- Bekinschtein, P., Cammarota, M., Izquierdo, I., & Medina, J. H. (2008). Reviews: BDNF and memory formation and storage. *Neuroscientist*, 14(2), 147–156. <https://doi.org/10.1177/1073858407305850>
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive

- function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Bonuzzi, G. M. G., Alves, É. J. M., & Perotti, A. (2020). Effects of the aerobic exercise on the learning of a sports motor skill. *Motriz. Revista de Educacao Fisica*, 26(2), 1–8. <https://doi.org/10.1590/s1980-6574202000011420>
- Carey, J. R., Bhatt, E., & Nagpal, A. (2005). Neuroplasticity promoted by task complexity. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 33(1), 24–31.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453(250), 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Charalambous, C. C., French, M. A., Morton, S. M., & Reisman, D. S. (2019). A single high-intensity exercise bout during early consolidation does not influence retention or relearning of sensorimotor locomotor long-term memories. *Experimental Brain Research*, 237(11), 2799–2810. <https://doi.org/10.1007/s00221-019-05635-7>
- Chen, J., Roig, M., & Wright, D. L. (2020). Exercise reduces competition between procedural and declarative memory systems. *ENeuro*, 7(4), 1–9. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0070-20.2020>
- Christiansen, L., Thomas, R., Beck, M. M., Pingel, J., Andersen, J. D., Mang, C. S., Madsen, M. A. J., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2019). The Beneficial Effect of Acute Exercise on Motor Memory Consolidation is Modulated by Dopaminergic Gene Profile. *Journal of Clinical Medicine*, 8(5), 578. <https://doi.org/10.3390/jcm8050578>
- Colquhoun, H. L., Levac, D., O'Brien, K. K., Straus, S., Tricco, A. C., Perrier, L., Kastner, M., & Moher, D. (2014). Scoping reviews: Time for clarity in definition, methods, and reporting. *Journal of Clinical Epidemiology*, 67(12), 1291–1294. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2014.03.013>
- Dal Maso, F., Desormeau, B., Boudrias, M. H., & Roig, M. (2018). Acute cardiovascular exercise promotes functional changes in cortico-motor networks during the early stages of motor memory consolidation. *NeuroImage*, 174(December 2017), 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.03.029>
- Deveci, S., Matur, Z., Kesim, Y., Senturk, G., Sargin-Kurt, G., Ugur, S. A., & Oge, A. E. (2020). Effect of the brain-derived neurotrophic factor gene Val66Met polymorphism on sensory-motor integration during a complex motor learning exercise. *Brain Research*, 1732(September 2019), 146652. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2020.146652>
- Etnier, J. L., Shih, C.-H., & Piepmeyer, A. (2015). Behavioral interventions to benefit cognition. *Retos*, 27, 197–202.
- Ferrer-Uris, B., Busquets, A., & Angulo-Barroso, R. (2018). Adaptation and retention of a perceptual-motor task in children: Effects of a single bout of intense endurance exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 40(1), 1–9. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0044>
- Ferrer-Uris, B., Busquets, A., Lopez-Alonso, V., Fernandez-Del-Olmo, M., & Angulo-Barroso, R. (2017). Enhancing consolidation of a rotational visuomotor adaptation task through acute exercise. *PLoS ONE*, 12(4), 3–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175296>
- García González, A. J., & Froment, F. (2018). Beneficios de la actividad física sobre la autoestima y la calidad de vida de personas mayores Benefits of physical activity on self-esteem and quality of life of older people. *Retos*, 33, 3–9.
- Helm, E. E., Matt, K. S., Kirschner, K. F., Pohl, R. T., Kohl, D., & Reisman, D. S. (2017). The influence of high intensity exercise and the Val66Met polymorphism on circulating BDNF and locomotor learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 144, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.06.003>
- Hübner, L., Godde, B., & Voelcker-Rehage, C. (2018). Acute exercise as an intervention to trigger motor performance and EEG beta activity in older adults. *Neural Plasticity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/4756785>
- Hung, A., Roig, M., Gillen, J. B., Sabiston, C. M., Swardfager, W., & Chen, J. L. (2021). Aerobic exercise and aerobic fitness level do not modify motor learning. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84764-y>
- Jo, J. S., Chen, J., Riechman, S., Roig, M., & Wright, D. L. (2019). The protective effects of acute cardiovascular exercise on the interference of procedural memory. *Psychological Research*, 83(7), 1543–1555. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1005-8>
- Laubert, B., Franke, S., Taube, W., & Gollhofer, A. (2017). The effects of a single bout of exercise on motor memory interference in the trained and untrained hemisphere. *Neuroscience*, 347(0), 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.01.048>
- Loprinzi, P. (2019). An integrated model of acute exercise on memory function. *Medical Hypotheses*, 126(March), 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.03.010>
- Loprinzi, P., & Frith, E. (2018). The Role of Sex in Memory Function: Considerations and Recommendations in the Context of Exercise. *Journal of Clinical Medicine*, 7(6), 132. <https://doi.org/10.3390/jcm7060132>
- Lundbye-Jensen, J., Skriver, K., Nielsen, J. B., & Roig, M. (2017). Acute exercise improves motor memory consolidation in preadolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(April), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00182>
- Machado, S., Portella, C. E., Silva, J. G., Velasques, B., Bastos, V. H., Cunha, M., Basile, L., Cagy, M., Piedade, R. A., & Ribeiro, P. (2008). Aprendizaje y memoria implícita: Mecanismos y neuroplasticidad. *Revista de Neurologia*, 46(9), 543–549. <https://doi.org/10.33588/rn.4609.2007092>
- Mang, C. S., Brown, K. E., Neva, J. L., Snow, N. J., Campbell, K. L., & Boyd, L. A. (2016). Promoting Motor Cortical Plasticity with Acute Aerobic Exercise: A Role for Cerebellar Circuits. *Neural Plasticity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6797928>
- Mang, C. S., Snow, N. J., Campbell, K. L., Ross, C. J. D., & Boyd, L. A. (2014). A single bout of high-intensity aerobic exercise

- facilitates response to paired associative stimulation and promotes sequence-specific implicit motor learning. *Journal of Applied Physiology*, 117(11), 1325–1336. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00498.2014>
- Mang, C. S., Snow, N. J., Wadden, K. P., Campbell, K. L., & Boyd, L. A. (2016). High-Intensity Aerobic Exercise Enhances Motor Memory Retrieval. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(12), 2477–2486. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001040>
- Marin, B., Bringard, A., Logrieco, M. G., Lauer, E., Imobersteg, N., Thomas, A., Ferretti, G., Schwartz, S., & Igloi, K. (2020). Effect of acute physical exercise on motor sequence memory. *Scientific Reports*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72108-1>
- Marques, A., Gómez, F., Martins, J., Catunda, R., & Sarmento, H. (2017). Association between physical education, school-based physical activity, and academic performance: a systematic review. *Retos*, 31, 316–320.
- Munz, M., Baving, L., & Prehn-Kristensen, A. (2021). Sleep following intense physical exercise stabilizes motor learning in typically developing boys. *Mental Health and Physical Activity*, 20(November 2020), 100365. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2020.100365>
- Neva, J. L., Ma, J. A., Orsholits, D., Boisgontier, M. P., & Boyd, L. A. (2019). The effects of acute exercise on visuomotor adaptation, learning, and inter-limb transfer. *Experimental Brain Research*, 237(4), 1109–1127. <https://doi.org/10.1007/s00221-019-05491-5>
- Opie, G. M., & Semmler, J. G. (2019). Acute Exercise at Different Intensities Influences Corticomotor Excitability and Performance of a Ballistic Thumb Training Task. *Neuroscience*, 412, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.05.049>
- Ostadan, F., Centeno, C., Daloze, J. F., Frenn, M., Lundbye-Jensen, J., & Roig, M. (2016). Changes in corticospinal excitability during consolidation predict acute exercise-induced off-line gains in procedural memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 136, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2016.10.009>
- Özkaya, G. Y., Aydin, H., Toraman, F. N., Kizilay, F., Özdemir, Ö., & Cetinkaya, V. (2005). Effect of strength and endurance training on cognition in older people. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(3), 300–313.
- Pereira, T., Abreu, A. M., & Castro-Caldas, A. (2013). Understanding task- and expertise-specific motor acquisition and motor memory formation and consolidation. *Perceptual and Motor Skills*, 117(1), 108–129. <https://doi.org/10.2466/23.25.PMS.117x14z0>
- Perini, R., Bortoletto, M., Capogrosso, M., Fertonani, A., & Miniussi, C. (2016). Acute effects of aerobic exercise promote learning. *Scientific Reports*, 6(May), 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep25440>
- Pesce, C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 766–786. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.766>
- Reynaga-Estrada, P., Arévalo, E. I., Verdesoto, Á. M., Jiménez, I. M., Preciado, M. D. L., & Morales, J. J. (2016). Beneficios psicológicos de la actividad física en el trabajo de un centro educativo. *Retos*, 30, 203–206.
- Rhee, J., Chen, J., Riechman, S. M., Handa, A., Bhatia, S., & Wright, D. L. (2016). An acute bout of aerobic exercise can protect immediate offline motor sequence gains. *Psychological Research*, 80(4), 518–531. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0682-9>
- Roig, M., Skriver, K., Lundbye-Jensen, J., Kiens, B., & Nielsen, J. B. (2012). A Single Bout of Exercise Improves Motor Memory. *PLoS ONE*, 7(9), 28–32. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044594>
- Roig, M., Thomas, R., Mang, C. S., Snow, N. J., Ostadan, F., Boyd, L. A., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Time-Dependent Effects of Cardiovascular Exercise on Memory. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 44(2), 81–88. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000078>
- Singh, A. M., Neva, J. L., & Staines, W. R. (2016). Aerobic exercise enhances neural correlates of motor skill learning. *Behavioural Brain Research*, 301, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.12.020>
- Skriver, K., Roig, M., Lundbye-Jensen, J., Pingel, J., Helge, J. W., Kiens, B., & Nielsen, J. B. (2014). Acute exercise improves motor memory: Exploring potential biomarkers. *Neurobiology of Learning and Memory*, 116, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.08.004>
- Snow, N. J., Mang, C. S., Roig, M., McDonnell, M. N., Campbell, K. L., & Boyd, L. A. (2016). The effect of an acute bout of moderate-intensity aerobic exercise on motor learning of a continuous tracking task. *PLoS ONE*, 11(2), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150039>
- Statton, M. A., Encarnacion, M., Celnik, P., & Bastian, A. J. (2015). A single bout of moderate aerobic exercise improves motor skill acquisition. *PLoS ONE*, 10(10), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141393>
- Stavrinou, E., & Coxon, J. P. (2017). High-intensity Interval Exercise Promotes Motor Cortex Disinhibition and Early Motor Skill Consolidation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 139. <https://doi.org/10.1162/jocn>
- Swarbrick, D., Kiss, A., Trehub, S., Tremblay, L., Alter, D., & Chen, J. L. (2020). HIIT the Road Jack: An Exploratory Study on the Effects of an Acute Bout of Cardiovascular High-Intensity Interval Training on Piano Learning. *Frontiers in Psychology*, 11(September), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02154>
- Thomas, R., Beck, M. M., Lind, R. R., Korsgaard Johnsen, L., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Acute Exercise and Motor Memory Consolidation: The Role of Exercise Timing. *Neural Plasticity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6205452>
53. Thomas, R., Flindtgaard, M., Skriver, K., Geertsen, S.,

- Christiansen, L., Korsgaard, L., Busk, D.V.P., Bojsen-Møller, E., Madsen, M. J., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2017). Acute exercise and motor memory consolidation: Does exercise type play a role? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(11), 1523–1532. <https://doi.org/10.1111/sms.12791>
- Thomas, R., Johnsen, L. K., Geertsens, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Acute Exercise and Motor Memory Consolidation: The Role of Exercise Intensity. *PLoS ONE*, 11(7), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159589>
- Tompsonowski, P. D., & Pendleton, D. M. (2018). Effects of the timing of acute exercise and movement complexity on young adults' psychomotor learning. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 40(5), 240–248. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0289>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Gattis, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Wanner, P., Cheng, F. H., & Steib, S. (2020). Effects of acute cardiovascular exercise on motor memory encoding and consolidation: A systematic review with meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 116(March), 365–381. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.018>
- Wanner, P., Müller, T., Cristini, J., Pfeifer, K., & Steib, S. (2020). Exercise Intensity Does not Modulate the Effect of Acute Exercise on Learning a Complex Whole-Body Task. *Neuroscience*, 426, 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.11.027>

Apéndice 1. Estrategia de cerca general

Se dividieron dos grandes bloques de interés y se extrajeron las palabras clave de cada bloque:

(1) Memoria motriz: *Motor Memory (+skill)*, *Cognitive function*, *Motor learning (+skill)*, *Motor representation*, *Motor performance (+skill)*, *Procedural memory*, *Implicit memory*, *Motor retention (+skill)*, *Motor consolidation (+skill)*, *Motor acquisition (+skill)*.

En algunas palabras clave se añade el término *Skill*.

(2) Actividad física puntual: *Exercise*, *Acute*, *Exercise bout*, *Physical Activity*, *Cardiovascular exercise*, *Aerobic exercise*, *Exercise dose*, *Physical Activity bout*, *Physical Activity dose*, *Exercise Therapy*, *Strength training*, *Circuit training*, *Exercise intervention*.

Las investigaciones debían incluir palabras clave pertenecientes al bloque uno y al dos. Por ello, las palabras anteriores se combinaron con los operadores booleanos:

-AND entre palabras de bloques diferentes

-OR entre palabras del mismo bloque

Apéndice 2: Calidad metodológica de los estudios

Estudios	1- Elegibilidad	2- Aleatoriedad	3- Cegamiento Distribución	4- Baseline	5. Cegamiento Participantes	6. Cegamiento Interventoras	7. Cegamiento Asesores	8- 85% seguimiento	9- Intención	10- Comparación grupos	11- Puntuación y variabilidad	TOTAL (sobre 11)
(Beck et al., 2020)	X	X		X	X			X	X	X	X	8
(Wanner et al., 2020)	X	X		X				X			X	5
(Singh et al., 2016)	X			X				X		X		4
(Mang et al., 2016)	X	X		X				X		X	X	6
(Stavrinou & Coxon, 2017)	X			X	X			X		X	X	6
(Bonuzzi et al., 2020)	X	X								X	X	4
(Jo et al., 2019)		X		X						X	X	4
(Ferrer-Uris et al., 2018)	X	X		X				X		X	X	6
(Hübner et al., 2018)	X			X				X	X	X	X	6
(Marin et al., 2020)	X	X			X					X	X	5
(Thomas et al., 2016)	X	X		X	X			X		X	X	7
(Snow et al., 2016)	X			X				X		X	X	4
(Charalambous et al., 2019)	X			X				X		X	X	5
(Swarbrick et al., 2020)	X			X	X			X	X	X	X	7
(Munz et al., 2021)	X							X		X	X	4
(Chen et al., 2020)	X				X			X	X	X	X	6
(Roig et al., 2012)	X	X		X	X			X		X	X	6
(Lundbye-Jensen et al., 2017)	X	X		X	X					X	X	6
(Opie and Semmler, 2019)	X	X						X		X	X	5
(Helm et al., 2017)	X	X		X				X		X	X	6
(Mang et al., 2014)	X			X				X	X	X	X	5
(Neva et al., 2019)	X			X				X		X	X	5
(Lauber et al., 2017)	X	X		X				X		X	X	5
(Rhee et al., 2016)	X			X				X		X	X	5
(Ferrer-Uris et al., 2017)	X	X		X				X		X	X	6
(Angulo-Barroso et al., 2019)	X	X		X				X		X	X	6
(Skriver et al., 2014)	X	X		X	X					X	X	6
(Ostadan et al., 2016)	X	X		X	X			X		X	X	7
(Dal Maso et al., 2018)	X			X				X		X	X	5
(Statton et al., 2015)	X			X				X		X	X	5
(Christiansen et al., 2019)	X			X	X			X		X	X	6
(Tompsonowski & Pendleton, 2018)	X	X		X				X		X	X	6
(Thomas et al., 2016)	X	X		X	X			X		X	X	7
(Thomas et al., 2017)	X	X		X	X			X		X	X	7
(Mang et al., 2014)	X			X				X		X	X	5
(Baird et al., 2018)	X	X		X				X		X	X	6
(Perini et al., 2016)	X	X						X		X	X	5
(Hung et al., 2021)	X	X		X				X		X	X	6