

Entrenamiento de fuerza en velocistas



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Curso académico: 2018-2019

Alumno: JOSÉ DANIEL TORREGROSA MOLINA

Tutor académico: TOMÁS URBÁN INFANTES

ÍNDICE

Contenido

1.	CONTEXTUALIZACIÓN	2
2.	PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)	5
3.	RESULTADOS	7
4.	DISCUSIÓN	9
5.	CONCLUSIONES	10
6.	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	11
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	13
8.	ANEXOS	15



1. CONTEXTUALIZACIÓN

El atletismo mundial se ha destacado por el incremento en el rendimiento que los deportistas de élite han alcanzado en los últimos tiempos. Este rendimiento se ha visto especialmente en las grandes figuras del atletismo mundial, obteniendo registros atronadores que en tiempos atrás eran considerados meras utopías. Es tal el nivel de rendimiento alcanzado, que Incluso en algunos foros de carácter científico se están discutiendo cuales son los límites fisiológicos del cuerpo humano y de lo cerca de ese límite que nos encontramos con estos registros. Según sugieren autores como Haugen, Tonnessen y Seiler (2015), los deportistas se encuentran muy cerca de ese "*citius end*", es decir, el final de una parte de la famosa locución latina "*citius, altius, fortius*", en concreto más rápido, más alto, más fuerte. En el contexto de los velocistas en atletismo se plantea si es el final del "más rápido", si bien algunos autores consideran que gran parte de estas mejoras están siendo debidas al abuso de esteroides y otras mejoras de rendimiento prohibidas (Haugen et al., 2015).

En referencia al rendimiento de un velocista, la preparación física de un esprintero de alto nivel es muy compleja. Es necesario combinar durante el proceso de entrenamiento los diferentes aspectos condicionales, como son: velocidad, fuerza, flexibilidad y agilidad (Sugiura, Sakuma, Sakuraba y Sato, 2017). La combinación correcta de todos ellos producirá una mejora sustancial de rendimiento, ayudando igualmente en la prevención y por consecuencia en la reducción de lesiones de los esprinteros en la musculatura isquiotibial, musculatura con una elevada prevalencia de lesiones en esta disciplina deportiva (Sugiura et al., 2017). Igualmente, otro de los factores que tienen gran relevancia en el entrenamiento, es el mantenimiento de una correcta y adecuada alimentación (cantidades correctas, tiempos determinados y suplementación adecuada), así como mantener unos adecuados niveles de hidratación que permitan al deportista, no solo mantener un elevado rendimiento tanto en entrenamientos como en competición, sino facilitar los procesos de recuperación tras los periodos de entrenamientos o competiciones programadas.

El atletismo en sus modalidades de menor duración y explosivas requiere de altos valores de potencia, siendo por tanto de gran relevancia el entrenamiento de la fuerza. Uno de los principales efectos que provoca este tipo de entrenamientos incide sobre los factores clave en estas modalidades deportivas, aumentando la cantidad de masa muscular (predomina en alto nivel una mayor masa y un atleta de perfil menos ectomorfo), con una masa limpia de grasa y gran capacidad de general fuerza (Barbieri, Zaccagni, Babić, Rakovac, Mišigoj-Duraković y Gualdi-Russo, 2017). Los corredores más rápidos presentan más cantidad de masa muscular en zonas como el glúteo mayor o el cuádriceps e isquiotibiales (Sugisaki, Kobayashi, Tsuchie y Kanehisa, 2018), lo que proporciona mayores picos de potencia en el momento extensor, generando cierta ventaja a la hora de conseguir un buen resultado en Sprint (Miyake et al., 2017).

En la línea de los aspectos importantes de estos deportistas, la técnica es un elemento fundamental tanto en distancias largas como en distancias corta. Existen grandes evidencias de que la técnica explica una proporción sustancial de la economía y del rendimiento en carrera, lo que recomienda a entrenadores y corredores que presten atención a los aspectos específicos como parámetros de zancada y los ángulos del tren inferior para optimizar y mejorar el rendimiento general (Folland, Allen, Handsaker y Forrester, 2017).

La aplicación de fuerza es determinante, es parte de la técnica. Cuanta más fuerza se aplique en menor espacio de tiempo mejores resultados se obtendrán, si bien, algunos autores concluyen que la orientación del total de la fuerza al suelo durante la aceleración, podría ser un criterio más importante para rendir en este deporte que la cantidad de fuerza aplicada en cada zancada (Morin, Edouard y Samozino, 2011).

Más allá de la técnica, es de vital importancia incrementar los valores de fuerza y en concreto la fuerza aplicada en un periodo reducido de tiempo, lo que en términos de fuerza es conocido como potencia. Esta manifestación de la fuerza tiene especial relevancia en los primeros segundos de acción. Algunos trabajos han analizado los valores de potencia en la salida de tacos, demostrando que, a mayores valores de fuerza y potencia, mejor será esa transición hacia la ganancia de velocidad horizontal, siendo un rol importante en la primera transición la generación de potencia en la articulación de la rodilla (Debaere, Delecluse, Aerenhouts, Hagman y Jonkers, 2013).

Un aspecto a tener en cuenta a la hora de evaluar a los atletas o de realizar la planificación del entrenamiento es planteada por Dal Pupo et al., (2013), argumentando que en manifestaciones específicas de potencia como son el Squat Jump (SJ) o el Counter Movement Jump (CMJ) hay grandes correlaciones con un gran rendimiento en sprint de 100 y 200m.

A la vista de los antecedentes, parece que las tendencias actuales de entrenamiento de fuerza en esta población se dividen en diferentes apartados:

1. El entrenamiento pliométrico: con ejercicios básicos de potencia como SJ + DJ (drop jump), bounding (variedades de saltos repetidos) + CMJ, que aprovechan el ciclo estiramiento-acortamiento a la hora de mejorar la fuerza y la especificidad a la carrera para mejorar el rendimiento en sprint.

El ejercicio pliométrico se encarga de mejorar el músculo principalmente a través del salto. Es por estar relacionado con el salto que forma parte de la naturaleza de muchos movimientos deportivos. Sáez de Villarreal, Requena y Cronin (2012), argumentan que el rasgo característico del ejercicio pliométrico es el alargamiento (contracción excéntrica) de la unidad músculo-tendón seguido de un acortamiento o contracción concéntrica, dicho de otra forma, un ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA). Este ciclo mejora la capacidad de la unidad músculo-tendón de producir la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible.

Es por ello que con la ejecución de un programa de entrenamiento pliométrico se estaría mejorando las necesidades más importantes en deportes en los cuales importa esa producción explosiva de fuerza en el menor tiempo posible, como son los Sprint o los saltos. El entrenamiento de la pliometría optimizaría de manera directa la transferencia y por tanto cumpliría uno de los principios importantes del entrenamiento cómo es la especificidad, teniendo un gran efecto positivo y consiguiendo mejores resultados de forma más rápida (Sáez de Villarreal et al., 2012). A la hora de regular la carga de trabajo, los ejercicios pliométricos pueden ser ejecutados con varios niveles de intensidad, desde pequeños botes de baja intensidad a ejercicios unilaterales como saltos horizontales de máxima distancia (alta intensidad) a 1 pierna (alternando) (Sáez de Villarreal et al., 2012).

2. Mediante la potencia: que puede ser definida como la cantidad de trabajo producido por unidad de tiempo o el producto de la variable fuerza por la velocidad (Cronin y Sleivert, 2005). El desarrollo de la potencia y su transferencia en forma de rendimiento ha sido fuente de interés y discusión durante muchos años.

No es fácil asociar el trabajo de potencia con un porcentaje o rango de porcentaje del RM (Repetición Máxima). Históricamente la escuela del oeste tomaba el uso de cargas ligeras, por debajo del 50% de RM, mientras que los entrenadores del bloque del este proponían cargas mayores, entre el 50-70% del RM para la mejora de la potencia. Además, se ha visto que no se encuentra el pico de potencia en el mismo % de RM en el tren superior y el tren inferior, dependiendo de la experiencia con el entrenamiento, la fuerza máxima y el tipo de grupo muscular que se esté analizando (Cronin y Sleivert, 2005).

Una de las metodologías utilizadas en el entrenamiento de potencia en velocistas es realizada mediante la ejecución de ejercicios olímpicos como la arrancada, la cargada y la sentadilla, trabajando en rangos cercanos al 45-60% dependiendo del momento de la temporada para acercarnos al pico de potencia óptimo que nos lleve a esa mejora en los tiempos de sprint.

3. El entrenamiento excéntrico: es el entrenamiento de fuerza que aprovecha la fase excéntrica o de frenado que está demostrado que ayuda no sólo a generar mayores niveles de fuerza y de construcción muscular si no a reducir el número de lesiones (Guex, Lugin, Borloz y Millet, 2016).

El ejercicio excéntrico engloba aquellas acciones en las cuales las fibras musculares se estiran mientras se sigue produciendo tensión muscular. Durante este tipo de contracciones musculares la carga en el músculo es mayor que la fuerza producida y el propio músculo es estirado, produciendo una contracción con alargamiento de las fibras (Hedayatpour y Falla, 2015).

Debido a que en este tipo de ejercicio se producen más micro lesiones y una tensión mecánica mayor que en contracciones del tipo concéntrico o isométrico se obtendrían unas mejores adaptaciones a nivel muscular. Además, esta mayor intensidad y estímulo mecánico se ha observado que provoca una mayor hipertrofia, mayor que la producida por las contracciones concéntricas o isométricas (Hedayatpour, y Falla, 2015). Igualmente, se ha observado que el hecho de realizar ejercicio excéntrico mejora la recuperación muscular comparado con los otros tipos de contracción muscular (Hedayatpour, y Falla, 2015).

Se debe destacar, que el trabajo excéntrico es muy importante para el esprinter, debido al rol que tienen los isquiotibiales durante el ciclo de carrera, participando en la deceleración de la extensión de rodilla en la parte final de la fase de swing y la extensión de la cadera en la segunda parte del swing y la primera parte del "stance". Ambas partes suelen ser críticas a la hora de provocar roturas en los músculos isquiosurales, pero sobre todo la fase final del swing es la más dañina por esa contracción con estiramiento activo mientras la cadera está flexionada y la rodilla está extendida, lo que provoca gran cantidad de estrés en esa elongación de los isquiotibiales, coincidiendo con el pico de fuerza en la unión músculo tendón (Guex et al., 2016). Siendo la debilidad muscular un factor de riesgo de lesiones y más en los isquiotibiales, se ha visto que un aumento de la fuerza excéntrica en los isquiotibiales es crucial para minimizar las lesiones (Guex et al., 2016).

4. El entrenamiento resistido: en dos vertientes, por un lado, entrenando la carrera mediante sprints con resistencia añadida en forma de paracaídas o bien de trineo con peso.

Esta metodología de entrenamiento resistido se especifica cómo entrenamiento de carrera en el que a través del movimiento de carrera el atleta, se le añade una carga externa que puede ser a modo de trineo con el objetivo de hacer la acción de resistencia por medio del rozamiento sobre la superficie o bien mediante la utilización de un pequeño paracaídas que proporciona un nivel de resistencia proporcional a la velocidad de desplazamiento realizada.

Cómo muestran Monte, Nardello y Zamparo (2016), entrenar con trineos con peso es un método que pretende imitar toda la cinética de carrera, el rango de movimiento, posición del cuerpo, técnica de carrera y patrones de activación muscular. Añadiendo a la carrera normal es un incremento en la demanda de producción de fuerza en los músculos del tren inferior, aumentando así la fuerza sin inferir en los parámetros de la carrera y por consiguiente haciéndolo muy transferible al propio deporte.

Por otro lado, el entrenamiento con cometas es otra variante similar a la anterior, que trata de no inferir en los parámetros de la carrera, dándole transferencia y especificidad al tipo de ejercicio y que provoca esa necesidad de aumentar la fuerza producida por parte del atleta añadiéndole una resistencia aerodinámica que frena el avance del sujeto.

El objetivo de este trabajo es la elaboración de una revisión sistemática en la literatura científica actual de referencia, respecto a las metodologías de entrenamiento de fuerza utilizadas en los programas de entrenamientos realizados por los sprinters de alto nivel durante la temporada, a fin de presentar una propuesta de intervención para la mejora de la potencia en sprinters de alto nivel.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

Esta revisión sistemática de la literatura científica ha sido realizada siguiendo las directrices que propone la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Metaanalyses) (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman; PRISMA Group., 2009). La búsqueda bibliográfica en las bases de datos de referencia, se realiza mediante la búsqueda de artículos publicados entre el 1 de enero de 2010 hasta el 31 de diciembre de 2018, dando un margen temporal de 8 años (poniendo como criterio los artículos de esta década), para evitar la desactualización e incluyendo las nuevas tecnologías y conocimientos más recientes con el fin de garantizar la calidad de la propia revisión sistemática.

La búsqueda se realiza a través de las bases de datos electrónicos de conocimiento PubMed, Scopus, Web of science (búsqueda simple) y google académico. Se han utilizado las palabras claves siguientes:

- Running technique
- Sprint running technique
- Resistance training sprinters
- Strength in sprinters
- Sprint technique
- Sprinters technique

Los criterios de inclusión empleados en esta revisión fueron:

1. Programas de intervención que incluyan sujetos con grandes marcas en 100 y 200 metros lisos.
2. Textos escritos en inglés.
3. Intervenciones que, aunque no incluyan entrenamiento marquen guías sobre cómo entrenar ciertas manifestaciones.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Estudios con sujetos no entrenados o de marcas normales en sprints de 100 metros.
2. Fragmentos de 1 carrera de 100 o 200 metros.
3. Factores fisiológicos como la fatiga.
4. Estudios realizados fuera de la pista de atletismo.
5. Estudios en otras disciplinas o deportes de equipo.

La búsqueda identificó 1392 artículos en total, de las bases de datos en las que se realizó la búsqueda bibliográfica. Estos artículos seleccionados debían proporcionar información clara y detallada sobre el entrenamiento de fuerza, conociendo los diferentes métodos empleados,

así como los resultados producidos en muestras de deportistas significativos, como son los sprinters de alto nivel. Además, tras una primera revisión, se procedió a una eliminación de los artículos duplicados (en las diferentes búsquedas de palabras clave de PUBMED se encontraron artículos en común que solo se cuentan como 1 vez, y se eliminaron los que son iguales) y de todos los artículos que contuvieran alguna palabra de las de la búsqueda pero que sin embargo el título total del artículo no tenía que ver con la búsqueda. Con éste gran filtro obtuvimos 55 artículos.

Se revisaron los “abstracts” de los 55 artículos, seleccionando finalmente 33 estudios que fueron leídos en semiprofundidad (abstract + método + conclusiones + algunas partes del artículo completo) para la realización de cualquier parte del trabajo. Se pasó un nuevo filtro con el fin de identificar los estudios que presentaban los criterios de inclusión citados anteriormente y se eliminaron los artículos siguiendo los criterios exclusión establecidos previamente. Finalmente, fueron seleccionados 10 artículos para armar el grueso del trabajo y presentar la tabla de principales resultados y discusión.

A continuación, la figura 1 muestra un esquema del proceso detallado anteriormente:

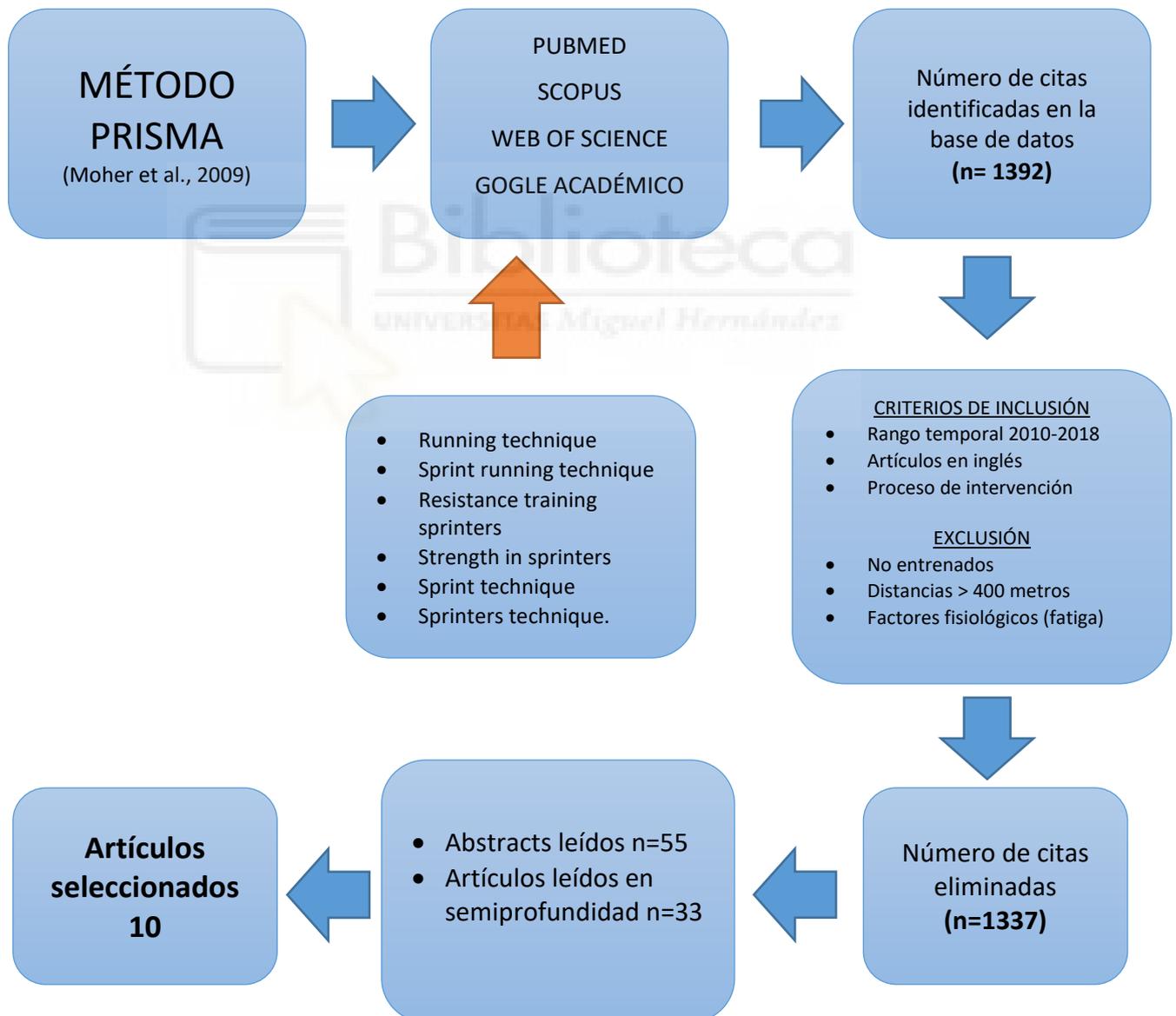


Figura 1: Proceso de búsqueda bibliográfico siguiendo los criterios establecidos en el método prisma.

3. RESULTADOS

Tabla 1: Principales resultados obtenidos en la revisión bibliográfica.

Año	Autores	Participantes	Entrenamiento	Descripción	Resultados
2002	Blazevich AJ and Jenkins DG.	10 sprinters nacionales; (100-400m) exp=5 años de entrenamiento.	11 sem 4 sem estandarización en 2 grupos. 2 grupos de 7 sem de baja velocidad y 7 de alta velocidad	Estandarización = 3 series 10RM despacio; Alta Velocidad = 30–50%RM; Baja Velocidad = 70–90% RM; 4-min descanso;	Grupo de alta velocidad mejoró sprint 20 m lanzado: -1,9%
2009	Satkunskien D, Rautkys, D, and Stanislovaitis, A.	7 sprinters con exp en entrenamiento 6.77–7.51 s en 60 m.	8 sem 3 veces por semana. 4 PE y 4 de potencia	PE = 60 – 90%; 30–60 s desc pasivo; Potencia = 100%; 3-5 min desc pasivo. GC = NA	Mejora en sprint: 30–40 m =-0.38% Diferencias no significativas*
2011	Alcaraz, PE, Romero-Arenas, S, Vila, H, and Ferragut, C.	10 hombres sprinters. 2 años exp entrenamiento fuerza y 6 en sprint. Edad:22,1 ± 3,6 60m: 7,06 ± 0,13	Medición PPot. Material y pruebas en anexo*	Medición 1 RM 15 min después: -5 series de 3 rep de BSQ al 30, 45, 60, 70 y 80% de 1RM (3 min descanso pasivo entre series.)	Resultados en tabla anexo 3*
2011	MartinopoulouK, Paradisis, G, Katsikas, C, and Smirniotou, A.	16 sprinters entrenamiento = 4 ± 1.1 años de exp; 8 con cometa; 8 GC	4 sem 3 veces /sem Entrenamiento resistido paracaídas	4x30 m y 4x50 m v _{max} , con rec 4'(30m) - 6'(50m) +10 min desc entre último 30 y primer 50m. Resist: paracaídas + 10% de reducción de tiempo.	Mejoró sprint en 10, 20, 40 y 50 m.
2012	Saez de Villarreal, E, Requena, B, and Cronin, JB.	Ver tabla en anexo 10*	Revisión pliométricos (SJ, DJ, CMJ y Bounds alternos). Ver anexo 11*	Pliométricos con: -SJ -DJ -CMJ -Bounds	PT mejoró: -0,21 s en 100 m -0,1s en 50 m
2013	Kamandulis, et al.,	7 sprinters nacionales e internacionales 100 m = 10.81 s	8 sem 4 días/sem 3 sem /PE 1 sem/descanso 4 sem/potencia alta intensidad	PE y entrenamiento de potencia. Detallados en anexos 1 y 2	MVC: + 7.4% CMJ: + 3.5% DJ: + 8.7% Mejora sprint: 60 m= -1.83%
2013	Balsalobre et al.,	7 atletas españoles Mejor marca 400 vallas = 54.78s ± 2.54 ; exp y competición nacional e internacional	10 sem 2 veces/sem Potencia de tren inferior	Sentadillas. 40% de RM salto sentadilla + 5% hasta pico potencia.	Sprint 30 m: -1.43%, 1RM (kg): +7,9% SJ= +2,3% Potencia (W): +4%

Año	Autores	Participantes	Entrenamiento	Descripción	Resultados
2015	Mačkała K, Fostiak M	14 sprinters hombres Edad 18.07±0.73 exp min 4 años entrenamiento sprint.	2 sem 3 días/sem 2 sem/pliométricos.	Pliométricos Entreno completo anexo 8*	Mejoras tiempos sprint, salto vertical y salto horizontal Tabla en anexo 9*
2016	Monte A, Nardello F, Zamparo P	13 hombres sprinters. Edad:19,4±2.3 Exp trineos:3,77 ± 1,36	Mediciones (%óptimo de carga trineos), entrenamiento con trineos.	5 pruebas máximas de 20-m: descargados y con cargas entre 15% y el 40% masa.	Carga del 20% de la masa corporal óptima para trabajo PPOT.
2016	Gueux KJ, Lugrin V, Borloz S, Millet GP.	20 sprinters nivel nacional (7 hombres, 13 mujeres) Edad:16–26 *más específico en anexo 10	6 sem. 4 sem entrenamiento excéntrico énfasis swing+2 mediciones de RM	2 mediciones de RM+ Sesiones de excéntrico *tabla anexo 5	Tabla anexo 4*

ABREVIATURAS: SEM= Semana-semanas; PE= Power endurance; MVC= Máxima contracción voluntaria; CMJ= Counter movement jump; DJ= Dropjump; INT= Intensidad; REC= Recuperación; SEG= Segundos; EXP= Experiencia; SJ= Squat Jump; INT= Intensidad; REC= Recuperación; SEG= Segundos; EXP= Experiencia; SJ= Squat jump; RM= Repetición máxima; W= Watios; GC= Grupo control; VMAX= Velocidad máxima; DESC= Descanso; MIN= Minutos; PT= Power training; PPOT= Pico de potencia; REP= Repeticiones; BSQ= Back squat



4. DISCUSIÓN

Los sprinters de alto nivel entrenan la fuerza principalmente con métodos de potencia, de pliometría, de carrera con resistencia añadida (trineos o cometas) y excéntricos. Todos ellos presentan mejoras en el rendimiento de sprint en grupos de sprinters. No está clara que modalidad es mejor (ni que combinación) de todas para el desarrollo de la velocidad, así que la mejora del sprint debe ser optimizada a través de una variedad de modalidades de estos entrenamientos contra-resistencia.

Bolger et al., (2015) consideraban que se puede mejorar el sprint con métodos contra-resistencia (potencia, resistencia añadida y pliometría) incluyendo movimientos unilaterales, 2-4 veces por semana al 60-100% del 1 RM y resistencias en plano fijo (Sentadillas y extensiones de rodilla, con movimientos bilaterales 2-4 veces/semana con intensidades 30-90 % de RM) a parte de una base de fuerza general.

Hay que decir que una limitación de la revisión es el reducido número de estudios que cumplen con los criterios de inclusión, pero esto enfatiza más que los entrenadores competitivos están usando varios métodos de entrenamiento contra-resistencia sin publicar evidencia empírica, para poder corroborar el tipo, frecuencia y programación de esas actividades.

Cabe destacar que a pesar de la cantidad de estudios sobre sprints, pocos se han centrado específicamente en sprinters de alto nivel.

Otra limitación puede ser que mientras todos los estudios de esta revisión se dan en periodos de tiempo cortos (de media 7,4 semanas), es desconocido el efecto crónico de las adaptaciones. Los efectos agudos planteados deben ser asociados con adaptaciones neuromusculares, pero los efectos en la masa muscular, actividad metabólica o el riesgo/beneficio aún no se conocen. Como los estudios han valorado sprinters competitivos probablemente sea difícil el controlar el entrenamiento en un período largo de tiempo por culpa de la temporada competitiva.

Además, en la revisión se analizan los entrenamientos de potencia, pliométrico y de carrera con resistencia añadida.

El entrenamiento de potencia debe ser realizado mediante la realización de movimientos olímpicos debido a la mayor transferencia sobre el sprint. Alcaraz et al., (2011) concluyen que la utilización del trabajo con carga óptima de potencia en estos ejercicios para mejorar el sprint en fase competitiva trabajando en el 60% de su RM. Aunque muchos investigadores encontraron que el pico óptimo está en el 0% (29 estudios) y otros en el 60% (4 estudios) de RM, nos aconsejan hacerlo en este rango del 60% en esta población.

Aun así, es difícil establecer conclusiones en la literatura y esto sea quizá por varios motivos; que se ha analizado en diferentes fases de la temporada, las diversas características de los atletas y los diferentes ejercicios analizados. La metodología usada para determinar el pico de potencia parece ser el factor más importante a la hora de obtener el valor adecuado de trabajo de potencia.

Sáez de Villarreal et al., (2012), coincide con previos estudios en que el entrenamiento pliométrico es un método efectivo para mejorar el rendimiento en sprint, es vital en deportes que demandan explosividad.

Un dato importante que se arroja del estudio es que en este entrenamiento si los sujetos realizan adecuadamente los ejercicios (adecuada fuerza y técnica) los resultados son independientes del nivel de condición física. Esto puede ser por tanto muy útil en general no solo para velocistas, si no para más poblaciones. Es por ello, que cuanto más específico es el ejercicio a un movimiento de competición mayor transferencia del entrenamiento al rendimiento. La mayor transferencia de los pliométricos al sprint aparece en la fase de aceleración. Coincide con la teoría de Young, que sugiere que saltar debe ser un ejercicio específico para el desarrollo de la aceleración por los tiempos de contacto similares al sprint en la fase inicial de aceleración.

Cabe destacar que, pese a que en general en los artículos vistos no hay predilección en cuanto a uno u otro ejercicio o a la combinación de varios, se encontró que la combinación de pliométricos (SJ + DJ, bounding + CMJ) tuvo mejor efecto comparado con la ejecución de ejercicios por separado (DJ). Por tanto, nos decantaremos por la combinación, que aparte de ahorrar tiempo de entrenamiento, nos aporta más rendimiento

Haciendo referencia al coste temporal, Maćkała et al., (2015) concluían que “simplemente” un entrenamiento pliométrico corto de 6 sesiones en 2 semanas mejoran velocidad y potencia de tren inferior. El volumen de 2 semanas (6 sesiones) usando alta intensidad y volumen (unos 250 saltos por sesión) e incluyendo saltos verticales más que horizontales parece ser la clave. Por tanto, parece que se podría planificar la realización de un buen “pico de forma” o acercarnos a una competición de forma más óptima siguiendo esta metodología utilizada.

Respecto al entrenamiento excéntrico de la fuerza, son conocido los beneficios que suscitan, no sólo aumentando la fuerza si no ayudando en la prevención de lesiones. En grupos de sprinters se ha encontrado mejoras de sprint cómo recogen Guex et al., (2016).

Estos autores presenta resultados sobre la fase excéntrica (altas cargas, aunque moderadas como preparación general sirven) adicional (específica del swing del movimiento de carrera) en ejercicios de isquiotibiales dentro del entrenamiento de fuerza, siendo una parte crucial para mejorar diferentes factores de riesgo que provocan lesiones por rotura de isquiotibiales, factores como fuerza excéntrica (20-22% mejor en isquiotibiales en rango 30 a 120 grados) y concéntrica, ratio cuádriceps-isquiotibiales y flexibilidad. Los ejercicios, extensión de rodilla y cadera, son específicos de la fase de swing en el sprint, la cual se cree que es la fase más peligrosa a la hora de causar roturas de isquiotibiales. Si mejoramos esos factores y añadimos fuerza excéntrica de esta forma tan específica el resultado que obtenemos parece muy beneficioso.

Los entrenamientos de carrera añadiendo resistencia externa, marcan el 20% de la masa corporal como la carga óptima para la producción máxima de potencia (Monte et al., 2016). En este punto, los sprinters alcanzan su pico de potencia sin ver cambios significativos en su técnica, mientras que en cargas mayores de 30% los ángulos de articulaciones tienden a disminuir. Así que, estas cargas tienen un efecto negativo en el resultado y evitan una transferencia positiva del entrenamiento. Además, a la hora de cargar los trineos hay que tener en cuenta trineos las fuerzas de fricción y las diferentes superficies.

5. CONCLUSIONES

Por tanto, según lo presentado en esta revisión, podemos argumentar que el entrenamiento de fuerza en velocistas de alto nivel se basa en 4 pilares:

1. Entrenamiento de potencia: tratando de trabajar con ejercicios globales (movimientos olímpicos) siendo la sentadilla el ejercicio estrella. Se suele trabajar en la franja del 45-60% del RM para el tren inferior, siempre analizando la población dónde se aplica el entrenamiento y el momento de la temporada en el que están los sujetos.
2. Entrenamiento resistido: Con sprints ya sea con cometas o trineos. Acercándose al 20% de la masa corporal y teniendo en cuenta los rozamientos y las superficies dónde se entrena.
3. Pliométricos: Ejercicios que aprovechan el ciclo estiramiento-acortamiento y en la transferencia a la carrera. Se basan en saltos, tanto verticales cómo horizontales.
4. Excéntrico: Con ejercicios específicos de fase de carrera cómo la extensión de cadera y rodilla. A parte de aumentar la fuerza ayudan a proteger la musculatura de lesiones y roturas.

- Se ha encontrado que las duraciones de los ciclos de entrenamiento suelen estar en torno a las 8-10 semanas, pero incluso en el caso de los Pliométricos podría hacerse ciclos cortos de 2 semanas obteniendo resultados, cosa útil por ejemplo a la hora de afinar de cara a una competición.
- Las combinaciones de estos entrenamientos aún no están muy claras y los entrenadores deben actuar con su criterio.
- Cómo limitación de los estudios revisados, la dificultad de llevarlos a cabo en una población cómo ésta (alto nivel) durante un largo período para sacar aún mejores conclusiones.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

En base a los resultados y conclusiones extraídas de la revisión se propone la realización de un ciclo de entrenamiento de una duración de 8 semanas (8 entrenando potencia y 2 de pliométricos en total). Lo dividiríamos en 2 partes diferentes; la primera trabajaríamos un microciclo de inicio de 6 semanas en el cuál entrenaríamos potencia 2 veces a la semana. Sería una fase de aproximación hacia el segundo microciclo y más importante, un microciclo de competición de 2 semanas de entrenamiento que combinaría potencia y pliometría. Todos los sujetos tienen el rango de edad 18-20 años. Tienen una experiencia de 4 años entrenando fuerza y conocen los ejercicios pliométricos.

En base a lo revisado, se entrenaría la fuerza para así, junto con su entrenamiento específico de velocidad, tuviéramos más mejoras en los tiempos de sprint. Se realizarían mediciones de RM de los ejercicios del ciclo de entrenamiento la semana antes del comienzo.

El microciclo de inicio duraría 6 semanas. En él trabajaríamos potencia de tren inferior cómo se describe en la tabla de abajo. Se trabajaría martes y viernes. Además, se trabajaría el entrenamiento específico de velocidad.

El microciclo de competición consta de 10 sesiones, 5 a la semana, 3 de pliométricos y 2 de potencia de tren inferior. Aparte se realizaría el entrenamiento propio de velocidad que no se va a describir. Se realizarán mediciones la semana de antes con SJ, CMJ y otros, y mediciones la semana después.

Se plantea la realización de un entrenamiento combinado de fuerza en el cuál se trabajaría en potencia en rangos 40-60 % de RM y además se añadirían los beneficios agudos obtenidos en un período de entrenamiento relativamente corto precompetitivo de 2 semanas. El entrenamiento de potencia cercano al pico de potencia (en torno al 45-60% del RM) sería algo que llevaríamos entrenando más tiempo y le añadiríamos la parte de la pliometría para hacer más énfasis y aproximarnos a la competición con mayores garantías.

En la siguiente tabla se detallan los tipos de sesiones (en general de los dos tipos de entrenamiento) con tiempos de descanso (trabajando en el rango de 3-5 minutos de descanso en todos los ejercicios, para favorecer la buena ejecución tanto en pliometría cómo en potencia), series, ejercicios, etc.

LUNES 6	MARTES 7	JUEVES 9	VIERNES 10	SÁBADO 11
Entrenamiento pliométrico: -SJ 3x10 -Saltos a 1 pierna 3x10 (con cada pierna) -Salto a escalón (hacia arriba) 3x10 (cada pierna)	Entrenamiento potencia -Salto en sentadilla al 40-50% RM (incrementos). 4 series buscando las 4-6 repeticiones manteniendo la velocidad.	Entrenamiento de pliométrico: -SJ 3x10 -Saltos a 1 pierna 3x10 (con cada pierna) -Salto a escalón (hacia arriba) 3x10 (cada pierna)	Entrenamiento de potencia: -Salto en sentadilla al 40-50% RM (incrementos). 6 series buscando las 4-6 repeticiones manteniendo la velocidad.	Entrenamiento pliométrico: -SJ 3x10 -Saltos a 1 pierna 3x10 (con cada pierna) -Salto a escalón (hacia arriba) 3x10 (cada pierna)

-Saltos alternos horizontales (a 1 pierna)3x10 (cada pierna)		-Saltos alternos horizontales (a 1 pierna)3x10 (cada pierna)		-Saltos alternos horizontales (a 1 pierna)3x10 (cada pierna)
LUNES 13	MARTES 14	JUEVES 16	VIERNES 17	SÁBADO 18
Entrenamiento pliométrico: -Saltos de vaya a pies juntos (seguidos) 3x10 -Saltos de sprint a 1 pierna 3x10 (ambas piernas) -Saltos adelante a pies juntos 3x10 -Saltos desde plataforma elevada (depth jump, similar a DJ) 3x10 -Zancadas de sprint largas con salto 3x10 (ambas piernas)	Entrenamiento de potencia: -Salto en sentadilla al 40-50% RM (incrementos). 6-8 series buscando las 4-6 repeticiones manteniendo la velocidad.	Entrenamiento pliométrico: -Saltos de vaya a pies juntos (seguidos) 3x10 -Saltos de sprint a 1 pierna 3x10 (ambas piernas) -Saltos adelante a pies juntos 3x10 -Saltos desde plataforma elevada (depth jump, similar a DJ) 3x10 -Zancadas de sprint largas con salto 4x10 (ambas piernas)	Entrenamiento de potencia: -Salto en sentadilla al 40-50% RM (incrementos). 6-8 series buscando las 4-6 repeticiones manteniendo la velocidad.	Entrenamiento pliométrico: -Saltos de vaya a pies juntos (seguidos) 3x10 -Saltos de sprint a 1 pierna 4x10 (ambas piernas) -Saltos adelante a pies juntos 3x10 -Saltos desde plataforma elevada (depth jump, similar a DJ) 3x10 -Zancadas de sprint largas con salto 5x10 (ambas piernas)
ABREVIATURAS: SJ (<i>squat jump</i>), RM (<i>repetición máxima</i>), DJ (<i>drop jump</i>)				

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz P. E., Romero-Arenas S., Vila H., Ferragut C. (2011). Power-load curve in trained sprinters. *J Strength Cond Res*, 25(11):3045-50.
- Balsalobre-Fernández, C, Tejero-Gonzalez, CM, del Campo-Vecino, J, and Alonso-Curiel, D. "The effects of a maximal power training cycle on the strength, maximum power, vertical jump height and acceleration of high-level 400-meter hurdlers." *Hum Kinet* 36: 119–126, 2013.
- Barbieri D., Zaccagni L., Babić V., Rakovac M., Mišigoj-Duraković M., Gualdi-Russo E. (2017). Body composition and size in sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(9):1142-1146.
- Blazevich, AJ and Jenkins, DG. "Effect of the movement speed of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters". *J Sports Sci* 20: 981–990, 2002.
- Bolger R, Lyons M, Harrison AJ, Kenny IC. "Sprinting performance and resistance-based training interventions: a systematic review". *J Strength Cond Res*. 2015 Apr; 29(4):1146-56.
- Cronin, J., & Sleivert, G. (2005). Challenges in Understanding the Influence of Maximal Power Training on Improving Athletic Performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–234.
- Dal Pupo J., Arins F. B., Antonacci Guglielmo L. G., Rosendo da Silva R. C., Moro A. R., Dos Santos S.G. (2013). Physiological and neuromuscular indices associated with sprint running performance. *Res Sports Med*, 21(2):124-35.
- Debaere S., Delecluse C., Aerenhouts D., Hagman F., Jonkers I. (2016). From block clearance to sprint running: characteristics underlying an effective transition. *J Sports Sci*, 31(2):137-49.
- Folland J.P., Allen S.J., Black M.I., Handsaker J.C., Forrester S.E. (2017). Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Med Sci Sports Exerc*, 49(7):1412-1423.
- Gueux K.J., Lugin V., Borloz S., Millet G.P. (2016). Influence on Strength and Flexibility of a Swing Phase-Specific Hamstring Eccentric Program in Sprinters' General Preparation. *J Strength Cond Res*, 30(2):525-32.
- Haugen T., Tønnessen E., Seiler S. (2015). 9.58 and 10.49: nearing the citius end for 100 m? *Int J Sports Physiol Perform*, 10(2):269-72.
- Hedayatpour, N., & Falla, D. (2015). Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training
- Hrysomallis C. (2012). The effectiveness of resisted movement training on sprinting and jumping performance. *J Strength Cond Res*, 26(1):299-306.
- Kamandulis, S, Brazaitis, M, Stanislovaitis, A, Duchateau, J, and Stanislovaitiene, J. "Effect of a periodized power training program on the functional performances and contractile properties of the quadriceps in sprinters." *Res Q Exerc Sport* 83: 540–545, 2013.
- Kratky S., Buchecker M., Pfusterschmied J., Szekely C., Müller E. (2016). Effects of a Body-Weight Supporting Kite on Sprint Running Kinematics in Well-Trained Sprinters. *J Strength Cond Res*, 30(1):102-8.
- Loturco I., D'Angelo R.A., Fernandes V., Gil S., Kopal R., Cal Abad C.C., Kitamura K., Nakamura F.Y. (2015). Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. *J Strength Cond Res*, 29(3):758-64.
- Maćkała K., Fostiak M. (2015). Acute Effects of Plyometric Intervention—Performance Improvement and Related Changes in Sprinting Gait Variability. *J Strength Cond Res*, 29(7):1956-65.
- Maćkała K., Fostiak M., Kowalski K. (2015). Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *J Hum Kinet*, 7;45:135-48.

- Markström J.L., Olsson C.J. (2013). Countermovement jump peak force relative to body weight and jump height as predictors for sprint running performances: (in) homogeneity of track and field athletes? *J Strength Cond Res*, 27(4):944-53.
- Martinopoulou, K, Paradisis, G, Katsikas, C, and Smirniotou, A (2011). "The effects of resisted training using parachute on sprint performance" *J Biol Exer* 7: 7–23.
- Miyake Y., Suga T., Otsuka M., Tanaka T., Misaki J., Kudo S., Nagano A., Isaka T. (2017). The knee extensor moment arm is associated with performance in male sprinters. *Eur J Appl Physiol*, 117(3):533-539.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group.(2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*.2009 Jul 21
- Monte A., Nardello F., Zamparo P. (2016). Sled Towing: The Optimal Overload for Peak Power Production. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(8):1052-1058.
- Morin J.B., Edouard P., Samozino P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9):1680-8.
- Sáez de Villarreal E., Requena B., Cronin J.B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 26(2):575-84.
- Satkunskiene, D, Rautkys, D, and Stanislovaitis, A. "The effect of power training on sprint running kinematics". *Educ Phys Train Sport* 72: 116–122, 2009.
- Sugisaki N., Kobayashi K., Tsuchie H., Kanehisa H. (2018). Associations Between Individual Lower-Limb Muscle Volumes and 100-m Sprint Time in Male Sprinters. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(2):214-219.
- Sugiura Y., Sakuma K., Sakuraba K., Sato Y. (2017). Prevention of Hamstring Injuries in Collegiate Sprinters. *Orthop J Sports Med*, 5(1):2325967116681524.



8. ANEXOS

ANEXO 1:

TABLE 2. Reviewed articles.*

Authors	Subject description (n)	Anthropometrics	Resistance training type and duration	Description of treatment and control groups	Results (sprinting outcome measure)	Sprint performance (%)	Physiotherapy evidence database scale
Kamandulis et al. (30)	7 national and international sprinters: 100 m = 10.81 s (SD = 0.22); training experience = 6.0 y; SD = 1.0	<i>M</i> age = 20.7 y, <i>SD</i> = 1.8; <i>M</i> height = 1.82 m, <i>SD</i> = 0.006; <i>M</i> mass = 73.0 kg, <i>SD</i> = 11.0; <i>M</i> fat % = 7.6%, <i>SD</i> = 2.9	Power endurance, 3 wk; recovery, 1 wk; PT, 4 wk; total = 8 wk (27 sessions)	PE = 60–90% of max for 20 s 5–10 times (0.5- to 1-min rest) (hurdles, upstairs, uphill, on spot); PT = 95–100% of max for 5–10 s 5–10 times (5-min rest); CT = NA	<i>SD</i> = 0.96; <i>p</i> ≤ 0.05, <i>ES</i> = 1.7; <i>MVC</i> : ^7.4% (<i>SD</i> = 7.3%); <i>CMJ</i> : ^3.5% (<i>SD</i> = 8.0%); <i>DJ</i> : ^8.7% (<i>SD</i> = 7.9%) (<i>p</i> ≤ 0.05 in all cases, <i>ES</i> = 1.4–1.7)	60 m ^1.83%	6
Balsalobre-Fernandez et al. (4)	7 Spanish high-level hurdlers personal record = 54.78 ± 2.54 s; training experience = national and international competitors	<i>M</i> age = 21.7 ± 2.4 y; <i>M</i> height = 181.8 ± 3.9 cm; <i>M</i> mass = 75.1 ± 4.1 kg	Maximal PT, 10 wk; 2 times per wk; total = 10 wk	PT = 40% of 1RM + increments of 5% until max power was attained (Myotest Pro); squat jumps; CT = NA	Improved 30 m ^1.43%, <i>SD</i> = 4.13 ± 0.16, <i>p</i> = 0.044*; 7.9% increase in 1RM (kg) (<i>Z</i> = -2.03, <i>p</i> = 0.021, power = 0.70, δc = 0.39); 2.3% increase in squat jump (<i>Z</i> = -1.69, <i>p</i> = 0.045, power = 0.31, δc = 0.29); 1.43% decrease in 30-m sprint (<i>Z</i> = -1.70, <i>p</i> = 0.044, power = 0.46, δc = 0.12); 4% increase in power (<i>W</i>) (<i>Z</i> = -0.98, <i>p</i> = 0.16, power = 0.05, δc = 0.28)	30 m ^1.43%	6
Martinopoulou et al. (37)	16 sprinters training experience = 4 ± 1.1 y of sprint training; 8 parachute; 8 control	<i>M</i> age = 25 ± 4 y; <i>M</i> height = 172 ± 0.8; <i>M</i> mass = 61.5 ± 10.2	Resisted sprint training; parachute; 3 times per wk; total = 4 wk	PT ≥10% decrease in running velocity (parachute); maximum sprints of 0–50 m; CT = maximum sprints of 10–50 m; unresisted training (no parachute)	PT improved 10, 20, 40, and 50-m; sprints; resisted <i>p</i> = 0.001; unresisted <i>p</i> = 0.04	Not disclosed	7
Blazevich and Jenkins (5)	10 Nationally ranked sprinters; 100- to 400-m events; training experience ≥5 y	<i>M</i> age = 19.0 ± 1.4 y; <i>M</i> height = 1.82 ± 0.05 cm; <i>M</i> mass = 75.7 ± 4.7 kg	Standardization training = 4 wk; RT high velocity = 7 wk; RT low velocity = 7 wk; total = 14 wk	ST = 3 sets 10RM slow; HV = 30–50% of 1RM; SV = 70–90% of 1RM; 4-min recovery; CT = NA	High-velocity group; improved flying 20 m = <i>p</i> < 0.20	HVG 20 m; fly = ^1.9%	7
Satkunskienė et al. (50)	7 sprinters training experience = elite 60 m; result 6.77–7.51 s	<i>M</i> age = 26 ± 2.5 y; <i>M</i> height = 183.0 ± 4.11 cm; <i>M</i> mass = 76.0 ± 3.27 kg	Power endurance = 4 wk; PT = 4 wk; 3 times per wk 8 wk; total = 8 wk	Power endurance = 60–90%; 30–60 s passive rest; PT = 100%; 3- to 5-min passive rest; CT = NA	Running speed 30- to 40-m time = pre 9.82 ± 0.35 s; post 10.0 ± 0.57 s	30–40 m = -0.38%	6

*PE = power endurance; ES = effect size; PT = power training; CT = control trial; MVC = maximum voluntary contraction; CMJ = countermovement jump; DJ = drop jump; 1RM = 1 repetition maximum; RT = resistance training; HV = high velocity; HVG = high-velocity group; NA = not applicable; ST = standardization training; SV = slow velocity.

ANEXO 2:

TABLE 3. Description of treatment and control group training.*

Author	Kamandulis et al. (30)	Balsalobre-Fernandez et al. (4)	Martinopoulou et al. (37)	Blazevich and Jenkins (5)	Satkunskienė et al. (50)
Treatment group/control group	<p>Locomotor training</p> <p>PE = 60–90% of max for 20 s 5–10 times (0.5- to 1-min rest); vertical jumps; multiple forward jumps; running exercises (hurdles, upstairs, uphill, and on spot); sprints alternating with slow jogging; HP = 95–100% of max for 5–10 s 5–10 times (5-min rest); runs with weight belt; 1-step vertical jumps; forward jumps; crouch-start running; dynamic inertial loads</p>		<p>>10% decrease in running velocity (parachute); experimental group; maximum sprints with parachute; 4 × 30 m with 4-min rest; 10-min rest between 4 × 50 with 6-min rest; CT = maximum sprints; unresisted training (no parachute); 4 × 30 m with 4-min rest; 10-min rest; 4 × 50 with 6-min rest</p>		<p>PE, standing jumps, multiple hops and jumps, barrier hops, run up stairs, run up hill, run in place; exercise intensity = 60–90%, duration—20 s, 5–10 repetitions with 30- to 60-s passive rest. The PT resisted sled-pulling sprinting, depth jump, multiple hops and jumps, block start run, and exercises for muscle strength: lever-seated calf raise, Barbell back extension, Pec Deck butterfly's, lever-lying leg curl. Exercise intensity = 100%, duration—10 s, 5–7 repetitions with 3- to 5-min passive rest, 5-min rest between sets</p>
	<p>Stationary training</p> <p>Vertical jumps</p>	<p>40% of 1RM + increments of 5% until max power was attained (Myotest Pro); squat jumps</p>		<p>Squat hip extension; leg extension; hip flexion; leg flexion</p>	<p>Lever-seated calf raise, Barbell back extension, Peck Deck butterfly's, lever-lying leg curl</p>
	<p>Frequency</p> <p>6–9 h a wk; power endurance, 3 wk; recovery, 1 wk; PT, 4 wk; total 8 wk (27 sessions)</p>	<p>2 times per wk; total 10 wk</p>	<p>3 times per wk; total 4 wk</p>	<p>2 times per wk; 4 wk standardization training; 7 wk RT; total 7 wk</p>	<p>3 times per wk; 4 wks power endurance; 4 wk PT; total 8 wk</p>

*PE = power endurance training; HP = high-intensity power training; CT = control trial; PT = power training; 1RM = 1 repetition maximum; RT = resistance training.

ANEXO 3:

TABLE 2. Peak power and peak power relative to body mass, during half back squats with different 1RM intensities ($n = 10$).^{*†}

Load (1RM %)	PP (W)	PP BW ⁻¹ (W·kg ⁻¹)
30	3,010.6 ± 626.8	43.9 ± 5.3
45	3,099.1 ± 670.4	45.3 ± 6.0
60	3,134.3 ± 561.9	45.8 ± 3.8
70	2,945.7 ± 440.2	43.1 ± 2.3
80	2,749.9 ± 456.7	40.2 ± 3.3

*1RM = 1 repetition maximum; PP = peak power; BW = body weight.

†Values are given as mean ± SD.

ANEXO 4:

TABLE 3. Values (mean ± SD) of peak torques per body weight, hamstring-to-quadriceps ratios, and knee flexion angles for the control and eccentric groups before (pre) and after (post) the eccentric training intervention.*

	Control group (n = 10)		Eccentric group (n = 10)	
	Pre	Post	Pre	Post
Peak torque (Nm·kg ⁻¹)				
Hcon60	1.73 ± 0.29	1.74 ± 0.32	1.51 ± 0.20†	1.74 ± 0.24‡
Hcon240	1.41 ± 0.22	1.44 ± 0.24	1.30 ± 0.18	1.40 ± 0.14§
Hecc30	2.21 ± 0.46	2.32 ± 0.48	1.80 ± 0.31¶	2.13 ± 0.28‡
Hecc120	2.23 ± 0.39	2.35 ± 0.38§	1.89 ± 0.32¶	2.26 ± 0.24‡
Qcon60	2.93 ± 0.40	3.01 ± 0.39	2.75 ± 0.51	2.85 ± 0.55
Qcon240	1.77 ± 0.23	1.89 ± 0.21§	1.68 ± 0.35	1.79 ± 0.31
H:Q ratio				
Hcon60:Qcon60	0.60 ± 0.10	0.58 ± 0.09	0.56 ± 0.08	0.62 ± 0.10‡
Hcon240:Qcon240	0.80 ± 0.11	0.77 ± 0.12	0.78 ± 0.11	0.80 ± 0.10
Hecc30:Qcon240	1.24 ± 0.20	1.23 ± 0.23	1.09 ± 0.21†	1.21 ± 0.21‡
Knee flexion (°)				
OA Hcon60	40.9 ± 10.3	41.6 ± 11.6	42.3 ± 17.4	38.3 ± 16.4
PKE	51.9 ± 6.9	51.8 ± 8.1	56.1 ± 8.8	51.8 ± 5.4§

*H = hamstring; Q = quadriceps; con = concentric; ecc = eccentric; OA = optimum angle; PKE = passive knee extension test.
 †p ≤ 0.05 for differences with control group.
 ‡p < 0.001 for differences with pre-training.
 §p < 0.01 for differences with pre-training.
 ||p ≤ 0.05 for differences with pre-training.
 ¶p < 0.01 for differences with control group.

ANEXO 5:

TABLE 2. Swing phase-specific hamstring eccentric training for the eccentric group.*

Week	Sessions per week	Exercises	Sets and repetitions per exercise	Load (% of 1RM)
1	1 + 1RM test	EKE + EHF	2 × 12	80
2	2	EKE + EHF	2 × 10	90
3	2	EKE + EHF	2 × 8	100
4	2 + 1RM test	EKE + EHF	3 × 10	90
5	2	EKE + EHF	3 × 8	100
6	2	EKE + EHF	3 × 6	110

*RM = repetition maximum; EKE = eccentric knee extension; EHF = eccentric hip flexion.

ANEXO6:

TABLE 1. Values of kinematic parameters in the free sprint and the body-weight supported sprint condition (mean ± SD) and results from inferential statistics. Differences are expressed as mean percentage change (%Δ) and 95% confidence limits (±95% CL).*

	Free sprint	Kite sprint	T	p	d	1-β	%Δ; ±95% CL
GCT (ms)	105.3 ± 5.7	99.4 ± 5.7	7.22	<0.001	2.18	0.99	-5.6; ±1.74
AT (ms)	119.3 ± 10.8	125.7 ± 9.5	-5.24	<0.001	1.58	0.99	5.5; ±2.27
d-TD (mm)	301.1 ± 29.1	248.9 ± 22.3	9.81	<0.001	2.96	1.00	-17.2; ±3.94
d-TO (mm)	619.6 ± 39.5	622.2 ± 39.0	-0.61	0.558	0.18	0.09	0.4; ±1.53
h-TD (mm)	1,015.0 ± 39.7	1,023.0 ± 42.6	-3.14	0.010	0.95	0.81	0.8; ±0.56
h-TO (mm)	1,040.3 ± 36.0	1,049.6 ± 41.5	-3.24	0.009	0.98	0.83	0.9; ±0.62
Hip-TO (°)	159.5 ± 4.0	160.9 ± 3.9	-4.84	<0.001	1.46	0.99	
Hip-ex (°)	156.2 ± 5.3	157.9 ± 4.6	-4.70	<0.001	1.42	0.99	
Hip-flex (°)	248.9 ± 4.2	251.6 ± 3.8	-3.14	0.010	0.95	0.81	
k-stancemin (°)	136.4 ± 3.7	139.6 ± 4.5	-5.82	<0.001	1.76	0.99	
k-TO (°)	158.8 ± 3.4	160.4 ± 2.9	-3.23	0.009	0.97	0.83	

*GCT = ground contact time, AT = air time, d-TD/d-TO = horizontal distance to the centre of mass at touchdown/take-off, h-TD/h-TO = height of the centre of mass at touchdown/take-off, hip-TO = hip joint angle at take-off, hip-ex/hip-flex = maximal hip joint extension/flexion, k-stancemin = minimal knee joint angle during stance phase, k-TO = knee joint angle at take-off.

ANEXO 7:

TABLE 2. Correlations between horizontal and vertical jump performance indices and sprint performance ($n = 22$).*

	V 10 m (m·s ⁻¹)	V 30 m (m·s ⁻¹)	V 50 m (m·s ⁻¹)	VJS 40% (m·s ⁻¹)	MPPJS (W)	SJ (cm)	CMJ (cm)	HJ (m)	PF SJ (N)	PF CMJ (N)	PF HJ (N)	OL (kg)
V 10 m (m·s ⁻¹)	-	0.964†	0.944†	0.822†	0.777†	0.795†	0.857†	0.904†	0.261‡	0.354†	0.591†	0.729†
V 30 m (m·s ⁻¹)	0.964†	-	0.986†	0.839†	0.783†	0.767†	0.840†	0.881†	0.283‡	0.332†	0.617†	0.727†
V 50 m (m·s ⁻¹)	0.944†	0.986†	-	0.806†	0.781†	0.756†	0.820†	0.863†	0.272‡	0.309†	0.638†	0.719†
VJS 40% (m·s ⁻¹)	0.822†	0.839†	0.806†	-	0.762†	0.783†	0.811†	0.762†	0.308†	0.418†	0.540†	0.707†
MPPJS (W)	0.777†	0.783†	0.781†	0.762†	-	0.702†	0.719†	0.855†	0.498†	0.600†	0.913†	0.976†
SJ (cm)	0.795†	0.767†	0.756†	0.783†	0.702†	-	0.885†	0.777†	0.173	0.266‡	0.469†	0.620†
CMJ (cm)	0.857†	0.840†	0.820†	0.811†	0.719†	0.885†	-	0.868†	0.248‡	0.316†	0.506†	0.667†
HJ (m)	0.904†	0.881†	0.863†	0.762†	0.855†	0.777†	0.868†	-	0.327†	0.375†	0.729†	0.799†
PF SJ (N)	0.261‡	0.283‡	0.272‡	0.308†	0.498†	0.173	0.248‡	0.327†	-	0.808†	0.586†	0.599†
PF CMJ (N)	0.354†	0.332†	0.309†	0.418†	0.600†	0.266‡	0.316†	0.375†	0.808†	-	0.608†	0.697†
PF HJ (N)	0.591†	0.617†	0.638†	0.540†	0.913†	0.469†	0.506†	0.729†	0.586†	0.608†	-	0.910†
OL (kg)	0.729†	0.727†	0.719†	0.707†	0.976†	0.620†	0.667†	0.799†	0.599†	0.697†	0.910†	-

*V 10 m = velocity at 10 m; V 30 m = velocity at 30 m; V 50 m = velocity at 50 m; VJS 40% = velocity in the jump squat with a load corresponding to 40% of body mass; MPPJS = mean propulsive power in the jump squat; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; HJ = horizontal jump distance; PF SJ = peak force during the squat jump; PF CMJ = peak force during the countermovement jump; PF HJ = peak force during the horizontal jump; OL = optimum load associated with maximum power.

†Significant at $p < 0.01$.
‡Significant at $p \leq 0.05$.

ANEXO 8:

TABLE 2. Plyometric intervention training program.

Exercises	Week 1			Week 2		
	1 session	2 session	3 session	4 session	5 session	6 session
Squat jump	2 × 10	3 × 10	3 × 10			
Single-leg hopping	2 × 5 L/R	2 × 5 L/R	3 × 5 L/R			
Power step-ups	3 × 10 L/R	3 × 10 L/R	3 × 10 L/R			
Double-leg tuck jumps	2 × 10	3 × 10	3 × 10			
Alternate-leg bounding	3 × 10 L/R	3 × 10 L/R	4 × 10 L/R			
Double-leg hurdle jumps				3 × 10	3 × 10	3 × 10
Sprint single-leg hopping				3 × 10 L/R	3 × 10 L/R	4 × 10 L/R
Double-leg bounds				3 × 10	3 × 10	3 × 10
Depth jumps				3 × 5	3 × 5	3 × 5
Sprint bounding				4 × 10 L/R	4 × 12 L/R	5 × 10 L/R
Total contacts	180	200	230	215	231	255

ANEXO 9:

TABLE 3. Student's *t*-test for dependent motor variables.*†

Variable	Mean	SD	Mean	SD	Mean difference	SD difference	<i>t</i>	<i>p</i>	Confidence -95.00%	Confidence +95.0%
60 m-60 m_2t‡	7.10	0.12	7.04	0.11	0.061	0.023	10.07	0.0000	0.048	0.075
20-m flying-20-m flying_2 t	2.48	0.13	2.43	0.12	0.051	0.051	3.76	0.0024	0.022	0.081
SLJ-SLJ_2t	2.89	0.11	2.96	0.10	-0.069	0.038	-6.91	0.0000	-0.091	-0.048
STJ-STJ_2t	8.90	0.35	9.10	0.33	-0.198	0.099	-7.45	0.0000	-0.255	-0.141
CMJ-CMJ_2t	73.93	5.03	81.57	5.60	-7.643	3.054	-9.37	0.0000	-9.406	-5.880
SJ-SJ_2t	62.86	4.29	69.43	5.68	-6.571	3.106	-7.92	0.0000	-8.365	-4.778

*SJ = squat jump; SLJ = standing long jump; STJ = standing triple jump; CMJ = countermovement jump.

†Values given in bold are significant $p < 0.05000$.

‡_2t denotes second tests | (after plyometric application).

ANEXO 10:

Means, standard deviation, and the independent student t-test of anthropometric characteristics, motor ability measurements, and kinematics of 10 m, 30 m acceleration, and 100 m sprint in the groups of sprinters and students ($p \leq 0.05$)

Variable	Sprinters n=11		Students n=11		t	p
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD		
Anthropometrics						
Age (years)	23.95	2.33	23.18	1.66	0.90	0.3811
Body height (cm)	180.36	6.47	176.36	3.91	1.76	0.0945
Body mass (kg)	75.55	6.01	70.00	5.28	2.30	0.0324
Leg length (cm)	90.27	7.35	84.14	1.95	2.68	0.0145
BMI	23.16	1.30	22.41	1.34	1.34	0.1960
Kinematics						
10 m time (s)	1.89	0.08	1.93	0.04	-1.70	0.1055
10 m stride number	7.10	0.38	7.10	0.27	0.03	0.9747
10 m stride length (cm)	141.13	7.89	141.73	4.74	-0.22	0.8316
10 m stride index	1.56	0.08	1.67	0.07	-3.35	0.032
10 m max stride length (cm)	178.77	7.04	180.11	6.37	-0.47	0.6455
10 m stride frequency (Hz)	3.77	0.19	3.67	0.17	1.21	0.2417
Kinematics						
30 m time (s)	3.93	0.24	4.44	0.11	-6.48	0.0001
30 m stride number	16.27	0.65	16.36	0.50	-0.37	0.7170
30 m stride length (cm)	181.09	7.74	177.02	7.05	1.29	0.2116
30 m stride index	2.02	0.13	2.08	0.09	-1.25	0.2271
30 m max stride length (cm)	223.82	9.72	216.73	7.72	1.89	0.0728
30 m stride frequency (Hz)	4.16	0.30	3.71	0.17	4.33	0.0003
Kinematics						
100 m time (s)	11.14	0.36	12.20	0.39	-6.68	0.0000
100 m stride number	47.64	1.96	48.64	1.91	-1.21	0.2403
100 m stride length (cm)	210.13	8.93	204.05	8.25	1.66	0.1128
100 m stride index	2.34	0.17	2.43	0.09	-1.62	0.1215
100 m max stride length (cm)	239.82	9.03	228.64	11.76	2.50	0.0212
100 m stride frequency (Hz)	4.28	0.18	4.03	0.13	3.64	0.0016
Physical ability						
Standing long jump (cm)	285.73	15.94	271.36	12.67	2.34	0.0298
Standing five jumps (m)	14.65	1.01	13.59	0.60	2.98	0.0074
Standing ten jumps (m)	30.68	1.66	28.78	1.75	2.61	0.0168
Over head 2 kg medicine ball throw	14.02	2.50	12.51	1.58	1.68	0.1076
Trunk Dynamometry						
1RM Squat (kg)	179.55	27.43	170.91	14.46	0.92	0.3666
20 m from the flying start (s)	1.91	0.15	2.15	0.12	-4.20	0.0004

ANEXO11

TABLE 3. Analysis of variance results on the differences of ES between various elements of plyometric training independent variables of program elements.*

Independent variables	Program exercises					
	Average (s) \pm SD	F	Level	ES	SD	n
Combination with other types of exercise		$F(2,40) = 0.501$	$p = 0.611$			
Plyometric	-0.10 \pm 0.10			0.40	0.33	28
Ply+ weight training	-0.05 \pm 0.11			0.28	0.38	11
Ply+ electrostimulation	-0.08 \pm 0.10			0.26		1
Intensity of session		$F(2,41) = 3.684$	$p = 0.058$			
High	-0.17 \pm 0.11			0.51	0.32	15
Moderate	-0.06 \pm 0.12			0.20	0.29	12
Low	-0.06 \pm 0.14			0.27	0.33	14
Type of plyometric exercises		$F(3,41) = 4.512$	$p = 0.009\ddagger$			
Combined	-0.09 \pm 0.11			0.41 \ddagger	0.36	28
Squat jump	0.07 \pm 0.00			-0.16		1
Drop jump	-0.07 \pm 0.05			0.27	0.24	11
SJ + DJ	-0.33 \pm 0.00			0.76 \ddagger		1
Resistance		$F(1,41) = 0.270$	$p = 0.607$			
Added weight	-0.20 \pm 0.11			0.46	0.27	3
Weightless	-0.07 \pm 0.10			0.35	0.35	38

*SJ = squat jump; DJ = drop jump; Ply = plyometric; ES = effect size; n = sample; level = alpha level.
 $\ddagger p < 0.05$.