

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y DEPORTE
Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Curso: 2018-2019

TRABAJO FIN DE GRADO

**EFFECTOS DE LOS DIFERENTES PROGRAMAS DE FUERZA EN EL RENDIMIENTO DEL
SPRINT: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

AUTOR: URDÁNOZ CAUDEVILLA, ÓSCAR

DIRECTOR: SANTOS CONCEJERO, JORDAN

23 de Mayo de 2019

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	2
El concepto de velocidad	3
La carrera de velocidad y sus fases	3
Fase de aceleración.....	5
Fase de velocidad máxima	5
La relación entre la fuerza y la velocidad.....	6
MÉTODOS	9
Búsqueda estratégica.....	9
Criterios de inclusión.....	9
Evaluación de calidad del título/resumen y colección de estudios.	9
Nivel de evidencia y calidad de los estudios	10
Extracción y síntesis de datos	11
RESULTADOS:	12
Resultados generales de la búsqueda.....	12
Ejercicios de fuerza tradicional:	12
“Plyometrics” Entrenamiento pliométrico.....	13
“Resisted Sled Training” Entrenamiento con arrastres.....	16
“Olympic Style” Movimiento olímpicos	17
DISCUSIÓN	25
Ejercicios de fuerza tradicional: Sentadilla y/o variantes	25
“Plyometrics” Entrenamiento pliométrico.....	26
“Resisted Sled Training” Entrenamiento con arrastres.....	27
“Olympic Style” Movimientos olímpicos.....	28
CONCLUSIÓN	29
Limitaciones de la revisión	29
Consideraciones para futuras investigaciones	30
ANEXOS	31
BIBLIOGRAFÍA	32

RESUMEN

El objetivo de esta revisión fue conocer los efectos de varios programas de fuerza en la mejora del sprint. Para ello se realizó una revisión sistemática de los distintos programas de fuerza en cuatro bases de datos. Tras las búsquedas en cuatro bases de datos (PubMed, Scopus, Dialnet y Web Of Science) 13 artículos cumplieron con los criterios de inclusión. Se encontró evidencia de la mejora de la capacidad de sprint tras la aplicación de distintos programas de intervención basados en la ejecución de metodologías y ejercicios de fuerza. De todos ellos, los ejercicios de fuerza tradicional como la sentadilla, el peso muerto o el hip thrust, así como el entrenamiento con arrastres, los movimientos olímpicos o los programas pliométricos fueron los más utilizados y analizados en la literatura científica. La presente revisión concluye de manera general que la mayoría de ellos producen mejoras significativas en alguna de las partes de la carrera, siendo la sentadilla con cargas altas (80-90% RM) idónea para la fase de aceleración y los ejercicios pliométricos para la fase de máxima velocidad. Sin embargo, debido a la gran cantidad de variables distintas encontradas en los estudios resulta complicado establecer justificaciones a las diferencias en los resultados. Por ello es conveniente una mayor y más específica investigación sobre el tema.

Palabras clave: Fuerza, entrenamiento de fuerza, aceleración, velocidad, sprint.

INTRODUCCIÓN

La evolución y el desarrollo de los sistemas y herramientas de entrenamiento han generado un importante cambio en el propio desarrollo de muchas disciplinas, convirtiéndose en tareas prolongadas y/o intermitentes con altísimos niveles de esfuerzo físico y con ello un cambio en las necesidades específicas para el deportista. El sprint es una de los factores fundamentales en el resultado final en un amplio abanico de especialidades deportivas, tanto colectivas como individuales. Prueba de ello, en el fútbol, varios estudios reportan que alrededor de un 11% del tiempo de juego está representado por sprints cortos (10-15-30mts) siendo además la acción más frecuente en situaciones de gol. [1, 2, 3, 4, 5, 6].

A su vez, cobra mayor importancia aún si cabe en algunos deportes individuales donde la máxima expresión del sprint se da en las pruebas más cortas del atletismo (60mts. para el periodo de pista cubierta y 100mts. para el de aire libre). Es por todo ello que viene siendo estudiado por muchos investigadores y entrenadores de todos los niveles que buscan desarrollar en sus atletas esta capacidad.

El concepto de velocidad

A lo largo de la historia reciente y conforme avanzaban las investigaciones, diferentes autores han ido estableciendo definiciones con el fin de entender y enmarcar el término. M^a José Salmerón Martínez recoge en su trabajo algunas de ellas [4]: Zatsiorsky en 1978 la definió como: *la capacidad física que nos permite llevar a cabo acciones motrices en el menor tiempo posible*. Por otro lado, Grosser en 1992 se refirió a ella como: *la capacidad de conseguir, en base a procesos cognitivos, la máxima fuerza volitiva y funcionalidad del sistema neuromuscular, una rapidez máxima de reacción y de movimiento en determinadas condiciones establecidas*. Mas recientemente, Ortiz en 2004 la definió como: *la capacidad de reaccionar y realizar movimiento ante un estímulo concreto en el menor tiempo posible, con la mayor eficacia y donde el cansancio aún no ha aparecido*.

Está claro que a medida que van saliendo nuevos estudios y se van reportando nuevas conclusiones, va evolucionando la propia definición. Empezó siendo explicada y entendida como una cualidad independiente y sin embargo en los últimos tiempos, se define como una capacidad multidimensional: la fisiología, el metabolismo energético, la conducta psíquica o la genética entre otras [4].

La carrera de velocidad y sus fases

A raíz de la necesidad por parte de deportistas y entrenadores de establecer unas orientaciones generales a la hora de entender las carreras de velocidad, y con el fin de establecer los contenidos de los entrenamientos, surge la curva de velocidad-tiempo, y viene a representar la evolución que tiene la velocidad conforme aumentan los segundos de carrera [4, 7, 8]. Esto nos permitirá contextualizar más adelante el grado y el tipo de implicación que tiene la fuerza en ella.

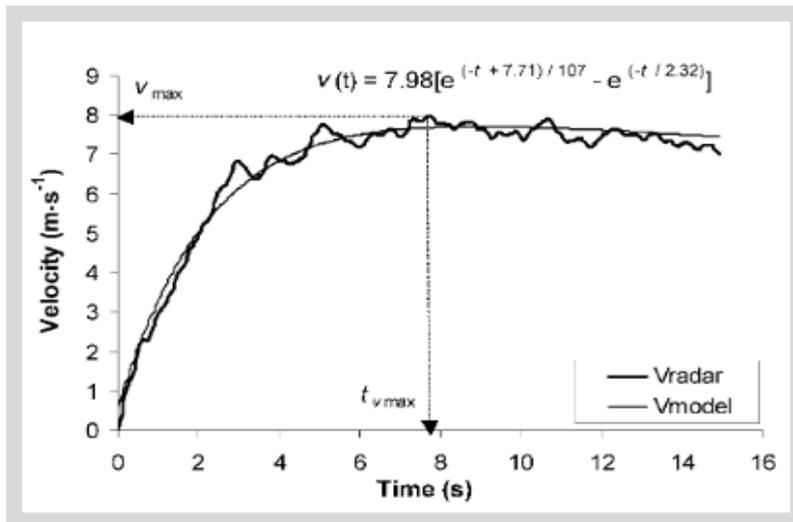


Figura 1. Curva típica de velocidad-tiempo medido por el radar (línea gruesa) y modelado por la ecuación biexponencial (línea fina). En este ejemplo, $v_{max} = 7.98 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $t_{vmax} = 7.71 \text{ s}$, y las constantes de tiempo de aceleración y desaceleración son, respectivamente, $t_1 = 2.32 \text{ s}$ y $t_2 = 107 \text{ s}$ [4]

Por otro lado, la curva de los sistemas energéticos predominantes en función de la duración del esfuerzo es otra de las referencias a la hora de planificar los contenidos.

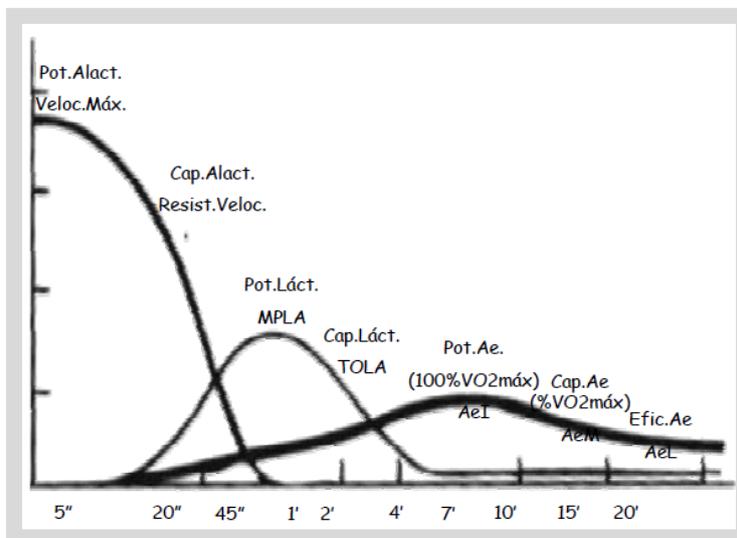


Figura 2. Relación de los tipos de trabajo y sus sistemas energéticos con el aumento progresivo de la duración del esfuerzo [8].

Una vez contextualizado esto, en la literatura actual, hay consenso en cuanto a la división de la carrera en varias fases [9, 10, 11, 12]. Principalmente se distinguen dos: fase de aceleración y fase de velocidad máxima. Aunque en algún estudio, se analizó las fases de la carrera en 100 metros y se concluyó en la subdivisión de la primera de ellas en dos intrínsecamente relacionadas, por lo que acabó citando tres

fases fundamentales [9]. La primera fase atiende a la manera en la que el sujeto acelera, la segunda fase continua con dicha aceleración hasta conseguir la velocidad máxima, y en la tercera el sujeto mantiene esta velocidad máxima sobre la distancia restante. [4, 9]. Por lo tanto, el rendimiento vendrá determinado por la manera en la que el deportista integre de la forma más adecuada todas las fases [9, 10].

Esta clasificación general nace de la investigación sobre las exigencias físicas y fisiológicas para los velocistas, las cuales han permitido establecer dichas curvas de referencia y base sobre la que trabajar los distintos contenidos del entrenamiento [4]. Y es que, cada fase viene determinada por unas características y es primordial conocerlas para establecer los objetivos de mejora.

Fase de aceleración

La primera fase recibe el nombre de fase de aceleración, la cual viene determinada por un ascenso muy rápido de la velocidad partiendo de la velocidad 0m/s. Esta fase de aceleración tiene su máximo exponente en los 10 primeros metros de carrera, para seguir desarrollándose de manera progresiva y no tan brusca hasta los primeros 30-35 metros aproximadamente o incluso hasta a los 50-60 metros en deportistas de élite [4, 5, 11].

Esta fase de aceleración es caracterizada por tiempos de apoyo más largos, por el desarrollo de grandes cantidades de fuerza (\uparrow RFD, fuerza producida por unidad de tiempo) y por la aplicación de estas fuerzas en el vector horizontal [10].

Fase de velocidad máxima

A partir de aquí, entra en juego la segunda fase, llamada fase de velocidad máxima en la cual el deportista tras haber acelerado de manera contundente, da continuidad a esta aceleración alcanzando su pico de velocidad. Es en este punto donde el deportista tratará de mantenerlo la mayor cantidad de metros posibles. Sin embargo, tal y como se demuestra en la curva de velocidad-tiempo, la manutención de estas velocidades máximas alcanzadas es relativamente breve, y tienen su límite en torno a los 60 metros pudiendo ser mayor en atletas de alto nivel [4, 12, 13]. A partir de aquí, se habla de una pérdida de velocidad, es decir, una deceleración progresiva

que comienza aproximadamente en los 60mts hasta el final de la prueba [4]. A su vez, esta fase está caracterizada por tiempos de apoyo más cortos con aplicaciones de fuerza más rápidas. (↑CEA, ciclo estiramiento acortamiento)

Por último, es primordial entender, que existen muchas variables que pueden alterar cada una de las fases. Y es que el tipo de deporte, así como factores internos y externos de cada deportista pueden provocar la variabilidad de su duración no ajustándose a la teoría anteriormente explicada. Entre estas variables se encuentran:

- El nivel de entrenamiento: se ha visto cómo la fase de aceleración es más corta en sujetos poco entrenados si lo comparamos con atletas de alto nivel, quienes consiguen alargar su fase de aceleración hasta los 50-60 metros [4, 12, 13].
- La fuerza del viento que haga en el momento de ejecutar un sprint: provoca alteraciones determinantes no solo en la duración de cada fase sino también en el resultado. La propia Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF) incluye en su reglamento oficial el límite de viento a favor (+2.0 m/s) [14] para que el resultado pueda considerarse válido en las clasificaciones.
- Superficie y material: el material de las superficies así como el tipo de calzado específico en cada uno de los deportes puede modificar la ejecución del sprint. Por ejemplo, en los terrenos de hierba artificial o natural, donde los futbolistas o jugadores rugby utilizan zapatillas con tacos o los atletas que usan zapatillas con clavos para las pistas de tartán. Las mejoras en cuanto a los resultados en los tiempos del sprint pueden llegar a ser de media un 2.6% en una carrera de 40 metros en comparación a una zapatilla de running convencional [15].
- Otros factores como la motivación, la alimentación o la técnica de carrera también deben ser tenidos en cuenta [4].

La relación entre la fuerza y la velocidad

Cuando hablamos de fuerza hablamos de la capacidad de traducir la tensión que tiene el músculo o un grupo de músculos en una velocidad específica, desde la velocidad cero hasta la máxima o absoluta. La fuerza nos garantiza la realización de

cualquier acción motora, y por lo tanto es determinante en el rendimiento deportivo [4].

Con todo lo visto anteriormente, parece entenderse que cuanto mayor sea la relación entre la cantidad de fuerza ejercida y la velocidad a la que se aplica, sumado a otros factores biomecánicos y técnicos como la relación entre la frecuencia y la longitud de zancada, mayor será el rendimiento en el sprint [16].

Debido a los cambios en los tiempos de apoyo a lo largo de la carrera, la participación de los músculos de las piernas y sus respectivos regímenes de contracción muscular (CEA), así como la fuerza y la potencia producida (RFD), deben distinguirse en cada una de las fases de la carrera de velocidad [17, 18].

Esto nos ayuda a entender que dependiendo de la fase de la carrera, el tipo de fuerza implicada es diferente, por lo tanto habrá que entrenar cada una de ellas con mecanismos diferentes, bien sea utilizando distintos ejercicios, variando las cargas, cambiando los vectores de aplicación de fuerza (FH o FV) o desarrollando distintas velocidades de ejecución, entre otras [16, 17, 18].

La literatura actual relaciona los distintos tipos de fuerza con cada una de las fases en base a las características explicadas. En este sentido, a través de la curva de Fuerza-Velocidad se hacen las pertinentes asociaciones.

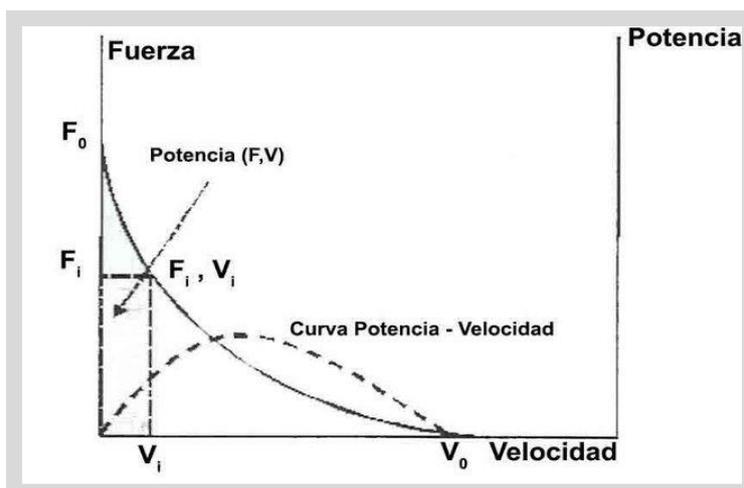


Figura 3. Curva F-V [8].

En relación a esto y al cambio que se produce de los tiempos de apoyo en las distintas fases de la carrera, cabe destacar que tal y como bien se ha mencionado

anteriormente, durante la salida y la primera parte de la fase de aceleración los tiempos de apoyo son los más altos de toda la prueba (≥ 200 milisegundos) por lo que el sujeto usa más tiempo para aplicar grandes ratios de desarrollo de fuerza (RFD), pero a la vez, la velocidad de acortamiento muscular (CEA) es menor. El tipo de fuerza más determinante para producir estos picos de fuerza bajo estas características es la fuerza máxima. Por lo tanto, y en conclusión, la aceleración dependerá de la capacidad del sujeto para alcanzar grandes picos de fuerza en la unidad de tiempo a velocidades de acortamiento más bajas (\uparrow RFD y \downarrow CEA). A medida que la distancia aumenta, la relación entre la fuerza máxima y el rendimiento en la carrera va disminuyendo por lo que en contra posición a esto, y siguiendo con la progresión de la curva, durante la fase inicial de velocidad máxima, el factor determinante será la capacidad que tenga el deportista de generar fuerza en espacios de tiempo muy reducidos y con una velocidad de acortamiento muscular más rápida (\uparrow CEA y \downarrow RFD). Por último, la parte de desaceleración final se caracteriza por la presencia de fatiga y con ello una disminución del pico de fuerza alcanzado. La consecuencia es el aumento de los tiempos de apoyo y de la disminución de producción de fuerza en la unidad de tiempo [19, 20, 21, 22].

En la (Figura 4) se muestra una aproximación gráfica de los distintos tipos de fuerza y sus correspondientes porcentajes de carga según la literatura estudiada [19, 23, 24]. Se trata de una aproximación debido a la gran controversia que existe actualmente en torno a la terminología utilizada para referirse a los tipos de fuerza existentes y a las variables utilizadas para determinarlas.

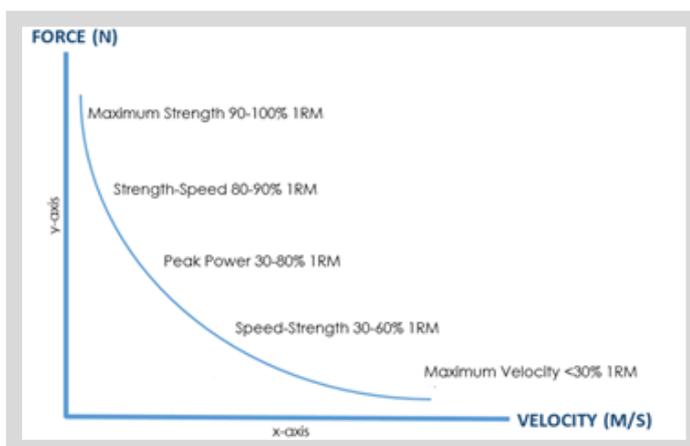


Figura 4. Aproximación personal de los porcentajes de carga respecto a la curva Fuerza-Velocidad. De Fuerza máxima a fuerza velocidad

MÉTODOS

Búsqueda estratégica

La búsqueda de la literatura científica fue llevada a cabo durante los meses de Enero, Febrero y Marzo del 2019 en diferentes bases de datos. Concretamente en PubMed, Dialnet, Scopus y Web Of Science en Español e Inglés. Las citas sobre conferencias fueron excluidas.

En cada base de datos se fueron probando diferentes fórmulas de búsqueda con el fin de encontrar aquella que generase una muestra de artículos suficientemente amplia pero a su vez específica. Finalmente, las siguientes palabras clave fueron buscadas tanto en el título como en el resumen de los artículos y se combinaron con los diferentes operadores booleanos: (“Strength training” OR “strength exercises) AND (sprint OR acceleration).

Criterios de inclusión

Los estudios fueron almacenados y se realizó un primer descarte con aquellos que en el título y/o en el resumen no evidenciaran referencias hacia el tema objetivo. Para ello se establecieron los siguientes requisitos: a) Deportistas comprendidos entre los 10 y los 35 años y sin ningún tipo de enfermedad. b) Ejecución de un programa de entrenamiento de fuerza, excepto la electroestimulación. c) Programas de intervención con una duración mínima de 6 semanas d) Medición sobre sprints libres de implementos o accesorios como: bicis, patines, balones, sticks etc. e) Medición del sprint en línea recta, es decir, sin cambios de dirección. f) Distancia máxima del sprint: 100mts. (Predominancia del sistema anaeróbico aláctico.) g) Aparatos de medición electrónicos.

Evaluación de calidad del título/resumen y colección de estudios.

La estrategia de búsqueda reportó un total de 972 estudios. Otros 3 estudios fueron añadidos mediante la búsqueda manual en diferentes revistas científicas como: *The Journal of Strength and Conditioning Research*. Después de la eliminación de 217 duplicados, quedaron 758 de los cuales 114 fueron determinados como

potencialmente relevantes basados en la información recogida en el título y en el resumen. (Figura 5). Finalmente tan solo 13 cumplieron con los criterios de inclusión establecidos. (Figuras 6 – 18).

Nivel de evidencia y calidad de los estudios

Tabla 1. Calificaciones de la base de datos (PEDro) y niveles de evidencia Oxford de los estudios

Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	Total	Nivel de evidencia
Styles et al. (5)	1	0	0	0	1	0	1	1	4	2b
Campillo et al. (17)	1	0	0	1	0	0	1	1	4	2b
Villarreal et al. (21)	1	0	0	1	1	0	1	1	5	1a
Chelly et al. (25)	1	0	0	1	1	0	1	1	5	2b
Cormie et al. (26)	1	1	0	1	1	0	1	1	6	2b
De Hoyo et al. (27)	1	0	0	1	1	0	1	1	5	2b
Rønnestad et al. (28)	1	1	0	1	1	0	1	1	6	2b
Márquez et al. (29)	1	0	0	1	1	0	1	1	5	2b
Jarvis et al. (30)	1	1	0	1	1	0	1	1	6	2b
Ozbar et al. (31)	1	1	0	1	1	0	1	1	6	2b
Slimani et al. (32)	1	0	0	1	1	0	1	1	5	1a
Alcaraz et al. (33)	1	0	0	1	1	0	1	1	5	2a
Helland (34)	1	1	0	1	1	0	1	1	6	2b
TOTAL									5,2	

Items en la escala PEDro: 1 = criterios de elegibilidad fueron incluidos; 2 = los sujetos fueron asignados a grupos aleatoriamente; 3 = allocation was concealed; 4 = Los grupos fueron similares al inicio con respecto a los indicadores de pronósticos más importantes.; 5 = Se obtuvieron medidas de 1 resultado clave del 85% de los sujetos asignados inicialmente a los grupos.; 6 = todos los sujetos para los que se disponía de medidas de resultado recibieron el tratamiento o la condición de control según lo asignado o, en caso de que no fuera así, los datos de al menos 1 resultado clave se analizaron por "intención de tratar"; 7 = los resultados de las comparaciones estadísticas entre grupos se informan para al menos 1 resultado clave; 8 = El estudio proporciona medidas puntuales y medidas de variabilidad para al menos 1 resultado clave.

Extracción y síntesis de datos

Los datos extraídos de cada estudio incluyeron: edad de los sujetos, nivel de actividad, experiencia previa de los contenidos de entrenamiento, número de participantes, tipos de programas de intervención, tipos de test utilizados, calidad de los aparatos de medición (incorporado en los criterios de inclusión), variables de cada entrenamiento, resultados y conclusiones.

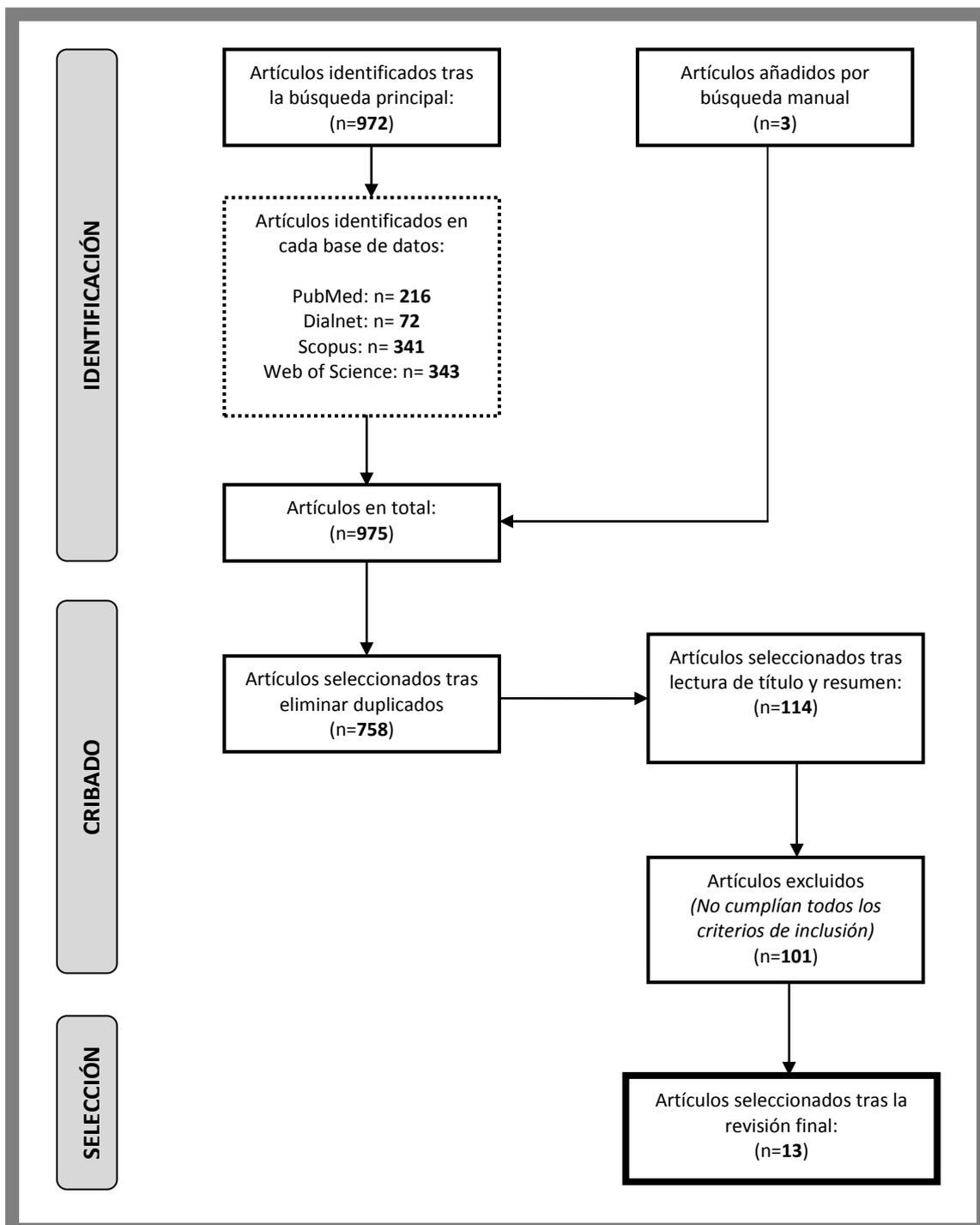


Figura 5. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda y selección de artículos

RESULTADOS:

Resultados generales de la búsqueda

En la presente revisión se incluyeron estudios con distintos programas de intervención. Tres de los estudios analizaban los efectos de un solo tipo de ejercicio, mientras que en los otros, o bien se analizaban los efectos de combinar 2 o más tipos de ejercicios en un solo grupo de intervención o se comparaban varios grupos de intervención con distintos tipos de ejercicios.

Por otro lado, también fueron incluidas: 1 revisión sistemática y 1 Meta-Análisis sobre el entrenamiento pliométrico; y 1 Revisión sistemática más Meta-Análisis sobre el entrenamiento con arrastres (Tabla 2).

Ejercicios de fuerza tradicional:

En las (Figuras 6-18) se muestra una descripción detallada de los estudios que utilizaban algún tipo de ejercicio de fuerza tradicional así como la sentadilla o alguna de sus variantes, el peso muerto o el Hip Thrust en sus programas de entrenamiento. Dentro de este grupo se recopilaron 6 estudios, de los cuales 2 de ellos [25, 26] demostraron, la efectividad de utilizar la sentadilla trasera “back squat” con cargas altas (80 al 90% de una RM) como ejercicio de fuerza para la mejora de los valores de velocidad alcanzados en varias distancias de sprint comprendidas entre el primer paso y hasta los 40 metros. Además, en uno de estos dos [26] se observó cómo, a través del entrenamiento con la sentadilla con salto y cargas bajas (30% RM) también se mejoró en la potencia máxima de salida, la aceleración y la velocidad de movimiento en periodos cortos.

En la misma línea, otro estudio [27] reportó mejoras sustanciales en los primeros metros del sprint tras utilizar un programa basado en la sentadilla con cargas medias (40-60%).

Otro de los artículos [5] demostró mediante mejoras significativas los efectos positivos en el rendimiento del sprint tras aplicar un programa combinado de fuerza

basado en: la sentadilla completa con cargas altas (85-80%) con una disminución progresiva del volumen de entrenamiento en cuanto a las variables de series y repeticiones, sumado al Peso muerto Rumano “Romanian deadlift” también con cargas altas (85-90%) y su correspondiente disminución del volumen de entrenamiento, más finalmente un ejercicio de fuerza isquiotibial “Nordic Hamstring” a modo de prevención de lesiones en dicha musculatura.

Siguiendo con este grupo, en estudio más [28] se observó cómo el entrenamiento de la sentadilla con cargas altas (4 a 6RM) combinado con un trabajo de flexores de cadera (hip flexors) generó una reducción del tiempo empleado en varias distancias del sprint, siendo la fase de aceleración (0 a 10mts) la más beneficiada.

En concordancia a los efectos reportados hasta ahora, el artículo [29] reveló en su estudio la evidencia que tuvo un programa de entrenamiento de fuerza que combinaba la utilización de la sentadilla completa “full back squat” junto a un trabajo de pliometría, sprints en línea recta y cambios de dirección en las mejoras reportadas.

Por último, otro trabajo [30] determinó los efectos del Hip Thrust en un programa de intervención con jóvenes sin nivel deportivo, y concluyó en la no mejora de los tiempos testados en ninguna de las distancias.

En cuanto a la duración de los programas de intervención, la mayoría de los estudios utilizaron el mismo rango de acción, siendo 6 semanas el mínimo y 10 el máximo.

“Plyometrics” Entrenamiento pliométrico

En las (Figuras 6-18) se muestra una descripción detallada de los estudios que utilizaban de manera única o combinada el entrenamiento pliométrico en sus programas de intervención para medir sus efectos sobre el sprint. Dentro de este grupo se recopilaron 7 artículos, de los cuales en 2 de ellos se añadía un trabajo pliométrico al entrenamiento habitual semanal de fútbol; en otros 3 se comparaban o formaban parte de programas de fuerza combinados con otros ejercicios de fuerza

específicos propios de la intervención; otro como revisión sistemática y por último un Meta-Análisis.

En el primero de ellos [17] se midieron los efectos sobre el sprint en cuatro grupos: Un grupo control, un segundo grupo con un entrenamiento basado en una batería de ejercicios pliométricos unilaterales, un tercer grupo donde utilizaron tan solo ejercicios pliométricos bilaterales y por último un último grupo que entrenó con un trabajo pliométrico combinando ejercicios unilaterales con bilaterales. Todo ello de forma adicional dentro de la sesión regular de entrenamiento. Este estudio concluye que salvo el grupo control, la efectividad de los tres programas de intervención en la mejora del sprint es significativa y detalla que la opción de combinar ejercicios unilaterales y bilaterales produce un mayor efecto en el rendimiento.

El segundo estudio que añadía trabajo pliométrico a los entrenamientos habituales [31] llevó a cabo las 4 sesiones de entrenamiento regular durante toda la semana pero añadiendo una quinta sesión más de 1h de duración dónde trabajaban diferentes ejercicios como saltos horizontales con vallas, salto horizontal de parado, saltos laterales etc. El estudio determinó que la realización de un entrenamiento de carácter pliométrico 1 día por semana durante 8 semanas con el control adecuado de la técnica, el volumen y la intensidad específica de dicho trabajo determinó en la mejora de los valores de sprint (20m) del pre test al post test.

En el Meta-Análisis [21] se incluyeron un total de 26 estudios con los que determinaron cuales son los efectos que tienen distintos programas de intervención basados en trabajo pliométrico sobre el rendimiento del sprint en distintas distancias, y a su vez esclarecer cuales son las estrategias que maximicen dichos efectos. Tras el análisis de los documentos, se concluye que <10 semanas de entrenamiento pliométrico con un mínimo de 15 sesiones/semana, un volumen de <80 saltos por sesión y una intensidad alta en la ejecución son variables óptimas que consiguieron mejorías significativas. Además, el estudio resalta la necesidad de combinar distintos tipos de ejercicios pliométricos y trabajar con desplazamientos horizontales que mejoren la aceleración. Por último, se observó que la implementación de carga (kg) a estos ejercicios no supuso beneficios extra.

En la revisión sistemática [32] se analizaron 32 artículos y se llegó a la conclusión de que de manera general, a corto plazo, un programa de entrenamiento pliométrico con una frecuencia de 2 a 3 sesiones por semana y durante 4 a 16 semanas supuso mejoras en el rendimiento. También difiere en cuanto al nivel del deportista y sugiere que <8 semanas sea el mínimo tiempo de duración para provocar mejoras en deportistas jóvenes y amateurs pero que sin embargo 6 a 7 semanas de entrenamiento no era suficiente en deportistas de élite. Por otro lado, el mismo estudio mostró que ejecutar los ejercicios pliométricos sobre superficies que no sean estables como las usadas normalmente (ej. Piscina, hierba o arena) no reportaron mejoras superiores. A su vez, recomienda la utilización de combinaciones de diferentes ejercicios pliométricos con patrones unilaterales y bilaterales ya que se produjeron mayores efectos de mejora en el sprint (30m). Por último hace mención a la necesidad de continuar investigando sobre programas pliométricos más específicos y que puedan resultar más efectivos.

Siguiendo con los resultados encontrados, [28] comparó los efectos de un entrenamiento puramente de fuerza utilizando la media sentadilla "1/2 squat" y un ejercicio que trabajaba sobre el flexor de cadera "Hip Flexor" frente a un grupo que realizó el mismo entrenamiento sumado a tres ejercicios pliométricos en futbolistas profesionales de la Premier League. La frecuencia de entrenamiento fue la misma para los dos grupos (2d/semana durante 7 semanas) El grupo control en este caso realizó únicamente los entrenamientos de fútbol regulares. Tras completar el periodo de intervención, el estudio resultó en la no existencia de diferencias significativas entre las mejoras producidas por el entrenamiento de fuerza aislado y el mismo combinado con pliometría. A su vez, el estudio conjuntó a los dos grupos en uno único para comparar los efectos con el grupo control. En este caso si hubo diferencias significativas en todos los parámetros medidos, más concretamente se mejoró en la fase de aceleración (los primeros 10m de sprint total de 40m), en el pico de velocidad (alcanzado entre el metro 30 y el 40) y en el tiempo total del sprint de 40m. Esto indicó finalmente que el entrenamiento de fuerza y potencia con cargas medias/altas, durante un periodo de 7 semanas, en época de pre-temporada sumado a las 6-8 sesiones de fútbol habituales produjo mejoras en el rendimiento deportivo y más

concretamente en la reducción de los tiempos en el sprint. Sin embargo, la adición de una parte pliométrica a la sesión de fuerza no generó mayores beneficios.

Mejoras significativas se encontraron también en el estudio [27] dónde se analizaron 3 programas de fuerza distintos en futbolistas jóvenes de élite los cuales contaban con experiencia en entrenamientos de fuerza basados en circuitos “full body” pero no en este tipo de intervenciones. Un grupo trabajó la sentadilla con cargas medias (40-60%), otro grupo realizó sprints resistidos con una carga del 12.6 % del BM, y por último un tercer grupo de trabajo pliométrico sin carga adicional. Los efectos en diferentes parámetros del rendimiento deportivo, entre ellos el sprint fueron medidos tras el periodo de 8 semanas con una frecuencia de 2d/semana. Mejoras significativas se encontraron del pre test al post test en todos los grupos con especial significación en la parte final de la carrera (30-50m). Sin embargo, los resultados indicaron que es la sentadilla el ejercicio que reportó mayores mejoras en los primeros metros del sprint (10-20m). Resultados que también reportó [29] tras analizar los efectos de un programa de fuerza combinado con Pliometría en jóvenes futbolistas durante 6 semanas. La combinación de la sentadilla completa con cargas medias (45-60%) y un volumen medio/bajo de entrenamiento junto a diferentes ejercicios pliométricos y sprints cortos produjo mejoras significativas en varias distancias testadas antes y después de la intervención. Principalmente se redujo el tiempo en los 10 primeros metros, de los 10 a los 20 metros y en el tiempo total del sprint completo (20m).

“Resisted Sled Training” Entrenamiento con arrastres

En las (Figuras 6-18) se muestra una descripción detallada de la revisión sistemática y Meta-Análisis [33] en la cual se incluyeron un total de 13 artículos, lo que sumó 32 grupos de intervención RST y 15 grupos control. Se compararon los efectos de todos los programas de intervención sobre las distintas fases de la carrera. Mejoras significativas se encontraron entre los datos de base y el post entrenamiento tanto en la fase de aceleración como en el sprint completo. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre el pre y el post test de la fase de Velocidad máxima. Esta revisión concluye que el entrenamiento con arrastres es un método efectivo para la mejora del sprint sobre todo en la fase de aceleración pero que a su vez, no resulta

más efectivo que el mismo entrenamiento sin cargas. Además, tras la revisión de los efectos de este tipo de entrenamiento dependiendo del nivel de entrenamiento de los sujetos (Altamente entrenados, entrenados, recreacionalmente activos) se concluye que se producen mayores mejoras en aquellos que tienen menor nivel. Por otro lado, a través de la revisión se llegó a la conclusión de que la intensidad (carga) no es un factor determinante en la mejora del sprint y determina el volumen recomendado en <160m/sesión y un total de 2680m/semana. La frecuencia de entrenamiento recomendada se establece en 2 a 3 días por semana durante un periodo mínimo de 6 semanas.

“Olympic Style” Movimiento olímpicos

En las (Figuras 6-18) se muestra una descripción detallada del estudio [34] que utilizaba el entrenamiento de fuerza mediante ejercicios olímpicos y lo comparaba con otros dos sistemas de entrenamiento de fuerza. La batería de ejercicios que se utilizaron en el grupo se componía de: “Clean Front Squat, Hang Clean, Snatch y Power Jerk behind neck” Los sujetos estaban familiarizados con la técnica de los ejercicios sin embargo resultados demostraron que el entrenamiento con ejercicios olímpicos con una carga de (5RM) durante 8 semanas con una frecuencia de entrenamiento de 2 a 3 d/semana no generaban mejoras significativas en el post test del sprint (30m).

Efectos de diferentes programas de fuerza en el rendimiento del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Chelly et al.	CG STG: ½ Squat	8 semanas 2d/semana	7 x 70%RM	4 x 80% RM 3 x 85% RM 2 x 90% RM	(V) del primer paso (V) primeros 5m (V) máx.	Mejoras significativas del grupo intervención respecto al grupo control

Figura 6. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint.

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Jarvis et al.	CG HTG: Hip Thrust	8 semanas 2d/s	(*ns)	3 x 10 (85%RM-L7)	t0-10m t10-20 t20-30m t30-40m t40m	No se vieron mejoras significativas en ninguno de los grupos para ninguna de las distancias.

Figura 7. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Cormie et al.	CG STG: Back Squat PTG: Jump Squat	10 semanas 3d/s	ST 10 x 20Kg 6 x 50% del TS 4 x 70% del TS PT D1: 2 x 6 Submáx. jumps al 0%RM D2: 5 x Submáx. Jumps 30%RM	ST D1: 3 x 3 al 90%RM D2: 3 x 6 al 75%RM D3: 3 x 4 al 80%RM PT D1: 7 X 6 Máx. jumps D2: 5 X 5 Máx. jumps	t5m t10m t20m t30m t40m Lanzado 5m Lanzado 15m	Generales Diferencias significativas se encontraron en el t40m del pre-test al post-test en los dos grupos de intervención El grupo que trabajó sobre potencia con las sentadillas con salto reportó mayor producción de fuerza y un aumento de la RFD, que resultó en una mejor aceleración y velocidad del movimiento en periodos cortos de tiempo. ----- Intergrupos No se reportaron diferencias significativas en cuanto al tamaño de la mejora entre los grupos de intervención

TS= Trabajo de la sesión, t(x)=tiempo en la distancia determinada; RFD=Tasa de desarrollo de fuerza; D(x)=Día(x) del programa de intervención.

Figura 8. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Efectos de diferentes programas de fuerza en el rendimiento del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Franco-Marquez F., et al.	CG STG: 1)Full Squat 2)CMJ 3)SPTJ 4)COD 5) Sprint	6 semanas 2d/s	5' trote + 3' movilidad articular + 1x8 + 1 x 6 sentadillas	1)FS: 2-3 x 4-8 (45-60%RM) 2)CMJ: 3x5 (% <i>ns</i> *) 3) SPTJ: 6-12 reps. 4)COD= 3-5 x 10s 5) Sprint 3-4 x 20m	t10m t10-20m t20m	Mejoras significativas se dieron en el grupo STG del pre-test al post-test en las distancias de t10-20 y t20m. Tendencia hacia mejoras significativas ($p < 0.083$) se reportaron en el t10m.
<i>(ns*)= Intensidad no especificada; reps=repeticiones; CMJ= countermovement jump; SPTJ= step phase triple jump; COD=change of direction</i>						

Figura 9. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Styles, et al.	STG: 1)Back Squat 2) R.Deadlift 3)N. Hamstring	6 semanas 2d/s	<i>(ns*)</i>	1)BS: 4 x 5 (90%RM) 2)RD: 4 x 5 (85%RM) 3) NH: 3 x 4-6 (BM)	t5m t10m t20m	Mejoras significativas en las tres distancias medidas de 5m, 10m y 20m con mayor repercusión en los 5m.
<i>reps=repeticiones; BM=Body mass;</i>						

Figura 10. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
De Hoyo, et al.	SQG: Full Squat RSTG: Resist. Sprints PTG: Plyom.	8 semanas 2d/s	<i>(ns*)</i>	SQ: 2-3 x 4-8 (40-60%RM) RS: 6-10 x 20m (12.6%BM) PT: 1-3 x 2-3 x (C)	t0-10m t10-20m t0-20m t0-30m t30-50m t0-50m	<p>Generales</p> <p>Los tres grupos obtuvieron mejoras sustanciales en todas las distancias del pre-test al post-test. SQG y PTG mostraron mejoras sustanciales en el t0-50m. Además SQG mejoró sustancialmente en el t10-20m.</p> <p>Intergrupos</p> <p>SQG reportó mayores mejoras que RSG en t10-20 y 30-50m. También SQG obtuvo mayores mejoras en t10-20m respecto al PTG.</p>
<i>↗Int.= Aumento progresivo de la carga;(C)=Combinación de ejercicios pliométricos: (a)8 x unilateral crossing jumps + 15m sprint, (b) 10 x lunges + 4 x 3m zigzag + 10m sprint lineal, (c) 8 x unilateral alternative jumps + 15m sprint, (d) 10 x unilateral and bilateral jumps (40cm hurdle) + 4 x 5m zigzag + 10m sprint, (e) Speed ladder, (f) 6 headers + 5m sprint + deceleration + 2m back running + 10m sprint, (g) 8 x doublé lateral jumps (20cm hurdle) + zigzag + 10m sprint, and (h) unilateral and bilateral jumps + shooting without controlling the ball.</i>						

Figura 11. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Efectos de diferentes programas de fuerza en el rendimiento del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Ronestad et al.	<p>CG</p> <p>STG: ½ Squat + Hip Flex.</p> <p>ST+PG: ½ Squat + Hip Flex. + Plyom.</p>	7 semanas 2d/s	15' trote o bici + 2-3 x Squat (%↗)	<p>STG: 3-5 X 4-6RM</p> <p>STG + Plyom.: <i>idem.</i> +</p> <p>1)Double Leg Bound 2-4 x 8-10; 2)DoubleLeg Hurdle Jump 2 x 5; 3)Single Leg Front. Hop 2 x 5</p>	t0-10m t30-40m t0-40m	<p>Generales</p> <p>Diferencias significativas se dieron entre los grupos de intervención y el grupo control con especial repercusión en la fase de aceleración (t0-10m) (p<0.02), el pico de velocidad (t30-40m) (p<0.02) y el tiempo total en el sprint completo (t40m) (p<0.02).</p> <hr/> <p>Intergrupos</p> <p>No hay diferencias significativas entre los grupos de intervención en ninguna de las tres distancias testadas.</p>

%↗= Intensidad progresiva; *idem.*= Entrenamiento idéntico al otro grupo de intervención

Figura 12. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Helland et al.	<p>OWLT: 1) Clean Front Squat; 2)Hang Snatch; 3) Power Clean; 4)Clean Hang; 5)Snatch; 6)Power Jerk</p> <p>MSPT:1)Isokinetik Squat; 2)Single Leg Squat; 3)CMJ; 4)Single Leg CMJ</p> <p>FSPT: 1)Squat; 2)Single Leg Squat; 3)CMJ; 4)Single Leg CMJ</p>	8 semanas 2-3d/s	<p>OWL: 3 x 5 (40-60-80%TS)</p> <p>MSPT: 1 x 10</p> <p>FSPT: 1)Squat; 2)Single Leg Squat; 3)CMJ; 4)Single Leg CMJ</p>	<p>OWL: 1)3-4 x 5RM; 2)3 x 3RM; 3)5 x 3RM; 4)3-5 x 3-5RM; 5)2-4 x 3-5RM; 6) 3-4 x 3-5RM</p> <p>MSPT: Parte 1) F*; Parte 2) P* (%*)</p> <p>FSPT: *<i>idem</i> MSPT</p>	t30m Lanzado 20-30m	<p>Generales</p> <p>OWLT y FSPT no mostraron mejoras significativas en ninguna de las distancias de sprint. MSPT demostró pequeñas pero claras mejoras en ambas distancias.</p> <hr/> <p>Intergrupos</p> <p>OWL mostró mejor rendimiento en el t30m que FSPT. MSPT fue superior al grupo OWL en el t20-30m lanzados. MSPT fue también superior a FSPT en los 30m sprint.</p>

TS= Trabajo de la sesión; F*=Parte del entrenamiento de fuerza con velocidades de ejecución más lentas (0.2-0.4 m.s); P*= Parte del entrenamiento de fuerza con velocidades de ejecución más altas (0.4-0.5 m.s); La carga para MSPT fue determinada acorde a la fuerza (N) generada previamente en un test; El volumen de entrenamiento se programó para ser equitativo entre grupos de intervención; los tres programas de entrenamiento combinaron una parte de cargas pesadas y otra de potencia con cargas ligeras; en todos los grupos se pidió la máx. Velocidad posible en la fase concéntrica en cada levantamiento; **idem* MSPT= Idéntica estructura de entrenamiento que el grupo MSPT.

Figura 13. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint.

Efectos de diferentes programas de fuerza en el rendimiento del sprint

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Campillo et al.	CG BG: Bilateral jumps UG: Unilateral jumps B+UG: Bilateral + unilateral jumps	6 semanas 2d/s	(ns*)	BG: V + H 6 x 5-10salt. UG: Vd + Vi + Hd + Hi 3 x 5-10 salt. B + UG: Vb + Hb + Vd + Hd + Vi + Hi	t15m t30m	Generales Todos los grupos de intervención mostraron mejoras significativas en ambas distancias
						Intergrupos No hubo diferencias significativas en la mejora entre los grupos de intervención y sí respecto al CG

V=Patrón vertical; H=Patrón horizontal; Vi=Vertical con izquierda; Vd=Vertical con derecha; Hi=Horizontal con izquierda; Hd= Horizontal con derecha; Vb= Vertical bilateral; Hb= Horizontal bilateral

Figura 14. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint.

Estudio	Grupo	Duración	Calentamiento	Entrenamiento	Tests	*Resultados de la intervención
Ozbar et al.	CG PG: Plyom.	8 semanas 1d/s	10-15' trote + movimientos multidireccionales, sprints, estiramientos activos y ejercicios con balón	4-5 x 5-12reps x PE(%*)	t20m	Generales Hubo mejoras significativas del pre-test al post-test con una reducción del t20m del 8.1% en el grupo de intervención
						Intergrupos El grupo de intervención mostró diferencias significativas respecto al grupo control

Reps=repeticiones; PE= Ejercicios pliométricos: Semana1) Saltos horizontales sobre valla, salto horizontal a pies juntos, botes hacia adelante, sprint hacia atrás; Semana 2): Doble salto horizontal unilateral, saltos laterales sobre vallas, sprint lado a lado, saltos sobre vallitas; Semana 3): SSJ, botes sobre conos con cambios de dirección, saltos laterales sobre vallas, desplazamientos lado a lado + botes, salto lateral y horizontal; Semana 4): botes sobre conos con giro de 180 grados, salto multidireccional, salto lateral sobre cono, slalom; Semana 5): salto diagonal, salto horizontal de parado + sprint, salto vertical unilateral, botes sobre conos con giro de 180grados, skipping sobre cono; Semana 6): Saltos con las dos piernas sobre conos, salto lateral a una pierna sobre valla, skipping con cambio de dirección, salto diagonal sobre valla, salto y sprint; Semana 7): salto diagonal sobre valla, salto multidireccional, salto horizontal de parado, salto horizontal a una pierna; Semana 8): botes diagonales sobre conos con las dos piernas, botes sobre conos con cambios de dirección en sprint, saltos sobre conos con las dos piernas, y salto lateral y horizontal con una pierna.

%*= Intensidad variada en los ejercicios: H=High=alta; M=Medium=media, L=Low=baja

Figura 15. Descripción de los artículos incluidos en la revisión que realizaron programas de intervención para la mejora del sprint

Artículo	Tipología y Temática	Artículos incluidos	Conclusiones principales
<p>Alcaraz, Et al. 2018</p>	<p>(Revisión Sistemática y Meta-Análisis)</p> <p>“Resisted Sled Training” = Sprint con arrastres</p>	<p>(n=13)</p>	<p>La evidencia sugiere que el entrenamiento con arrastres mejora de manera significativa el rendimiento en el sprint y principalmente en la fase de aceleración. En esta parte inicial ($\leq 10\text{m}$) los datos hablan de una reducción del tiempo de 2.3% de media; para la fase de velocidad máxima ($\geq 15\text{m}$ lanzados a máxima intensidad usando una distancia lanzada de $\geq 10\text{m}$) el porcentaje de reducción del tiempo es del 1.7%; y finalmente para el tiempo total del sprint ($\geq 20\text{m}$) la reducción llega hasta el 1.5%.</p> <p>En cuanto a la diferenciación de las mejoras en función de las características de las muestras, se ha determinado que el tamaño de mejora es mayor en hombres que en mujeres y en cuanto a su nivel de actividad se indica también que los recreacionalmente activos se ven más beneficiados con este tipo de entrenamiento.</p> <p>Se recomienda un volumen de $>160\text{m}$ por sesión y una suma total de 2680m por semana con una frecuencia de 2-3 sesiones por semana durante un mínimo de 6 semanas.</p> <p>En referencia al tipo de superficie se concluye que las rígidas aumentan el efecto del RST para el rendimiento en el sprint.</p> <p>Sin embargo, pese a estos resultados, la revisión concluye que no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la mejora del sprint entre los grupos RTS y los CG, los cuales llevaron a cabo la misma estructura de entrenamiento pero sin arrastres.</p>

Figura 16. Descripción de los artículos de revisión sistemática y/o meta-análisis incluidos

Revisión	Tipología y Temática	Artículos incluidos	Conclusiones principales
<p>Sáez de Villarreal, Et al. 2012</p>	<p>(Meta-Análisis)</p> <p>“Plyometric Training” = Entrenamiento pliométrico</p>	<p>(n=26)</p>	<p>Diferencias significativas se encontraron respecto a las mejoras entre los grupos control y los grupos de intervención siendo significativamente mayores en los PTG.</p> <p>En cuanto a las muestras, no se establecen correlaciones en cuanto a la edad, BM, altura y el tamaño del grupo con la magnitud del efecto.</p> <p>No parece haber diferencias entre los ejercicios pliométricos con y sin carga adicional pero sí en los tipos de ejercicios que se realicen.</p> <p>El volumen recomendado es de <10semanas con >18 sesiones y una intensidad alta (<80 saltos/sesión). La frecuencia de entrenamiento pliométrico, la duración del mismo, y la recuperación entre series si tuvieron correlación con el tamaño del efecto. Sin embargo, la altura (cm) que se use para los ejercicios, el número de saltos por sesión y el número de ejercicios por sesión no tuvieron efectos sobre el tamaño del efecto en el sprint.</p> <p>No se encontraron diferencias en cuanto al tamaño del efecto (ES)entre las distintas distancias testadas (10-20-30-40-50-100m)</p> <p>Otra conclusión destacable es la posibilidad de optimizar el PT mediante el uso de ejercicios con desplazamientos horizontales.</p>

PTG= Plyometric Training Group

Figura 17. Descripción de los artículos de revisión sistemática y/o meta-análisis incluidos

Revisión	Tipología y Temática	Artículos incluidos	Conclusiones principales
Slimani M., et al. 2016	<p>(Revisión Sistemática)</p> <p>“Plyometric Training” = Entrenamiento Pliométrico</p>	(n=32)	<p>La presente revisión indica sugiere mejoras sobre las distancias de 5 a 60m, aunque también se encontraron leves disminuciones y escasez de mejoras en algunos artículos. Además, se refuerza la idea establecida de que los mayores efectos relativos del PT se observan en los primeros 10m del sprint con una media de -2.6% en el tiempo empleado, al igual que para los t20m y un -4.1% para el t30m.</p> <p>La combinación de PT con ST mostró mejoras en el t10m (-3.1%) y en el t30m (-2.3%) pero con menor valor comparado con el PT aislado.</p> <p>Se recomienda un volumen de 4-16 semanas, aunque determina que <8semanas es insuficiente para deportistas élite. Una frecuencia de 2 a 3 sesiones/semana es óptima para obtener resultados a corto plazo. No obstante, las características de los sujetos así como su nivel de entrenamiento son determinantes para el tamaño de los efectos.</p> <p>También concluye que una intensidad baja y/o sin progresión de esta variable tiene menores efectos que una alta intensidad.</p> <p>Se sugiere la combinación de ejercicios para mayor efectividad en comparación con aquellos programas que utilicen 1 solo tipo de ejercicios. Alternar ejercicios unilaterales y bilaterales parece inducir mejoras significativas durante el PT en deportes de equipo.</p> <p>El tipo de superficie parece no afectar en el tamaño de las mejoras.</p> <p>Parece fundamental la idea de añadir este tipo de trabajo a los entrenamientos regulares del deporte de equipo determinado para los deportistas tanto amateurs como élite.</p>

PT= Plyometric training; ST=Strength Training

Figura 18. Descripción de los artículos de revisión sistemática y/o meta-análisis incluidos.

Resultados: Tan solo se recogen aquellos resultados referentes al sprint; (ns)= No especificado

DISCUSIÓN

Los programas de fuerza han sido y son utilizados de manera rutinaria para mejorar el rendimiento deportivo en la mayoría de las disciplinas. Los factores determinantes de cada deporte van a ayudar en la búsqueda de los programas de entrenamiento óptimos que faciliten la consecución de los objetivos en cada uno de ellos. No hay que olvidar tampoco el factor individual, pues las características morfológicas, biomecánicas y/o de personalidad de cada sujeto pueden modificar dicho factores del rendimiento. Además, la numerosa cantidad de variables que surgen del propio entrenamiento (carga, volumen, frecuencia etc.) hace que resulte muy complicado encontrar un programa de entrenamiento de fuerza certero. Aun así, el objetivo de este trabajo fue el de analizar la efectividad de distintos programas y/o ejercicios relacionados con la fuerza en el rendimiento del sprint.

Los resultados obtenidos en los distintos estudios parecen evidenciar que la utilización del entrenamiento de fuerza en general produce efectos positivos en el rendimiento del sprint. Sin embargo, es necesario puntualizar en cada uno de ellos.

Ejercicios de fuerza tradicional: Sentadilla y/o variantes

En varios de los artículos seleccionados se utilizaron ejercicios de fuerza tradicional (sentadilla y/o alguna de sus variantes, peso muerto, Hip Thrust etc.) como ejercicios para los grupos de intervención de diferentes programas de entrenamiento [5, 25, 26, 27, 28, 29, 30]. En algunos de ellos se aplicaron de manera aislada y en otros de manera combinada junto a otros ejercicios. Excepto en uno de los estudios [30], en el cual la ausencia de mejoras significativas puede explicarse por la inexperiencia de los sujetos utilizados, ya que todos los demás estudios reportaron mejoras significativas en diferentes distancias testadas que fueron desde los 0m a los 50m. Además, ciertos estudios [5, 25, 26, 28] que trabajaron la sentadilla con cargas altas (80-90%RM o 4-6RM) mostraron su eficacia fundamentalmente en la primera fase del sprint (t5m y t0-10m) lo que sugiere que el entrenamiento con cargas pesadas puede mejorar la fase de aceleración. Esto concuerda con los resultados de dos de los estudios [29, 27] que a diferencia de los anteriores, trabajaron con el mismo patrón de

movimiento pero con cargas medias (40-60%) reportando mayores mejoras en t10-20m y no tan significativas en t0-10m. Por lo tanto, parece ser que el entrenamiento de la sentadilla y/o variantes con cargas medias/altas mejora en el rendimiento del sprint, asociándose las cargas altas a la primera fase de aceleración (0-10m) y las medias a la segunda parte de la misma (t10-20m).

“Plyometrics” Entrenamiento pliométrico

Uno de los estudios que utilizó un programa pliométrico como único programa de intervención [17] reportó mejoras significativas en el grupo PTG en t15m y t30m frente al grupo control. Mejoras significativas en el sprint que también evidenció el segundo de los estudios [31] que también utilizó de forma aislada el entrenamiento pliométrico. En este caso, las mejoras se evidenciaron en el t20m con una reducción del 8.1% respecto al CG.

Por otro lado, en uno de los estudios [27] dónde se compararon diferentes grupos de intervención basados en otros ejercicios de fuerza (ej. ½ Squat, full squat, resisted sprints etc.) con el PTG, resultó que este grupo de trabajo pliométrico pese a tener menores efectos que el STG, también demostró haber mejorado de manera significativa en t0-50m respecto al pre-test y post-test por delante de RSG. No obstante, en otro de los estudios, [28] indicó que el STG no reportó mayores mejoras que ST+PG. Todas estas mejoras parecen reforzarse otros estudios de revisión [32] y meta-análisis [21] los cuales concluyen en la eficacia de los programas de entrenamiento basados en pliometría para distancias cortas de sprint. Además, determinan recomendaciones similares en cuanto a distintas variables del entrenamiento como: Volumen total de 4 a 16 semanas siendo 8 insuficiente para deportistas de élite; frecuencia de 2 a 3 con una intensidad media/alta (+80saltos/sesión). Un volumen recomendado que coincide con el número de semanas utilizado en algunos estudios de intervención donde aplican programas pliométricos durante 6 a 8 semanas [17, 21, 27, 28, 31, 32].

Combinar distintos tipos de ejercicios alternando patrones unilaterales y bilaterales parece inducir mejoras significativas [32]. Idea que se refuerza con otro de los estudios de intervención [17] donde se sugiere dicha combinación en base a las mejoras encontradas.

En cuanto a las distancias testadas, distintos artículos concluyeron en la no diferenciación significativa entre ellas en cuanto al tamaño de la mejora [17, 21] mientras que otros [32] parecen indicar que el mayor efecto relativo del PT se aprecia en los 10 primeros metros del sprint.

“Resisted Sled Training” Entrenamiento con arrastres

En dos de los trabajos incluidos en la presente revisión se analizaron los efectos del entrenamiento con arrastres. Uno de ellos [33] como revisión sistemática y meta-análisis mientras que el otro [27] como parte de un programa de intervención en comparación con otros dos grupos más (SQG y PTG). Respecto al sexo, se ha determinado que el tamaño de mejora es mayor en hombres que en mujeres y en cuanto a su nivel de actividad parece ser que el tamaño de los efectos de mejora es mayor en sujetos recreacionalmente activos y/o con poca experiencia en programas de fuerza de este tipo [33]. Esta idea se repite en otros estudios [5, 18, 25, 27, 30, 32] dónde se sugiere la influencia del tipo de entrenamiento en los tamaños de mejora en el sprint.

En cuanto al volumen, <160m por sesión con un total de 2680m por semana y una frecuencia de 2 a 3 días por semana durante un mínimo de 6 semanas son las recomendaciones generales que establece [33] en su meta-análisis.

La superficie parece afectar en el tamaño del efecto, siendo las superficies rígidas las óptimas para el rendimiento en el sprint. Las mejoras fueron sustanciales del post-test respecto a los pre-test pero menores respecto a otros grupos de intervención. Esta idea va en la misma dirección que la conclusión principal de la revisión y meta-análisis [33], la cual presenta mejoras significativas en los post-test pero determina que el mismo entrenamiento ejecutado sin carga adicional supone resultados similares. Por lo tanto la evidencia dice que el RST es efectivo para la mejora

del sprint pero que cuando se compara con otras alternativas no muestra mayores beneficios e incluso concluye en la insignificante diferencia con los grupos que no utilizan arrastres como método de entrenamiento.

“Olympic Style” Movimientos olímpicos

Uno de los estudios concluyó tras el análisis de los efectos en 3 grupos de intervención, que en el grupo OWLT no produjo mejoras significativas en ninguna de las distancias testadas (t30m y t20-30m. lanzado) tras la intervención de 8 semanas con 2-3 días por semana de entrenamiento [34]. Pese a las ligeras mejoras en algunas de las distancias, estas parecen no ser significativas en el rendimiento del sprint. Además, tampoco mostraron tamaños superiores a los otros grupos de intervención. Estos resultados podrían explicarse teniendo en cuenta que la metodología utilizada en los otros grupos de intervención era novedosa para los sujetos y por lo tanto los efectos ante nuevos estímulos parecen indicar a corto plazo una mejora superior. Por otro lado, los sujetos se correspondieron con deportes de equipo (Volley, Hockey y Badminton) sin sprint por lo que es complicado saber realmente cual podría ser el efecto real de la transferencia del trabajo de fuerza al sprint lineal en sujetos familiarizados con el sprint [34].

CONCLUSIÓN

Con este trabajo se ha pretendido dar visibilidad a la importancia de la fuerza en el rendimiento del sprint. Dada la gran cantidad de métodos y ejercicios existentes para trabajar esta capacidad se ha querido hacer una recopilación de los efectos de algunos de ellos.

Concretamente los ejercicios tradicionales con cargas medias/altas parecen ser los más efectivos para la fase de aceleración y con cargas medias/bajas junto con los ejercicios pliométricos para la fase de velocidad máxima.

Por otro lado se ha demostrado cómo el entrenamiento con arrastres no es más efectivo que sin. Tampoco lo es la carga adicional en los ejercicios pliométricos. Ni por último, los movimientos olímpicos para deportistas sin experiencia.

Limitaciones de la revisión

Sería prudente tener en cuenta que los resultados de esta revisión han presentado diferencias metodológicas que han impedido una comparación fiable de algunos resultados así como han supuesto un obstáculo en la interpretación de estos.

Una de las problemáticas que se plantea tras la búsqueda de trabajos que aborden esta temática responde al hecho de necesitar una muestra de deportistas que sea suficientemente amplia pero además cuenten con la disponibilidad necesaria para cumplir con los plazos de los programas de intervención. En relación a esto, en muchos de los estudios el nivel deportivo no venía determinado como criterio de inclusión o exclusión, sin embargo, en aquellos que sí, la dificultad de encontrar deportistas de alto nivel y/o élite que interrumpen sus planes de entrenamiento para poder ejecutar al completo los programas sin alterar su rendimiento deportivo se reduce drásticamente. Por lo tanto, y tal y como se demuestra en la (Tabla 2) la mayoría de estudios incluidos en esta revisión, utilizan muestras formadas por sujetos que, o bien realizan deportes de equipo cuyos calendarios son más flexibles en periodos de descanso y pre-temporada, o bien sujetos recreacionalmente activos que tengan poca o ninguna experiencia con los programas de fuerza a desarrollar. Así es que, los efectos sobre el sprint en sprinters de alto nivel escasean en la literatura actual.

Por otra parte, y en relación a lo mencionado en el párrafo anterior, debe considerarse la imposibilidad de generar una causa/efecto debido a la numerosa cantidad de variables existentes que pueden determinar los resultados. Estas variables afectan a las distintas características básicas de los estudios como son: los sujetos, el tipo de entrenamiento, los procedimientos de medición etc. A continuación, se presentan algunas de estas variables que, o bien no aparecen claramente concretadas o bien difieren en muchas de ellas respecto a varios de los estudios:

- Deporte especializado del deportista
- Experiencia previa con los ejercicios
- Estado físico y mental del sujeto (durante cualquiera de los tests como en cualquiera de los días de intervención)
- Volumen mensual/semanal/sesión
- Tiempos de recuperación (entre sesiones de entrenamiento, series y/o repeticiones)
- Frecuencia de entrenamiento
- Intensidad del ejercicio (%RM, velocidad de ejecución)
- Calentamientos previos (en los tests y en cada día de entrenamiento)
- Espacios y herramientas utilizadas para el desarrollo de las sesiones (test y entrenamiento específico)

Consideraciones para futuras investigaciones

Sería interesante para futuras investigaciones establecer programas de intervención que tuviesen la mayor parte de las variables idénticas para analizar tan solo una o dos de ellas de manera mucho más concreta y poder atribuirles a sus efectos una justificación científica. Por lo tanto sería conveniente seguir investigando sobre ello.

ANEXOS

Tabla 2. Características principales de los estudios y participantes

Estudio	Tipo	Programa	Muestra			Edad/Peso (kg)/Talla (cm)	Deportista/nivel*
			Total	H	M		
Styles et al. (5)	Intervención	STG	17	-	-	18.3±1.2/75.5± 6.1/179±6	Jugadores de fútbol/P
Campillo et al. (17)	Intervención	CG – BG – UG – B+UG	54	54	-	11.4±2.2/41.8-45/143±147	Jugadores de fútbol/M
Villarreal et al. (21)	Meta-análisis	Pliometría	(n)=26 estudios			-	-
Chelly et al. (25)	Intervención	CG - RTG	22	22	-	17±0.4/59.5±6.5/173.5±5.5	Jugadores de fútbol/ NS
Cormie et al. (26)	Intervención	CG – STG - PTG	24	24	-	23.9±4.8/79.8±12.0/180±6.4	Recreacionales
De Hoyo et al. (27)	Intervención	SQG – RSTG - PTG	32	32	-	17.6±1/72.11±3/177.8/	Jugadores de fútbol/P
Rønnestad et al. (28)	Intervención	CG – STG – ST+PG	21	21	-	23±1.8/77.5±2.5/187.7±2.1/	Jugadores de fútbol/P
F-Márquez et al. (29)	Intervención	CG - STG	44	44	-	14.7±0.5/61.9±6.7/170.5±0.5	Jugadores de fútbol/M
Jarvis et al. (30)	Intervención	CG - HTG	21	15	6	27.3±3.3/74.5±14.7/172.9±9.2	Atletas/M
Ozbar et al. (31)	Intervención	CG - PG	18	-	18	18.2±2.3/56.6±7.2/161.3±5.4	Jugadoras de fútbol/P
Slimani et al. (32)	Revisión Sist.	Pliometría	(n)=32 estudios			-	-
Alcaraz et al. (33)	Rev. + Meta	Arrastres	(n)= 13 estudios			-	-
Helland (34)	Intervención	OWLT – MSPT - FSPT	39	29	10	20.3±3/78±12/182±10	Badminton+Volley+Hockey/P

*Nivel: P= Profesional, M= Medio, R= Recreacional, NS= No especificado; H=hombres; M=mujeres

BIBLIOGRAFÍA

1. Haugen TA, Tonnessen E, Seiler S. (2012). Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995-2010. *Int J Sports Physiol Perform.* 7(4)/340-349
2. Haugen TA, Tonnessen E, Seiler S. (2013). Aerobic performance testing of profesional soccer players 1995-2010. *Into J Sports Physiol Perform.* 8(2)/148-156
3. Faude O, Koch T, Meyer T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in profesional football. *J Sports Sci.* 30(7)/625-631
4. Salmerón Martínez M.J. (2017). Nuevas perspectivas sobre los factores determinantes del rendimiento en sprint: Perfil Fuerza-velocidad, entrenamiento y prevención de lesiones. (Tesis doctoral). Universidad católica de Murcia. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=129765>
5. Styles W.J, Matthew M.J. Comfort P. (2015) Effects of Strength training on squat and sprint performance in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research.*30(6)/1534-1539.
6. Baker D, Nance S. (1999). The relationship between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 13(3)/224–229
7. Morin J.B, Jeannin T, Chevallier B, Belli A. (2006). Spring-mass model characteristics during sprint running: correlation with performance and fatigue-induce changes. *International Journal of Sports Medicine* 27(2)/158-165
8. Orbañanos J. (2016) *Apuntes metodología del entrenamiento.* Vitoria-Gasteiz. España
9. Delecluse C, Van Copenolle H, Willems E, Van Leemputte M, Diels R, Goris M. (1995). Influence of Hig-resistance and hig-velocity training on sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 27(8)/1203-1209
10. Loturco I, Contreras B, Kobal R, Fernandes S, Moura N, Siquiera S. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. *PLoS ONE* 13(7) https://www.researchgate.net/publication/326493481_Vertically_and_horizontally_directed_muscle_power_exercises_Relationships_with_top-level_sprint_performance.

11. Cronin J, Hansen K. T. (2006). Resisted sprint training for the acceleration phase of sprinting. *Strength and conditioning journal* 28(4)/38-39
12. Delecluse C, Ponnet H, Diels R. (1998). Stride characteristics related to running velocity in maximal sprint running. Katholieke Universiteit of Leuven. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/958/872>
13. Delecluse, C. (1997). Influence of Strength training on sprint running performance: current findings and implications. *Sports Medicine*. 24(3)/147-156.
14. IAAF Competition Rules 2018-2019. (2017). Disponible en: <https://www.iaaf.org/about-iaaf/documents/rules-regulations>
15. Corbi-Santamaría P, Jimenez-Velayos A, Corbi-Santamaría M, García-López J. (2018). Análisis biomecánico del efecto de las zapatillas de clavos en el rendimiento del esprint en hombres velocistas. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 53(14)/243-255
16. Helgerud J, Rodas G, Kemi O. J, Hoff J. (2011). Strength and Endurance in Elite Football Players. *International Journal of Sports Medicine* 32(9)/677-682
17. Ramirez-Campillo R, Burgos C, Henriquez-Olguín C, Andrade D, Martínez C, Álvarez C, Castro-Sepulveda M, Marques M, Izquierdo M.(2015). Effect of unilateral, bilateral, and combined Plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players; *Journal of Strength and Conditioning Research*. 29(5)/1317-1328
18. Markovic G. 2007. Does Plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine* 41(6):349-355
19. Weyand P. G, Lin J. E, Bundle M. W. (2006). Sprint performance-duration relationships are set by the fractional duration of external force application. *Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. 290(3)/758-765
20. Weyand P.G, Sandell R. F, Prime D. N. L, Bundle M. W. (2009). The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *Journal of Applied Physiology*. 108(4)/950-961
21. Saez de Villarreal E, Requena B, Cronin J.(2012) The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(2)/575-584.

22. Saez de Villarreal E, Requena B, Newton R.U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13/513–522
23. Cronin J, Hansen K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(2)/349-357
24. Cross M. R., Brughelli M. E. , Cronin J. B. (2014). Effects of vest loading on sprint kinetics and kinematic. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28(7)/1867–1874
25. Chelly M. S, Fathloun M, Cherif N, Amar M. B, Tabka Z, Van Praagh E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power jump performances in junior soccer player. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(8)/2241-2249
26. Cormie P, McGuigan M. R, Newton R. U. (2009). Adaptations in Athletic Performance after Ballistic Power versus strength training. *Medicine and science in sports and exercise* 42(8)/1582-1598
27. De Hoyo M, Gonzalo-Skok O, Sañudo B, Carrascal C, Plaza-Armas J. R, Camacho-Candil F, Otero-Esquina C. (2016). Comparative Effects of In-Season Full-Back Squat, Resisted sprint Training, and Plyometric Training on explosive performance in U19 elite soccer players. *The Journal Strength and Conditioning Research* 30(2)/368-377.
28. Ronnestad B. R, Kvamme N. H, Sunde A, Raastad T. (2008). Short-term Effects of Strength and Plyometric Training on Sprint and jump performance in professional soccer players. *The Journal Strength and Conditioning Research*. 22(3)/773-780
29. Franco-Márquez F, Rodrigued-Rosell D, González-Suárez J. M, Pareja-Blanco F, Mora-Custodio R, Yañez-García MJ. M, González-Badillo J. J. (2015). Franco Marquez. Effects of Combined Resistance Training and Plyometrics on physical performance in young soccer players. *Sports medicine*.36/906-914
30. Jarvis P, Cassone N, Turner A, Chavda S, Edwards M, Bishop C. (2017) Heavy Barbell Hip Thrusts Do Not Effect Sprint Performance: An 8-Week Randomized–Controlled Study. *Journal of Strength and Conditioning Research* DOI: 10.1519/JSC.0000000000002146

31. Ozbar N, Ates S, Agopyan A. (2014) The effect of 8 week plyometric Training on Leg Power, Jump and Sprint performance in female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(10)/2888/2894.
32. Slimani M, Chamari K, Miarka B, Del Vecchio F. B, Cheour F. (2016). Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in team sport athletes: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*. 53/231-247
33. Alcaraz P. E, Carlos-Vivas J, Oponjuru B. O, Martínez-Rodríguez A.(2018). The effectiveness of Resisted Sled Training for Sprint Performance: A systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine*. 48(9/2143-2165).
34. Helland C, Hole E, Iversen E, Olsson M. C, Seynnes O, Solberg P. A, Paulsen G. (2016). Training Strategies to improve Muscle Power: Is Olympic-style Weightlifting Relevant? *Medicine and science in sports and exercise* 49(4)/736-745.