

Entrenamiento excéntrico como estrategia para mejorar el rendimiento en el cambio de dirección y el esprint en deportes de equipo: Una revisión sistemática

Eccentric training as strategy to improve change of direction and sprint performance in team-sports: A systematic review

Sergio Jesús Gutiérrez-Hernández ¹, Jorge Pérez-Gómez ¹, Hadi Nobari ², Jorge Carlos-Vivas¹.

¹ Health, Economy, Motricity and Education (HEME) Research Group, Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Extremadura, Cáceres, España. ² Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Resumen

La presente revisión sistemática pretendió revisar el estado de la literatura en relación con los estudios que han analizado los efectos de un programa de entrenamiento excéntrico sobre el rendimiento en el cambio de dirección (COD) y el esprint en deportes de equipo, y explorar cuáles podrían ser las características más adecuadas para conseguir las mayores adaptaciones. Para ello, se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos: PubMed, Scopus, SPORTDiscus y Web of Science, incluyendo los artículos publicados hasta el 12 de febrero de 2020. Un total de 11 estudios cumplieron los criterios de elegibilidad. La muestra de todos los estudios incluidos estaba compuesta por sujetos sanos físicamente activos y practicantes de deportes de equipo, de género masculino, con edad superior a 16 años y, nivel de práctica variado. Los resultados muestran que el entrenamiento excéntrico puede ser una estrategia adecuada para mejorar el COD y el esprint en deportes de equipo. Concretamente, aplicar el método excéntrico durante al menos 5 semanas, con una frecuencia de 2-3 días a la semana podría favorecer las mayores mejoras en el COD. Sin embargo, la heterogeneidad de los protocolos de entrenamiento no permite determinar qué volumen de entrenamiento sería el más idóneo para favorecer mejoras en el COD. Así mismo, aplicar entrenamiento excéntrico durante al menos 5 semanas, con una frecuencia de 1-3 días a la semana y volumen de 1-4 series de 5-16 repeticiones podría favorecer las mejoras en el esprint

Fecha de recepción:

16-06-2020

Fecha de aceptación:

30-06-2020

Palabras clave

Entrenamiento fuerza;
rendimiento deportivo;
sobrecarga excéntrica

Keywords

strength training; sport
performance; eccentric
overload

Abstract

The present systematic review aimed to review the state of the literature in relation to studies that have analysed the effects of an eccentric training program on change of direction (COD) and sprint performance in team-sports, and to explore what might be the most appropriate characteristics to achieve the greatest adaptations on performance. A search was conducted in different databases: PubMed, Scopus, SPORTDiscus and Web of Science, including articles published up to 12 February 2020. A total of 11 studies met the eligibility criteria. The sample of all the included studies was composed of healthy physically active male team-sports subjects, over 16 years old, with different level of practice. Results show that eccentric training may be an appropriate strategy to improve COD and sprint performance in team-sports. Specifically, applying the eccentric method for at least 5 weeks, with a training frequency of 2-3 days per week, could lead to the greatest improvements in COD. However, the heterogeneity of the training protocols does not allow us to determine which volume of training would be most suitable to promote improvements in COD. Likewise, applying eccentric training for at least 5 weeks, with a frequency of 1-3 days per week, with a volume of 1-4 series of 5-16 repetitions could favour improvements in sprint performance.



Introducción

La mayoría de los deportes de equipo presentan la característica común de que, durante la mayor parte del tiempo de competición, los deportistas desarrollan actividades a baja intensidad. Sin embargo, son las acciones de alta intensidad las que pueden determinar el resultado de un partido y, por tanto, el éxito; bien contribuyendo a conseguir anotar goles o puntos, o bien evitándolos. Estas acciones de alta intensidad también se conocen como acciones máximas o submáximas y son, por ejemplo, los esprints, tackles o cambios de dirección (COD) (Falch, Rædergård, & van den Tillaar, 2019). En este sentido, los deportes de equipo y, más concretamente el fútbol, se caracterizan por presentar una naturaleza impredecible e intermitente que demanda a los jugadores la realización de acciones explosivas, máximas o de alta intensidad como cambiar de dirección, correr o saltar a una intensidad elevada durante el desarrollo de la competición (Chaouachi et al., 2012).

En este contexto, tanto el COD como el esprint son considerados factores decisivos para el rendimiento en deportes de equipo como el fútbol, balonmano, baloncesto y rugby (DeWeese & Nimphius, 2018), ya que, estudios previos han demostrado que los cambios en la velocidad de carrera o en la dirección del movimiento, pueden afectar al resultado del partido (Nimphius, Callaghan, Bezodis, & Lockie, 2018; Paul, Gabbett, & Nassis, 2016). Por ejemplo, el esprint es la acción más frecuente en situaciones de gol, seguida muy de cerca por el cambio de dirección y el salto vertical (Faude, Koch, & Meyer, 2012).

El COD es una habilidad multifactorial que depende de diferentes factores como la coordinación neuromuscular, la fuerza y potencia muscular de las piernas, y la velocidad de carrera (Brughelli, Cronin, Levin, & Chaouachi, 2008; Little & Williams, 2003; Sheppard & Young, 2006; Young, James, & Montgomery, 2002). Dado que cuenta con dos componentes principales (un componente excéntrico, seguido de otro concéntrico), se caracteriza por la capacidad de los deportistas para desacelerar en el menor tiempo posible (durante la carrera) y acelerar rápidamente hacia una nueva dirección (Chaouachi et al., 2012). Por tanto, un COD eficiente requiere de, tanto una óptima frenada (caracterizada por una acción excéntrica o componente excéntrico) como, una posterior potente aceleración (caracterizada por una acción concéntrica o componente concéntrico) hacia la nueva dirección (Chaouachi et al., 2012).

En este sentido, parece indiscutible que, a mayor fuerza excéntrica, mayor capacidad tendrá un atleta para realizar una óptima desaceleración y, consecuentemente, existirá una mayor probabilidad de que éste realice un COD óptimo (Brughelli et al., 2008).



En el caso del esprint, su rendimiento se define como el producto de la frecuencia y la amplitud de zancada, ambas variables influenciadas por las características antropométricas de los atletas (Ross, Leveritt, & Riek, 2001). Concretamente, centrándonos en la capacidad de acelerar y alcanzar velocidades muy altas en distancias cortas, estudios previos afirman que existe una asociación positiva entre el esprint y COD, permitiendo que éste último sea más eficaz. De hecho, los jugadores más rápidos en trayectorias lineales suelen ser más rápidos en realizar un COD (Condello et al., 2013; Freitas, Alcaraz, Bishop, et al., 2019; Loturco et al., 2019; Pereira et al., 2018). Sin embargo, estos deportistas también tienden a ser menos eficientes en COD, presentando mayores déficits de cambio de dirección (CODdédicit) (Freitas, Alcaraz, Calleja-Gonzalez, et al., 2019; Loturco et al., 2018; Pereira et al., 2018). El CODdédicit es definido como el tiempo adicional requerido para realizar un COD en comparación con el tiempo que se requiere para recorrer la misma distancia en una trayectoria lineal (Nimphius, Callaghan, Spiteri, & Lockie, 2016). Por tanto, los atletas con un mayor CODdédicit, presentan mayores diferencias de velocidad entre un esprint lineal y una carrera con cambios de dirección de igual distancia (Pereira et al., 2018). Esto principalmente se debe a que los atletas más rápidos necesitan más tiempo para frenar, al comenzar a decelerar desde velocidades más altas, ya que, cuanto mayor es la velocidad, mayor suele ser la distancia de frenado requerida para detenerse.

Existen diferentes métodos de entrenamiento que pueden favorecer mejoras en el rendimiento del COD y el esprint. Según Falch et al. (2019), el entrenamiento pliométrico, el entrenamiento de fuerza, el entrenamiento de velocidad, el entrenamiento de cambio de dirección y una combinación de ellos pueden provocar mejoras en el rendimiento de COD. Recientemente, Zouhal et al. (2019), señaló que el entrenamiento neuromuscular que incluye ejercicios de agilidad, estabilidad y pliométricos aumentan de forma significativa el rendimiento en COD. En la misma línea, Maroto-Izquierdo, Garcia-Lopez, and de Paz (2017) sugirieron que el entrenamiento excéntrico permite mejorar los tiempos en COD y el esprint en jugadores profesionales de balonmano.

Centrándonos en el entrenamiento excéntrico, investigaciones previas, han sugerido que este tipo de entrenamiento puede imitar las demandas del COD (Chaabene, Prieske, Negra, & Granacher, 2018), reducir la incidencia y gravedad de lesiones musculares (de Hoyo et al., 2013), ser una herramienta eficaz durante el proceso de rehabilitación de lesiones (Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen, & Bahr, 2008) e incluso, contribuir al incremento de los niveles tanto de fuerza como velocidad (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003), lo cual se asocia de forma positiva con un rendimiento superior en tareas de COD y esprint (Freitas, Alcaraz, Bishop, et al., 2019).



Debido a la importancia de mejorar y potenciar estas habilidades para tener más posibilidades de alcanzar el éxito en los deportes de equipo y a que, los programas de entrenamiento con énfasis en el método excéntrico compuestos por ejercicios orientados hacia la técnica y, tareas de aceleraciones y desaceleraciones, pueden ser una opción adecuada para disminuir el COD déficit (Freitas, Alcaraz, Bishop, et al., 2019), surge la necesidad de realizar un análisis de la evidencia existente a cerca del efecto y adaptaciones que puede producir el entrenamiento excéntrico sobre el COD y el rendimiento de esprint. Así mismo, existe la necesidad de comprobar si, realmente, este tipo de entrenamiento puede producir mejoras en estas habilidades claves para el rendimiento en competición y, por tanto, demostrar que el entrenamiento excéntrico podría ser una estrategia útil y eficaz para entrenadores y preparadores físicos de deportes de equipo que buscan mejorar el rendimiento de sus atletas.

Por lo tanto, los objetivos de esta revisión sistemática fueron: 1) revisar la literatura existente en relación con los estudios que han analizado los efectos de un programa de entrenamiento excéntrico sobre el COD y el rendimiento en el esprint en deportes de equipo, 2) analizar los efectos y adaptaciones de entrenamiento excéntrico sobre el COD y el rendimiento de esprint en deportes de equipo; y 3) explorar cuáles podrían ser las características adecuadas que debería tener un protocolo de entrenamiento excéntrico para conseguir las mayores adaptaciones sobre el COD y el rendimiento de esprint en deportistas de equipo..

Método

Estrategia de búsqueda

La presente revisión sistemática se desarrolló siguiendo las directrices y procedimientos recogidos en la guía *"Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses"* (PRISMA) para el desarrollo de revisiones sistemáticas y meta-análisis (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Group, 2009), tanto para realizar los procedimientos de búsqueda y selección de los estudios como en la recopilación, extracción y análisis de los datos.

Dos revisores independientes realizaron la búsqueda para identificar los estudios utilizando las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, SPORTDiscus y Web of Science (WoS). Los resultados de la búsqueda se limitaron a los estudios publicados hasta el 12 de febrero de 2020, inclusive. Se utilizaron las siguientes palabras clave y operadores booleanos, replicando la búsqueda en todas las bases de datos anteriormente mencionadas: ("eccentric training" OR "eccentric strength training" OR "eccentric resistance training" OR "eccentric overload training" OR "eccentric exercise" OR "eccentric strength exercise" OR "eccentric resistance exercise" OR "eccentric overload exercise") AND ("change of direction" OR change-of-direction OR "change of direction performance" OR "change-of-direction performance" OR "change of direction ability" OR "change-of-direction ability" OR "change of direction speed" OR "change-of-



direction speed" OR CoD OR "CoD ability") AND (team-sports OR "team sport"). La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de los estudios para esta revisión sistemática.

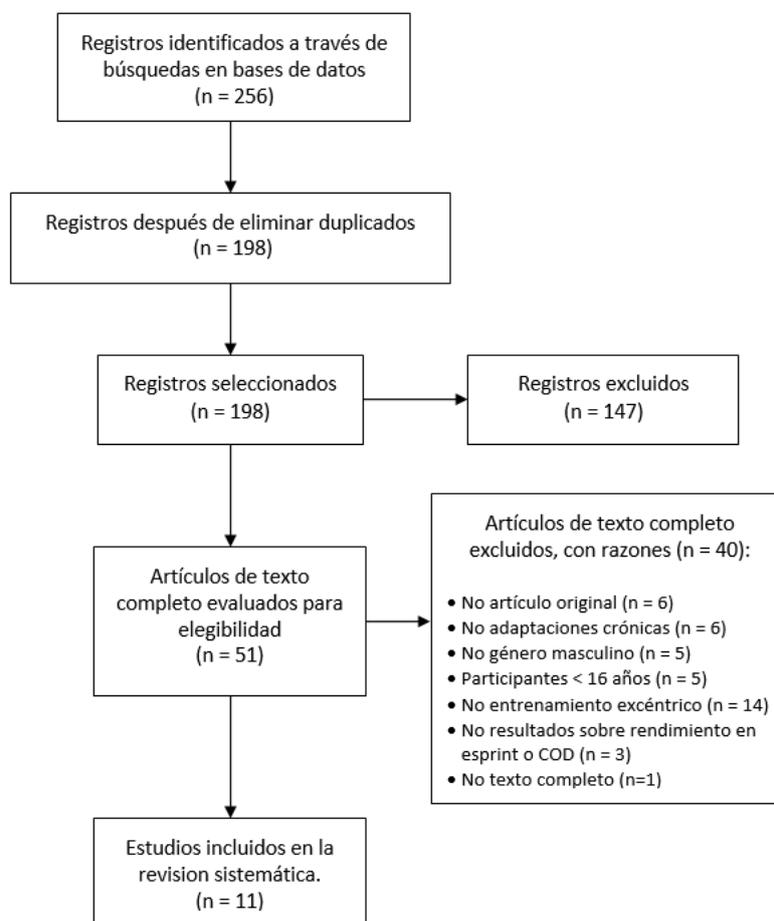


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y selección de estudios.

Selección de estudios y criterios de elegibilidad

Dos investigadores evaluaron de forma independiente los títulos y resúmenes de los estudios resultantes de la búsqueda. Los desacuerdos entre ambos investigadores se resolvieron mediante discusión y, cuando fue necesario, consultando a un tercer investigador para llegar a un consenso.

Para esta revisión, sólo se consideraron aquellos estudios que cumplían los siguientes criterios de elegibilidad: (1) Tipo publicación: sólo se consideraron artículos originales publicados en revistas científicas indexadas; (2) Tipo estudio: se tuvieron en cuenta estudios experimentales y longitudinales; (3) Participantes: debían ser varones, con una edad igual o superior a 16 años; (4) Intervención: los estudios seleccionados debían incluir al menos un grupo que realizara entrenamiento excéntrico; (5) Medidas resultado: los estudios debían proporcionar datos referentes al rendimiento en esprint y en la capacidad para cambiar de dirección; (6) Duración

intervención: debía ser igual o superior a 5 semanas; (7) idioma: solo se consideraron estudios publicados en lengua inglesa o castellano.

Análisis de los estudios

Un investigador extrajo la información de cada artículo y un segundo investigador confirmó la extracción. Las disparidades fueron resueltas mediante discusión y, cuando fue necesario, por un tercer investigador. Para aquellos estudios que no presentaban el porcentaje de cambio referente a los parámetros de rendimiento evaluados y objeto de esta revisión (COD y esprint), pero sí proporcionaban resultados previos y posteriores a la intervención, se calculó dicho porcentaje utilizando la fórmula (Ecuación 1):

$$\%Cambio = \frac{\text{Posttest} - \text{Pretest}}{\text{Pretest}} \times 100$$

Resultados

Características de los estudios incluidos

Inicialmente se identificaron un total de 256 estudios en las distintas bases de datos utilizadas. Una vez eliminados los registros duplicados, quedaron 198 artículos para evaluar por título y resumen; de los cuáles, solo 51 fueron seleccionados para su lectura a texto completo. Finalmente, se incluyeron en esta revisión un total de 11 estudios que cumplieron los criterios de elegibilidad previamente establecidos. La muestra de todos los estudios incluidos estaba compuesta por sujetos sanos físicamente activos o practicantes de deportes de equipo, de género masculino, con edad superior a 16 años y, con un nivel de práctica variado (no profesional, semiprofesional o profesional).

La Tabla 1 muestra las principales características de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.

Características de las intervenciones

La Tabla 2 muestra las principales características de las intervenciones llevadas a cabo en los diferentes estudios incluidos en esta revisión sistemática. Los 11 estudios incluidos proporcionan un total de 14 grupos que realizaron entrenamiento excéntrico y que son objeto de análisis. Seis de los estudios incluidos presentaban un grupo experimental que realizó trabajo excéntrico y, además, un grupo alternativo, que trabajó de manera simultánea la fase excéntrica de distinta forma (Gonzalo-Skok et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Sanchez-Sanchez et al., 2017), o un grupo control, que no realizó ningún tipo de entrenamiento de fuerza (Sabido, Hernández-Davó, Botella, Navarro, & Tous-Fajardo, 2017; Siddle et al., 2019). Además, uno de los estudios incluidos solo presentaba un grupo de entrenamiento

excéntrico, sin incluir un grupo que realizara un método de entrenamiento alternativo ni un grupo control (Suarez-Arrones et al., 2018).

Se contabilizaron 5 casos en los que, a la vez que el grupo experimental realizó entrenamiento excéntrico, el grupo alternativo realizaba otro tipo de entrenamiento que no tenía su base en el método excéntrico (Coratella et al., 2019; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Raya-González, Suárez-Arrones, Moreno-Puentadura, Ruiz-Márquez, & De Villarreal, 2017; Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano, & Tesch, 2016; Toyomura et al., 2018). En dos de estos estudios, el grupo experimental realizó entrenamiento combinado, bien secuenciando el trabajo excéntrico y pliométrico (Raya-González et al., 2017), o bien alternando entrenamiento excéntrico y entrenamiento vibratorio (Tous-Fajardo et al., 2016).

En cuanto a la duración de las intervenciones, todos los estudios incluyeron un periodo de entrenamiento de, al menos, 5 semanas. Se detectaron un total de 9 estudios cuyo protocolo de entrenamiento excéntrico se aplicó en un intervalo de 5-8 semanas (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Raya-González et al., 2017; Sabido et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2017; Siddle et al., 2019; Toyomura et al., 2018), mientras que en los dos restantes, la intervención tuvo una duración de 11 (Tous-Fajardo et al., 2016) y 27 semanas (Suarez-Arrones et al., 2018), respectivamente.

La frecuencia de entrenamiento de todas las intervenciones de entrenamiento excéntrico osciló en un rango de 1 a 3 días en semana y las intensidades de los entrenamientos se monitorearon teniendo en cuenta la inercia (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Sabido et al., 2017; Suarez-Arrones et al., 2018; Tous-Fajardo et al., 2016), el porcentaje (%) del VO₂máx (Toyomura et al., 2018), la velocidad del movimiento (Raya-González et al., 2017), el grado de flexión (Siddle et al., 2019) y el propio peso corporal (Sanchez-Sanchez et al., 2017).

Tabla 1. Características principales de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.

Estudio, año	Muestra		Edad (años)	Peso (kg)	Altura (cm)	Nivel
	N	Descripción				
Coratella et al., 2019	EXP: 20 CON: 20	Futbolistas	23.0 ± 4.0	77.0 ± 5.0	180.0 ± 0.1	Semiprofesional
Gonzalo-Skok et al., 2017	BG: 24 UG: 24	Deportistas de equipo	20.5 ± 2.0	73.2 ± 9.3	180.1 ± 6.3	Aficionado y Semiprofesional
Núñez et al., 2018	UG: 14 BG: 13	Recreacionalmente activos	22.8 ± 2.9	75.3 ± 8.8	177.3 ± 3.7	No profesional
Maroto-Izquierdo et al., 2017	EXP: 15 CON: 14	Jugadores de balonmano	19.8 ± 1.0 23.8 ± 1.6	82.3 ± 3.3 85.6 ± 3.7	186.0 ± 8.0 184.0 ± 1.0	Profesional
Raya-González et al., 2017	GV: 8 GH: 8	Futbolistas	16.7 ± 0.3 16.5 ± 0.3	65.9 ± 5.4 66.4 ± 4.8	177.1 ± 6.5 176.9 ± 7.3	Profesional
Sabido et al., 2017	EXP: 11 CG: 10	Jugadores de balonmano	23.9 ± 3.8	79.5 ± 7.7	183 ± 0.1	Profesional
Sanchez-Sanchez et al., 2017	GAUT: 5 GMAQ: 5	Jugadores de fútbol sala	23.7 ± 5.5	69.9 ± 8.5	172.3 ± 6.6	Semiprofesional
Siddle et al., 2019	NHC: 8 CG: 8	Deportistas de equipo	20.1 ± 1.5 20.9 ± 1.6	75.4 ± 7.1 77.1 ± 7.4	180.9 ± 7.9 178.0 ± 8.4	Aficionado
Suarez-Arrones et al., 2018	EXP: 14	Futbolistas	17.5 ± 0.8	70.6 ± 5.3	180.0 ± 6.1	Profesional
Tous- Fajardo et al., 2016	EVT: 12 CONV: 12	Futbolistas	17.0 ± 0.5	67.6 ± 7.9	174.4 ± 6.4	Semiprofesional
Toyomura et al., 2018	DRG: 10 LRG: 8	Físicamente activos	22.8 ± 2.2	65.4 ± 5.6	170.0 ± 0.1	No profesional

Abreviaturas: CON, Entrenamiento tradicional de fuerza; UG, Entrenamiento excéntrico unilateral; BG, Entrenamiento excéntrico bilateral; EXP: Grupo experimental; GV: Entrenamiento excéntrico vertical; GH, Entrenamiento excéntrico horizontal; GAUT, Entrenamiento excéntrico con autocarga; GMAQ, Entrenamiento isoinercial con carga excéntrica; NHC, Entrenamiento basado en el ejercicio Nordic Hamstring Curl; CG, Grupo Control; EVT, Entrenamiento excéntrico y vibratorio; CONV, Entrenamiento pliométrico convencional; DRG, Entrenamiento excéntrico mediante carrera cuesta abajo; LRG, Entrenamiento.



Tabla 2. Características principales de la intervención desarrollada en los diferentes grupos de entrenamiento incluidos en cada estudio.

Estudio, año	Grupo	Duración (semanas)	Frecuencia (días/semana)	Volumen y Recuperación	Intensidad	Resultados principales
Coratella et al., 2019	EXP	8	1	4-6 series 8 repeticiones	Inercia: 0.11kg·m ²	=Esprint ↑ COD*
	CON			3 min recuperación	80% 1RM	=Esprint ↑ COD
Gonzalo-Skok et al., 2017	BG	8	2	6 series 6-10 repeticiones 3 min recuperación	Inercia: 0.27 kg·m ²	↑ Esprint* ↑ COD*
	UG			1 serie/ejercicio 6-10 repeticiones 3 min recuperación		↑ Esprint* ↑ COD*
Nuñez et al., 2018	UG	6	2	4 series 1 repetición/pierna 3 min recuperación	Inercia: 0.05 kg·m ²	=Esprint (10 m) ↑ COD*
	BG			4 series 7 repeticiones 3 min recuperación	Inercia: 0.10 kg·m ²	= Esprint (10 m) ↑ COD*
Maroto-Izquierdo et al., 2017	EXP	6	2-3	4 series 7 repeticiones	Inercia: 0.145 kg·m ²	↑ Esprint (20m)* ↑ COD*
	CON			3 min recuperación	7RM	↑ Esprint (20m) ↑ COD
Raya-González et al., 2017	GV	6	2	EXC: 2-4 series, 8-10 rep., 3 min rec. +	Máxima	↓ Esprint (10 m) ↓ COD
	GH			PLI: 2-4 series, 15-20 saltos, 2 min rec. COD: 2-3 series, 3-5 rep., 15-45 m, 30 s - 2 min rec. +		↑ Esprint (10 m)* ↑ COD*
Sabido et al., 2017	EXP	7	1	2-4 series, 8 rep., 2 min rec.	Inercia: 0.05 kg·m ²	↑ Esprint (20 m)
	CG			Entrenamiento habitual		↑ Esprint (20 m)
Sanchez-Sanchez et al., 2017	GAUT	8	1	4 series, 6-8 rep., 90 s rec.	Peso corporal	↑ Esprint (30 m) ↑ COD



Tabla 2. Continuación

Estudio, año	Grupo	Duración (semanas)	Frecuencia (días/semana)	Volumen y Recuperación	Intensidad	Resultados principales
	GMAQ				N/D	↑ Esprint (30 m) ↑ COD
Siddle et al., 2019	NHC	6	1-2	2-3 series, 5-10 rep., 5 min rec.	N/D	↑ Esprint (10 m)* ↑ COD*
	CG					Entrenamiento habitual
Suarez-Arrones et al., 2018	EXP	27	2	1-2 series, 8-16 rep., 1 min rec.	Inercia: 0.05 – 0.26 kg·m ²	↑ Esprint (10 m)* ↑ Esprint (30 m)*
Tous- Fajardo et al., 2016	EVT	11	1	2 series, 6-10 rep. de 15-20 s, 2 min rec. series, 1 min rec. ejercicios	EXC: Inercia 0.11-0.27 kg·m ² + VIB: Frecuencia 30 Hz	↑ Esprint (10 m) ↑ Esprint (30 m) ↑ COD*
	CONV			2 series x secuencia, 2 min rec. secuencias, 1 min rec. series	Máxima	= Esprint = COD
Toyomura et al., 2018	DRG	5	3	1 serie, 5-20 min	69.0 ± 9.5 %VO ₂ máx	= Esprint (20 m) ↑ COD*
	LRG				73.0 ± 7.8 %VO ₂ máx	= Esprint (20 m) = COD

Abreviaturas: CON, Entrenamiento tradicional de fuerza; UG, Entrenamiento excéntrico unilateral; BG, Entrenamiento excéntrico bilateral; EXP: Grupo experimental; GV: Entrenamiento excéntrico vertical; GH, Entrenamiento excéntrico horizontal; GAUT, Entrenamiento excéntrico con autocarga; GMAQ, Entrenamiento isoinercial con carga excéntrica; NHC, Entrenamiento ejercicio Nordic Hamstring Curl; CG, Grupo Control; EVT, Entrenamiento excéntrico y vibratorio; CONV, Entrenamiento pliométrico convencional; DRG, Entrenamiento excéntrico de carrera cuesta abajo; LRG, Entrenamiento de carrera sin pendiente; EXC, Excéntrico; PLI, Pliométrico; VIB, Vibratorio; VEL, Velocidad; COD, Cambio de dirección; N/D, Información no disponible; VO₂máx, Consumo máximo de oxígeno. **Símbolos:** " ↑ ", Aumento rendimiento; "=", Se mantiene el nivel de rendimiento; " ↓ ", Disminución rendimiento; *Aumento significativo rendimiento.



Principales efectos sobre la habilidad para cambiar de dirección

Se detectaron un total de 9 estudios en los que se evaluaba el rendimiento sobre el COD (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Raya-González et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2017; Siddle et al., 2019; Tous-Fajardo et al., 2016; Toyomura et al., 2018) de los cuáles, en dos casos no se proporcionaba información referente a los metros sobre los que se desarrollaba la prueba utilizada para evaluar dicha habilidad (Coratella et al., 2019; Maroto-Izquierdo et al., 2017). No obstante, ambos utilizaron la misma prueba para evaluar el rendimiento en el COD (la prueba T de agilidad).

Además, se recogió información sobre los grados en los que se realizaba el COD (Gonzalo-Skok et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Raya-González et al., 2017; Siddle et al., 2019; Tous-Fajardo et al., 2016; Toyomura et al., 2018), sobre si se realizaba con la pierna derecha o con la pierna izquierda (Gonzalo-Skok et al., 2017; Raya-González et al., 2017) y, sobre si se realizaba con la pierna dominante o no dominante (Nuñez et al., 2018; Sanchez-Sanchez et al., 2017).

Por otro lado, se identificaron 7 estudios en los que se detalló la distancia a recorrer en cada prueba, pudiendo obtener de un mismo grupo, datos sobre el rendimiento en COD en diferentes distancias. Concretamente, en dos casos la prueba se desarrolló sobre una distancia de 10 metros ("COD10") tanto con la pierna izquierda como con la derecha (Gonzalo-Skok et al., 2017), como con la pierna dominante como con la no dominante (Nuñez et al., 2018). En cuatro estudios, la prueba tuvo lugar sobre 20 metros, denominada "COD20", "Test de Sprint con cambio de dirección de 20 metros" o "COD ability" (Gonzalo-Skok et al., 2017; Raya-González et al., 2017; Siddle et al., 2019; Toyomura et al., 2018), realizado tanto con la pierna izquierda como con la derecha en el caso de Gonzalo-Skok et al. (2017) y Raya-González et al. (2017). En otros tres, la prueba, denominada "COD25", "V-cut test" o "Cod ability", se desarrolló sobre una distancia de 25 metros (Gonzalo-Skok et al., 2017; Tous-Fajardo et al., 2016; Toyomura et al., 2018) y tan sólo un único estudio realizó la prueba sobre 30 metros (Test de velocidad con cambios de dirección) (Sanchez-Sanchez et al., 2017).

En general, todos los estudios reportaron mejoras significativas en el COD excepto dos estudios, en los que tuvo lugar una disminución del rendimiento (Raya-González et al., 2017) o los cambios no fueron significativos (Sanchez-Sanchez et al., 2017). Por tanto, 8 estudios obtuvieron mejoras, significativas en 7 casos (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Siddle et al., 2019; Tous-Fajardo et al., 2016; Toyomura et al., 2018).



La Tabla 3 muestra el porcentaje de cambio del rendimiento en COD tras los diferentes periodos de intervención que se desarrollaron en cada uno de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.

Principales efectos sobre el rendimiento de esprint

Todos los estudios seleccionados proporcionaron resultados referentes a los efectos y adaptaciones de un protocolo de entrenamiento excéntrico sobre el rendimiento de esprint. Para ello, se utilizaron pruebas con una distancia a recorrer, a máxima velocidad, de 10 metros (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Raya-González et al., 2017; Siddle et al., 2019; Suarez-Arrones et al., 2018; Tous-Fajardo et al., 2016), 20 metros (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Raya-González et al., 2017; Sabido et al., 2017; Toyomura et al., 2018) y/o 30 metros (Coratella et al., 2019; Raya-González et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2017; Suarez-Arrones et al., 2018; Tous-Fajardo et al., 2016).

En general, los resultados muestran que, tras la intervención de entrenamiento excéntrico, se produjeron mejoras significativas en el tiempo de esprint en 4 estudios, en los que la frecuencia de entrenamiento se hallaba entre 1 y 3 días a la semana, el volumen de entrenamiento fue de 1 a 4 series de 5 a 16 repeticiones, con una recuperación de 1 a 5 minutos (Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Siddle et al., 2019; Suarez-Arrones et al., 2018), mientras que los 7 restantes, reportaron cambios no significativos (Sabido et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2017; Tous-Fajardo et al., 2016), rendimiento inalterado (Coratella et al., 2019; Nuñez et al., 2018; Toyomura et al., 2018) o incluso, una disminución del rendimiento en el esprint (Raya-González et al., 2017).

La Tabla 4 muestra el porcentaje de cambio del rendimiento en el esprint tras los diferentes periodos de intervención que se desarrollaron en cada uno de los estudios incluidos en esta revisión sistemática.



Tabla 3. Porcentaje (%) de cambio del rendimiento en la capacidad para cambiar de dirección (COD) tras la intervención de trabajo excéntrico.

Estudio, año	Grupo	10 m	20 m	25 m	30 m	Distancia N/D
Coratella et al., 2019	EXP					-7*
Gonzalo-Skok et al., 2017	BG	COD180°-R: -1.05 COD180°-L: -2.10*	COD180°-R: -1.82* COD180°-L: -1.85*	COD180°-R: -1.53 COD180°-L: -1.03		
	UG	COD180°-R: -3.14* COD180°-L: -3.16*	COD180°-R: -1.54* COD180°-L: -2.16*	COD180°-R: -1.02 COD180°-L: -1.87		
Nuñez et al, 2018	UG	COD90°-DOM: -4.04* COD90°-NDOM: -3.60 COD180°-DOM: -1.22 COD180°-NDOM: -1.53				
	BG	COD90°-DOM: -3.21* COD90°-NDOM: -1.63 COD180°-DOM: -0.66 COD180°-NDOM: -0.06				
Maroto-Izquierdo et al., 2017	EXP					-7*
Raya-González et al., 2017	GV					COD90°-R: 1.37 COD90°-L: 1.95
Sanchez-Sanchez et al., 2017	GAUT (DOM)				Post-test: -3.40 Re-test: -14.87*	
	GMAQ (DOM)				Post-test: -0.18 Re-test: -11.81*	
Siddle et al., 2019	NHC		COD180°: - 2.68*			
Tous- Fajardo et al., 2016	EVT			COD45°: -5.50*		
Toyomura et al., 2018	DRG		COD180°: -3.64*	COD45°: -4.35*		

Abreviaturas: UG, Grupo unilateral; BG, Grupo bilateral; COD180°-R, Cambio de Dirección de 180 grados con la pierna Derecha; COD180°-L, Cambio de Dirección de 180 grados con la pierna Izquierda; COD90°-DOM, Cambio de Dirección de 90 grados con la pierna Dominante; COD90°-NDOM: Cambio de Dirección de 90 grados con la pierna No Dominante; COD180°-DOM, Cambio de Dirección de 180 grados con la pierna Dominante; COD180°-NDOM, Cambio de Dirección de 180 grados con la pierna No Dominante; COD90°-R, Cambio de Dirección de 90 grados con la pierna Derecha; COD90°-L, Cambio de Dirección de 90 grados con la pierna Izquierda; COD45°, Cambio de Dirección de 45 grados; GAUT(DOM), Cambio de Dirección, con la pierna Dominante, del grupo que realiza entrenamiento excéntrico con autocarga; GMÁQ(DOM), Cambio de Dirección, con la pierna Dominante, del grupo que realiza entrenamiento isoinericial con carga excéntrica; Post-test, Porcentaje de cambio del rendimiento en la capacidad para cambiar de dirección justo tras la intervención de entrenamiento, en comparación con los valores previos a dicha intervención de entrenamiento; Re-test, Porcentaje de cambio del rendimiento en la capacidad para cambiar de dirección 2 semanas tras la intervención de entrenamiento, en comparación con los valores previos a dicha intervención de entrenamiento. **Signos:** * Aumento significativo rendimiento.



Tabla 4. Porcentaje (%) de cambio en el rendimiento de esprint tras la intervención de trabajo excéntrico.

Estudio, año	Grupo	10 m	20 m	30 m
Coratella et al., 2019	EXP	-2	-4 (incluyendo 20 m lanzados)	-2
Gonzalo-Skok et al., 2017	BG	-2.78*	-1.93*	
	UG	-2.76*	-1.61*	
Nuñez et al., 2018	UG	4.14		
	BG	0.03		
Maroto-Izquierdo et al., 2017	EXP		-10*	
Raya-González et al., 2017	GV	2.23	2.32	1.20
Sabido et al., 2017	EXP		2.30	
Sanchez-Sanchez et al., 2017	GAUT			Post-Test: -1.86 Re-Test: -3.26
	GMAQ			Post-Test: -2.09 Re-Test: -2.78*
Siddle et al., 2019	NHC	-3.24*		
Suarez-Arrones et al., 2018	EXP	-1.80*		-1.50*
Tous- Fajardo et al., 2016	EVT	-0.52		-0.44
Toyomura et al., 2018	DRG		-0.32	

Abreviaturas: UG, Grupo unilateral; BG, Grupo bilateral; GAUT (Post-Test), Porcentaje de cambio del tiempo en Esprint del grupo que realiza entrenamiento excéntricos con autocarga justo tras la intervención de entrenamiento, en comparación con los valores previos a dicha intervención de entrenamiento; GAUT (Re-Test), Porcentaje de cambio del tiempo en Esprint del grupo que realiza entrenamiento excéntricos con autocarga 2 semanas posteriores a la finalización de la intervención de entrenamiento, en comparación con los valores previos a dicha intervención de entrenamiento; GMÁQ (Post-Test), Porcentaje de cambio del tiempo en Esprint del grupo que realiza entrenamiento isoinercial con carga excéntrica carga justo tras la intervención de entrenamiento, en comparación con los valores previos a dicha intervención de entrenamiento; GMÁQ (Re-Test), Porcentaje de cambio del tiempo en Esprint del grupo que realiza entrenamiento isoinercial con carga excéntrica 2 semanas posteriores a la finalización de la intervención de entrenamiento, en comparación con los valores previos a dicha intervención de entrenamiento. **Signos:** "*" , Aumento/Mejora del Rendimiento de forma significativa.



Discusión

La presente revisión sistemática revisó la literatura en relación con los estudios que han analizado los efectos de diferentes protocolos de entrenamiento excéntrico sobre el COD y el rendimiento de esprint. Además, se pretendió esclarecer si el entrenamiento excéntrico podría ser una estrategia adecuada para la mejora de ambas habilidades y clarificar cuáles serían las características óptimas a la hora de aplicar este método de entrenamiento.

El principal hallazgo de esta revisión sistemática muestra que el entrenamiento excéntrico puede ser una estrategia eficaz tanto para mejorar el COD como el rendimiento en el esprint en deportistas de equipo. Solo existe un caso en el cual el rendimiento, sobre el COD y el esprint, disminuye. Por tanto, la probabilidad de que, el hecho de emplear el método excéntrico, como estrategia, para mejorar ambas habilidades sea ineficaz, es muy pequeña.

Además, en el caso en el que se produce la disminución del rendimiento, el método excéntrico se combina con el método pliométrico (Raya-González et al., 2017). Esto provoca que la ineficacia de dicha intervención dependa de otro factor más, como puede ser la aplicación de un método diferente.

Se ha observado que la combinación de entrenamiento excéntrico y el entrenamiento vibratorio, puede inducir mejoras significativas en el COD (5.50%, $P=0.02$) y cambios no significativos en el rendimiento de esprint sobre 10 (0.52%, $P=0.705$) y 30 metros (0.44%, $P=0.901$) (Tous-Fajardo et al., 2016). En contraposición, la combinación del entrenamiento excéntrico, en alternancia, con entrenamiento pliométrico, puede causar una disminución del rendimiento en ambas habilidades (Raya-González et al., 2017). No obstante, estos resultados deben ser tomados con cautela, ya que, el número de estudios que han analizado el efecto de la combinación de estos métodos de entrenamiento es escaso.

Cambio de dirección (COD)

En cuanto al COD, podemos comprobar que, en todos los estudios desarrollan la intervención de entrenamiento en un periodo de entre 5 y 11 semanas y, además, en todos los casos se producen mejoras significativas excepto en dos estudios en los cuales, en uno de ellos no se producen cambios significativos justo al finalizar la intervención de entrenamiento, pero sí que tienen lugar mejoras significativas (14.87%, $P<0.05$ para GAUT y, 11.81%, $P<0.01$ para GMÁQ) tras realizar, las pruebas de cambio de dirección, dos semanas posteriores a la finalización de la intervención de Sanchez-Sanchez et al. (2017) y en el otro, tiene lugar una disminución del rendimiento (Raya-González et al., 2017).



En el caso del estudio en el que los cambios no son significativos (Sanchez-Sanchez et al., 2017), la frecuencia de entrenamiento es de un día a la semana, al igual que en las intervenciones de Coratella et al. (2019) y Tous-Fajardo et al. (2016), en las que, en cambio, las mejoras sí son significativas, con un porcentaje de cambio de 7% ($P=0.013$) y 5.5%, respectivamente. Sanchez-Sanchez et al. (2017), sugiere que la utilización de cargas excéntricas genera un gran estrés muscular y que, además, puede haber influido en los resultados de las pruebas tras la intervención de entrenamiento, ya que, en cambio, si se observa mejoras significativas en las dos semanas posteriores a la finalización de la intervención de trabajo excéntrico.

Se observan mejoras significativas en el COD en todos los estudios en los que solo se llevó a cabo el método excéntrico y cuya frecuencia de entrenamiento era de 2 o 3 días en semana (Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Toyomura et al., 2018). No obstante, según Grgic et al. (2018), no se puede afirmar que estas mejoras significativas se deban exclusivamente a la frecuencia de entrenamiento debido a que el volumen de entrenamiento es un factor que también puede influir de forma considerable.

En referencia al volumen de entrenamiento, todas aquellas intervenciones que solo utilizaron el método excéntrico y que, emplearon un rango de 2 a 12 series semanales, obtuvieron mejoras significativas en sus resultados, pero éste no es un dato para tener muy en cuenta debido que es un rango amplio y, además, en los protocolos de entrenamiento existe una gran variedad de ejercicios a realizar, diferentes formas de trabajar el método excéntrico y distintas intensidades aplicadas.

Se observa un estudio en el cual se produce una disminución del rendimiento en el COD, concretamente, en COD90°-R (Raya-González et al., 2017). Esto es debido a que los sujetos combinan tanto el método excéntrico como el pliométrico, incrementan de forma sustancial tanto la masa corporal como el índice de masa corporal, lo cual es considerado un factor influyente sobre la capacidad para realizar un esprint y, por tanto, para el COD. Además, teniendo en cuenta que la capacidad para realizar una desaceleración o frenada es uno de los factores que influye en el COD (Chaouachi et al., 2012) y que, en el método pliométrico, dicha capacidad no es posible trabajarla debido a que el tiempo de contacto con el suelo para realizar un impulso es mínimo, se puede sugerir que la disminución de este parámetro de rendimiento podría deberse a esta causa.

Según la información disponible de cada artículo sobre la intensidad de los entrenamientos, se observa que todos los estudios que utilizaron dispositivos inerciales en sus intervenciones de entrenamiento excéntrico, aplicando una inercia entre 0.05 y 0.27 kg·m², mejoraron de



forma significativa el COD (Coratella et al., 2019; Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Nuñez et al., 2018; Tous-Fajardo et al., 2016). Además, estas mejoras significativas permanecen en el grupo que desarrolló el trabajo excéntrico corriendo sobre una pendiente del -10% a una intensidad del $69.0 \pm 9.5\%$ del $VO_{2\text{máx}}$ (Toyomura et al., 2018).

Aquellos estudios que llevaron a cabo el entrenamiento excéntrico tanto a nivel unilateral como a nivel bilateral (Gonzalo-Skok et al., 2017; Nuñez et al., 2018), obtuvieron mejoras significativas en COD. No obstante, en ambos casos se observa, de forma general, que el grupo unilateral obtuvo mejores resultados en la pierna no dominante. Tanto Gonzalo-Skok et al. (2017) como Nuñez et al. (2018), argumentaron que podría deberse al hecho de que existían diferencias de fuerza vertical entre la pierna dominante y la no dominante, lo que provocaba que, cuando se hacía trabajo bilateral, se ejercía más fuerza con la pierna dominante, mientras que a nivel unilateral, las dos piernas debían de hacer el mismo esfuerzo para vencer la carga, desarrollando así mayores volúmenes de masa muscular y, por tanto, mayores niveles de fuerza.

En esta revisión sistemática se refleja, tal y como se señala en la introducción, la capacidad para alcanzar velocidades muy altas en poca distancia de recorrido o, lo que es lo mismo, la capacidad para acelerar está directamente relacionada con la capacidad para realizar un óptimo COD. Pues existen varios casos en los que a la vez que se tienen lugar mejoras significativas en el esprint con una distancia a recorrer de 10 metros y, en la cual, se desarrolla la fase de aceleración, además se producen mejoras significativas en el COD (Siddle et al., 2019; Tous-Fajardo et al., 2016).

Esprint

Se puede observar un total de 4 artículos en los que el entrenamiento excéntrico, realizado con una frecuencia de entrenamiento de 1 a 3 días a la semana, con un volumen de entrenamiento constituido por un total de 1 a 4 series de 5 a 16 repeticiones, y, con una recuperación de 1 a 5 minutos, provoca mejoras sustanciales, concretamente entre 1.80% y 3.24% en 10 metros, entre 1.61% y 10% en 20 metros y, de 1.50% en 30 metros, en el tiempo de esprint para deportistas de equipo con un nivel de práctica variable y, con una edad comprendida entre los 17 y 23 años de edad (Gonzalo-Skok et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Siddle et al., 2019; Suarez-Arrones et al., 2018).

En los casos en los que, los cambios en el rendimiento en esprint no son significativos (Sabido et al., 2017; Sanchez-Sanchez et al., 2017; Tous-Fajardo et al., 2016) o se mantienen los valores previos a la intervención (Coratella et al., 2019; Nuñez et al., 2018; Toyomura et al., 2018), las causas pueden ser debidas: en primer lugar, a la frecuencia de entrenamiento, pues una sola



sesión de entrenamiento a la semana puede no ser suficiente para provocar mejoras en una determinada habilidad durante el periodo competitivo (Coratella et al., 2019; Sabido et al., 2017; Tous-Fajardo et al., 2016); en segundo lugar, a la intensidad de la tarea, pues a diferencia de Nuñez et al. (2018) y Sabido et al. (2017), que utilizan una inercia de entre 0.05 y 0.10 kg·m², Gonzalo-Skok et al. (2017) emplea una inercia de 0.27 kg·m² mejorando el rendimiento en esprint de forma significativa (entre 1.61% y 2.78%). En el caso de Toyomura et al. (2018), puede deberse al principio de especificidad, es decir, la tarea de entrenamiento de fuerza no se asemeja a la tarea a realizar para evaluar el parámetro de rendimiento en cuestión (Usui, Maeo, Tayashiki, Nakatani, & Kanehisa, 2016). Por último, Sanchez-Sanchez et al. (2017) señalan que la fatiga acumulada por el estrés muscular generado como consecuencia del trabajo excéntrico puede haber sido la causa de la ausencia de mejoras significativas en las pruebas.

En referencia a los casos en los que se realiza entrenamiento combinado, se comprueba que, el grupo que combina el método excéntrico con el método pliométrico, disminuye el rendimiento en esprint en 10, 20 y 30 metros con un porcentaje de cambio de 2.23%, 2.32% y 1.20%, respectivamente (Raya-González et al., 2017), lo cual puede explicarse por los cambios antropométricos observados en los sujetos tras la intervención de entrenamiento, sobre los cuales se ha señalado que son un factor influyente a la hora de realizar un esprint (Ross et al., 2001) y, en los que se muestran, en este caso, aumentos sustanciales tanto de la masa corporal como del índice de masa corporal. En cambio, la combinación del trabajo excéntrico con vibratorio, llevado a cabo durante 11 semanas en periodo competitivo, con una frecuencia de 1 día a la semana y, aplicando una inercia que oscila entre 0.11 y 0.27 kg·m² para el trabajo excéntrico y una frecuencia, para el trabajo vibratorio, de 30 Hz, no da lugar a mejoras significativas en el esprint de 10 metros (0.52%, $P=0.705$) y 30 metros (0.44%, $P=0.901$), pero no provoca disminución del rendimiento (Tous-Fajardo et al., 2016).

Por otro lado, se detectaron varias limitaciones en esta revisión. En primer lugar, no existía distinción entre pierna dominante y no dominante por parte de todos los estudios durante el protocolo de entrenamiento. En segundo lugar, se observó una gran heterogeneidad de las muestras incluidas en los diferentes estudios. En tercer lugar, se detectó una gran heterogeneidad de los protocolos y métodos de entrenamiento de cada uno de los estudios incluidos. Por último, en varios estudios permanece ausente un grupo control.

Por tanto, como futuras líneas de investigación se puede proponer: 1) realizar una revisión de la literatura existente sobre la eficacia del entrenamiento excéntrico para la mejora del COD y el tiempo en el esprint, teniendo en cuenta la aplicación de las intervenciones de



entrenamiento con una frecuencia, volumen e intensidad similares, para así, poder esclarecer las dosis óptimas de entrenamiento; 2) investigar cómo afecta el entrenamiento excéntrico sobre el COD y el esprint en mujeres y la implicación que tendría el método excéntrico a nivel de incidencia lesional y prevención de lesiones; 3) incluir estudios que presenten grupos control, y compararlos con otros métodos de entrenamiento para comprobar la eficacia de dichos métodos de entrenamiento en comparación al método excéntrico.

Conclusión

El entrenamiento excéntrico puede ser un ejercicio adecuado para mejorar el COD y el rendimiento en el esprint en deportes de equipo. Concretamente, para mejorar el COD, aplicar el método excéntrico un mínimo de 5 semanas, 2-3 días a la semana. Debido a la heterogeneidad de los protocolos de entrenamiento, no se puede determinar qué volumen sería el idóneo para provocar mejoras sobre la habilidad para cambiar de dirección.

El rendimiento en el esprint también se puede mejorar realizando ejercicio excéntrico durante un mínimo de 5 semanas, 1 a 3 días a la semana, con un volumen de entrenamiento de entre 1 y 4 series de 5 a 16 repeticiones, con una recuperación de 1 a 5 minutos. Con respecto a la intensidad que debería aplicarse en los protocolos de entrenamiento, para poder tener éxito a la hora de mejorar el rendimiento en COD y en el esprint, se sugiere el hecho de emplear un rango entre 0.05 y 0.27 kg·m².

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

Referencias

- Arnason, A., Andersen, T., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian journal of medicine science in sports*, 18(1), 40-48.
- Asking, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine science in sports*, 13(4), 244-250.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1045-1063.



- Chaabene, H., Prieske, O., Negra, Y., & Granacher, U. (2018). Change of direction speed: toward a strength training approach with accentuated eccentric muscle actions. *Sports Medicine*, 48(8), 1773-1779.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 26(10), 2667-2676.
- Condello, G., Minganti, C., Lupo, C., Benvenuti, C., Pacini, D., & Tessitore, A. (2013). Evaluation of change-of-direction movements in young rugby players. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 8(1), 52-56.
- Coratella, G., Beato, M., Ce, E., Scurati, R., Milanese, C., Schena, F., & Esposito, F. (2019). Effects of in-season enhanced negative work-based vs traditional weight training on change of direction and hamstrings-to-quadriceps ratio in soccer players. *Biol Sport*, 36(3), 241-248. doi:10.5114/biol sport.2019.87045
- de Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6, 30-37.
- DeWeese, B. H., & Nimphius, S. (2018). Program design and technique for speed and agility training.
- Falch, H. N., Rædergård, H. G., & van den Tillaar, R. (2019). Effect of Different Physical Training Forms on Change of Direction Ability: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine-Open*, 5(1), 53.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631.
- Freitas, T. T., Alcaraz, P. E., Bishop, C., Calleja-González, J., Arruda, A. F., Guerriero, A., . . . Loturco, I. (2019). Change of direction deficit in national team Rugby Union players: is there an Influence of playing position? *Sports*, 7(1), 2.
- Freitas, T. T., Alcaraz, P. E., Calleja-Gonzalez, J., Arruda, A. F. S., Guerriero, A., Kobal, R., . . . Loturco, I. (2019). Differences in Change of Direction Speed and Deficit Between Male and Female National Rugby Sevens Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. doi:10.1519/jsc.0000000000003195
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., . . . Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(7), 951-958. doi:10.1123/ijsp.2016-0251



- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazinica, B., Krieger, J. W., & Pedisic, Z. (2018). Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *48*(5), 1207-1220.
- Little, T., & Williams, A. (2003). *Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players*. Routledge London, UK:.
- Loturco, I., Nimphius, S., Kobal, R., Bottino, A., Zanetti, V., Pereira, L. A., & Jeffreys, I. (2018). Change-of direction deficit in elite young soccer players. *German Journal of Exercise Sport Research*, *48*(2), 228-234.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Freitas, T. T., Alcaraz, P. E., Zanetti, V., Bishop, C., & Jeffreys, I. (2019). Maximum acceleration performance of professional soccer players in linear sprints: Is there a direct connection with change-of-direction ability? *PLoS One*, *14*(5).
- Maroto-Izquierdo, S., Garcia-Lopez, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, *60*(1), 133-143. doi:10.1515/hukin-2017-0096
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000097.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., & Lockie, R. G. (2018). Change of direction and agility tests: Challenging our current measures of performance. *Strength and Conditioning Journal*, *40*(1), 26-38.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of direction deficit: A more isolated measure of change of direction performance than total 505 time. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(11), 3024-3032.
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One*, *13*(3). doi:10.1371/journal.pone.0193841
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Medicine*, *46*(3), 421-442.
- Pereira, L. A., Nimphius, S., Kobal, R., Kitamura, K., Turisco, L. A., Orsi, R. C., . . . Loturco, I. (2018). Relationship between change of direction, speed, and power in male and female National Olympic team handball athletes. *The Journal of Strength Conditioning Research*, *32*(10), 2987-2994.
- Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., Moreno-Puentedura, M., Ruiz-Márquez, J., & De Villarreal, E. S. (2017). Short-term physical performance effects of two different

- neuromuscular oriented training programs on U-17 elite soccer players. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 13(48), 88-103. doi:10.5232/ricyde2017.04801
- Ross, A., Leveritt, M., & Riek, S. (2001). Neural Influences on Sprint Running: Training Adaptations and Acute Responses. *New Zealand: Adis International*, 31, 409-409.
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 530-538. doi:10.1080/17461391.2017.1282046
- Sanchez-Sanchez, J., Guillen Rodriguez, J., Martin Garcia, D., Romo Martin, D., Barrueco Garcia, J., & Bores Cerezal, A. J. (2017). Effects of training with eccentric loads on the performance of futsal players. *Sport Tk-Revista Euroamericana De Ciencias Del Deporte*, 6(1), 57-66.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci*, 24(9), 919-932.
- Siddle, J., Greig, M., Weaver, K., Page, R. M., Harper, D., & Brogden, C. M. (2019). Acute adaptations and subsequent preservation of strength and speed measures following a Nordic hamstring curl intervention: a randomised controlled trial. *J Sports Sci*, 37(8), 911-920. doi:10.1080/02640414.2018.1535786
- Suarez-Arrones, L., de Villarreal, E. S., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., . . . Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLoS One*, 13(10). doi:10.1371/journal.pone.0205332
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(1), 66-73. doi:10.1123/ijsspp.2015-0010
- Toyomura, J., Mori, H., Tayashiki, K., Yamamoto, M., Kanehisa, H., & Maeo, S. (2018). Efficacy of downhill running training for improving muscular and aerobic performances. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(4), 403-410. doi:10.1139/apnm-2017-0538
- Usui, S., Maeo, S., Tayashiki, K., Nakatani, M., & Kanehisa, H. (2016). Low-load slow movement squat training increases muscle size and strength but not power. *Int J Sports Med*, 37(04), 305-312.
- Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282-288.

Zouhal, H., Ben Abderrahman, A., Dupont, G., Truptin, P., Le Bris, R., Le Postec, E., . . . Bideau, B. (2019). Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Front Physiol*, 10, 947.

