

TRABAJO DE FIN DE GRADO



Efectos agudos y a corto plazo de un protocolo de entrenamiento de arrastres con cargas del 20 y 60% del peso corporal sobre el rendimiento físico y la fatiga muscular.

Autor: Juan Antonio Guzmán Guerra

Tutora: Beatriz Bachero Mena

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

4º Curso

13 de junio de 2019

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Arrastres de trineo	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVO E HIPÓTESIS	8
METODOLOGÍA	9
DISEÑO DEL ESTUDIO	9
SUJETOS.....	10
DESCRIPCIÓN DE LOS TESTS	11
Salto vertical con contramovimiento (CMJ).....	11
Sprint 20m.....	12
Mediciones de Lactato.....	13
Mediciones con la maquina isoinercial.....	14
DISEÑO DESCRIPTIVO	16
PROCEDIMIENTO	16
ANÁLISIS PÉRDIDA DE RENDIMIENTO DURANTE EL ENTRENAMIENTO	17
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	17
RESULTADOS.....	21
LIMITACIONES.....	25
FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	25
CONCLUSIÓN	26
ANEXOS	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

RESUMEN

En este trabajo se analizó y comparó el efecto agudo y a corto plazo de un mismo protocolo de entrenamiento de sprint resistido con diferentes cargas sobre el rendimiento físico y la fatiga muscular. Un total de 15 sujetos realizaron 8 sprints resistidos de 20 m con dos situaciones de carga (20% y 60% PC). Las respuestas metabólicas (concentración de lactato en sangre) se midieron antes, a la mitad y al final del entrenamiento de sprint resistido y las variables mecánicas (Altura del salto vertical, Tiempo de sprint en 20 m y Mediciones de fuerza en la flexión y extensión de rodilla en una maquina isoinercial) se cuantificaron tanto antes como al final del entrenamiento y a las 24 horas de haberlo realizado. Se produjo una pérdida de rendimiento significativa dentro del entrenamiento y la concentración del lactato aumento conforme aumentaban el número de repeticiones. La pérdida de rendimiento y la concentración de lactato fue significativamente mayor con la carga del 60% PC que con la carga del 20% PC, por tanto, cuanto mayor es la carga del sprint resistido mayor es la fatiga neuromuscular y metabólica generada. Por otro lado, el salto vertical (CMJ) resultó ser una prueba más sensible que la medición del tiempo de sprint para detectar deterioros agudos en el rendimiento, a pesar de la especificidad de la prueba de sprint. Además, 24 horas parecen ser suficientes para una recuperación completa en el rendimiento de salto vertical.

INTRODUCCIÓN

La velocidad es la capacidad de una persona para producir acciones motoras en un mínimo de tiempo y con el máximo de efectividad (García Manso y col. 1996). Esta capacidad se puede ver manifestada a través del sprint, que es la habilidad de correr la máxima distancia en el menos periodo de tiempo posible (Baughman y col. 1984). Al mismo tiempo, el sprint es una cualidad significativa en el rendimiento de un gran número de deportes, tanto de equipo como individuales (Hay, 1994; Majdell y col. 1991; Young y col. 1995), además esta cualidad está presente en gran parte de las acciones decisivas de estas especialidades (Martínez-Valencia y col. 2014).

El deportista tendrá un desempeño diferente en el sprint dependiendo de los distintos elementos que intervienen en él cómo serían: el entrenamiento, agentes hereditarios, estado de forma y salud, y cómo se integran los factores fisiológicos, psicológicos y la biomecánica (MacDougall y col. 1995).

Se ha descrito que el sprint se divide en varias fases: una fase de aceleración, una fase de velocidad máxima y una fase de desaceleración o mantenimiento de la velocidad (ya que no siempre se produce desaceleración) (Delecluse, 1997; Gajer y col. 1999; Mero y col. 1992). Debido a esta división se recomienda que los entrenamientos de sprints sean una mezcla entre el desarrollo general y específico (Cronin y col. 2001; DeRenne y col. 2001; Young, 1991). Por tanto, los objetivos principales de la preparación al sprint serán los que aumenten el rendimiento en sus diferentes fases.

Está demostrado que la capacidad de sprint está relacionada con la capacidad de producir fuerza muscular (Balsalobre-Fernández y col. 2012). Para aumentar la producción de fuerza y de esta manera mejorar el rendimiento en la fase de aceleración existen diferentes métodos: trabajo con cargas, entrenamientos pliométricos y sistemas de sprint asistido y resistido (Cronin y col. 2006). Este último método el resistido, aporta una carga añadida a la resistencia natural de la propia ejecución (Giroid y col. 2007) mejorando de esta forma la musculatura implicada directamente en la técnica específica del movimiento (Dintiman y col. 2001).

Los métodos más comunes para el entrenamiento resistido en el sprint son varios: el arrastre de trineo (explicado en profundidad más adelante), paracaídas de velocidad (una de las características específicas de este método es que la resistencia se incrementa según aumenta la velocidad del deportista), el uso de chalecos o cinturones lastrados (al correr con estos dispositivos los deportistas experimentan una sobrecarga muscular mayor, produciendo un aumento de la coordinación intramuscular (Jakalski, 1998), y las carreras en cuesta (busca mejorar la fuerza de propulsión en el *sprint*). Aun siendo estos métodos de características distintas en cuanto a las adaptaciones producidas, la literatura indica que los entrenamientos resistidos tienen como finalidad trabajar la musculatura implicada con una sobrecarga durante el sprint (Alcaraz y col. 2009).

El propósito del trabajo resistido es la reducción del tiempo de activación de las unidades motoras para estimular una mayor adaptación neurológica (Jakalski,

1998). De esa forma, se ha comprobado que el entrenamiento resistido produce una mejora en la fuerza muscular de las piernas (Alcaraz y col. 2012; Harrison y col. 2009; Lockie y col. 2012; Spinks y col. 2007), y por consiguiente una mejor activación neural y reclutamiento de unidades motoras de contracción rápida (Faccioni, 1994). Esa forma de trabajar en la carrera crea una producción de fuerza horizontal y vertical mayor, dependiendo de la trayectoria de la resistencia (Zatsiorsky y col. 2006).

Arrastres de trineo

Para la mejora del rendimiento del sprint el método resistido más comúnmente utilizado es el arrastre con trineo (Cronin y col. 2006). Este método consiste en un trineo al que se le añade una sobrecarga externa. La resistencia de este dependerá de la masa del trineo y del coeficiente de fricción entre el trineo y la superficie del trineo. La fuerza de fricción es aproximadamente proporcional al peso total del trineo, pudiéndose manipular la carga cambiando el peso colocado sobre el trineo. Cuanta más carga se añada, mayor será la fricción, y en consecuencia más lenta será la aceleración y la máxima velocidad del atleta. El coeficiente de fricción entre el trineo y la superficie de la pista está establecido por el tipo de trineo y por la superficie sobre la que se desliza. Con el fin de producir una carga consistente entre sesiones, el entrenador debe tener cuidado de utilizar siempre el mismo trineo en la misma superficie de carrera (Alcaraz y col. 2008).

Por norma general los trineos de arrastres van anclados al deportista a través de una cuerda que se fija con arnés o cinturón. La cuerda está sujeta al

arrastre en su parte inferior por tanto la fuerza que actúa sobre el sujeto siempre le dirige hacia atrás y ligeramente hacia abajo (Martínez-Valencia, 2013). A más longitud de cuerda, más bajo será el punto de fijación con el suelo y la fuerza se transmitirá con más horizontalidad. Es por ello que la forma más común sea la sujeción por la cintura, ya que la de hombros provoca mayor inclinación del tronco (Alcaraz y col. 2008).

Diversos estudios han comprobado que los esfuerzos de métodos resistidos solo en sesiones de sprint son métodos potencialmente beneficiosos para la mejora de la salida en comparación con los métodos no resistidos (Cottle y col. 2014; Okkonen y col. 2013). El uso de trineos de arrastre para la fase de aceleración crea una disminución de la velocidad del atleta, menor amplitud y frecuencia de carrera, mayor tiempo de contacto con el suelo (Cronin y col. 2006; Letzelter y col. 1995; Lockie y col. 2003; Zafeiridis y col. 2005). En la fase de máxima velocidad también hace que la velocidad de carrera sea menor, añade inclinación extra al tronco y reduce la amplitud de zancada (Alcaraz y col. 2009; Zafeiridis y col. 2005).

Un mayor ángulo de inclinación probablemente produzca mayor aplicación de fuerza horizontal. Sin embargo, un aumento en este ángulo podría ser perjudicial para la fase de máxima velocidad (Alcaraz y col. 2008). Aun así, este método proporciona un estímulo de sobrecarga para la mecánica de la aceleración, reclutando los extensores de cadera y de rodilla, manifestándose en un mayor empleo de potencia horizontal (Spinks y col. 2007).

Otra de las problemáticas que se pueden encontrar los entrenadores a la hora de trabajar con los trineos de arrastres es la forma de cuantificar la fatiga neuromuscular de sus deportistas. La acción del sprint es de intensidad máxima y requiere gran cantidad de energía en pocos segundos. Se proporciona energía metabólica principalmente por glucólisis anaeróbica y fosfocreatina (PCr). Por lo tanto, las reservas de PCr son de vital importancia ya que son agotadas después de 5-7s de carrera (Hirvonen y col. 1987).

Cuando los sprints tienen que ser repetidos (durante una competición o sesiones de entrenamiento) esto puede conducir a una reducción significativa en la concentración de PCr y ATP y una pérdida acumulada de nucleótidos de adenina (Balsom y col. 1992). Este agotamiento de ATP puede requerir un largo tiempo de recuperación y causar deterioro muscular (Gorostiaga y col. 2012).

Las mediciones de lactato y amonio en sangre son técnicas caras e invasivas, lo que significa que no son recursos fáciles de aplicar durante el entrenamiento. Sin embargo, las relaciones ($r = 0.85-0.96$) que se han observado entre estos metabolitos sanguíneos (lactato y amonio) y la pérdida durante el entrenamiento de Fuerza hacen que se tenga en cuenta como un indicador bastante significativo (Sánchez-Medina y col. 2011).

Además, se observaron fuertes correlaciones ($0.92-0.97$) entre la pérdida de la altura de salto y el aumento del lactato y el amonio en sangre, que apoyan el uso del salto para controlar la fatiga inducida en las sesiones de entrenamiento

(Gorostiaga y col. 2010; Jiménez-Reyes y col. 2016; Morcillo y col. 2015; Sánchez-Medina y col. 2011). Sin embargo, poco se sabe sobre las relaciones entre pérdida de altura de salto y concentración de metabolitos durante una sesión de arrastres con trineo.

Sería de gran utilidad obtener información acerca de las respuestas agudas a través de una medición real de campo, para obtener información práctica relacionada con la fatiga neuromuscular. Los entrenadores podrían por tanto tomar decisiones utilizando parámetros fáciles de controlar durante sesiones de entrenamiento de velocidad con arrastres de trineo, como serían la pérdida de velocidad y de salto vertical.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVO E HIPÓTESIS

Hasta donde sabemos de la literatura existente ningún estudio ha analizado el efecto agudo y a corto plazo (24 horas) de un mismo protocolo de entrenamiento de sprint resistido con diferentes cargas relativas al peso corporal (20% y 60% PC) sobre el rendimiento físico y la fatiga muscular. Un mayor conocimiento en este ámbito les proporcionará a los entrenadores una mayor orientación sobre la fatiga generada a sus deportistas después de aplicar un estímulo similar al aplicado en este estudio y si 24 horas de descanso pasivo son suficientes para una recuperación completa o incompleta para cada una de las cargas establecidas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar y comparar el efecto agudo y a corto plazo de un mismo protocolo de entrenamiento de sprint resistido con diferentes cargas (20%, 60% del PC) sobre el rendimiento físico y la fatiga muscular.

METODOLOGÍA

DISEÑO DEL ESTUDIO

La metodología del estudio queda determinada por el tipo de investigación y, más concretamente, por los objetivos buscados, la naturaleza de las variables y el nivel de control que ejerzamos sobre las mismas. Dadas las características de los datos, el estudio es una investigación *cuantitativa*. Por el grado de manipulación de las variables y los objetivos del estudio, la investigación es *transversal*. Por el enfoque del análisis de los datos, la investigación es *inferencial y correlacional*.

Este estudio se realizó para analizar los efectos agudos y a corto plazo de un mismo protocolo de entrenamiento de sprint resistido con diferentes cargas sobre el rendimiento físico y la fatiga muscular. Para ello, los participantes realizaron un mismo protocolo de entrenamiento en dos días consecutivos durante 2 semanas. Una semana antes del comienzo del estudio se realizó una sesión de familiarización para este tipo de entrenamiento y los tests llevados a cabo, así como para obtener el peso corporal de los participantes para posteriormente calcular las cargas de entrenamiento. Cada semana se utilizó una carga diferente para el protocolo de entrenamiento de sprint resistido, utilizando cargas del 20% y 60% del peso corporal (PC). El orden de realización del protocolo de entrenamiento con las diferentes cargas fue distribuido de forma aleatoria a cada sujeto. Antes del comienzo de cada sesión de entrenamiento se realizó un pretest que consistió en la medición del lactato basal, salto vertical con contra movimiento (CMJ), y sprint (T10, T20m y T10-20m). A continuación, se realizó el protocolo de entrenamiento, el cuál consistió en 8 series de sprint de 20 m con 2' de recuperación con la carga que había

sido asignada. Inmediatamente después del entrenamiento se realizó el post-test (mismas pruebas que en el Pretest) así como a las 24h del entrenamiento se repitieron los tests iniciales.

SUJETOS

Un total de 15 sujetos participaron en este estudio, todos ellos hombres con edades comprendidas entre 21-25 años. Cada uno de los sujetos eran físicamente activos. Durante el periodo de realización del estudio ningún sujeto sufrió ninguna lesión. Los requisitos que se establecieron para participar en el estudio fueron: ser sujetos físicamente activos, no estar participando en otro estudio diferente, no tener ninguna lesión en el inicio del estudio, no ser deportista de élite y ser mayor de edad. Todos los participantes fueron completamente informados sobre los procedimientos, los riesgos potenciales y los beneficios del estudio y todos firmaron sus consentimientos informados por escrito antes de las pruebas (Anexo I). Este estudio cumple con los estándares éticos de la Declaración de Helsinki.

Tabla 1. Características físicas de los participantes. (n=15). (Media ± DT)

EDAD	PESO (kg)	ALTURA (cm)
24.21±1.51	72.52±4.76	174.53±5.79

DESCRIPCIÓN DE LOS TESTS

Salto vertical con contramovimiento (CMJ).

La altura de salto se calculó mediante el tiempo de vuelo utilizando una plataforma infrarroja de salto (Optogait, Microgate, Italy). La altura de salto fue calculada por la plataforma de salto mediante la siguiente ecuación: $h = t^2 \times 1.22625$, donde la "h" es la altura de salto en metros y la "t" el tiempo de vuelo en segundos. Para la ejecución del CMJ se les indicó a los sujetos que colocasen las manos en la cintura, para así discriminar su influencia en el salto, mientras realizaban un movimiento de flexión de rodilla y tronco hasta alcanzar una angulación de rodilla de 90° aproximadamente, seguido de un salto vertical máximo. A los sujetos se les instruyó previamente para mantener sus rodillas rectas durante la fase de vuelo y para aterrizar en el mismo lugar de despegue lo más vertical posible para evitar así una posible sobrestimación del tiempo de vuelo. Se realizaron 5 CMJ máximos separados de 30 segundos antes del inicio del protocolo de entrenamiento de arrastres. La media de los tres valores intermedios fue utilizada para el análisis estadístico, se descartó el valor más alto y el más bajo. Al finalizar el protocolo de entrenamiento se realizaron 2 saltos CMJ, separados de 10 segundos, para evitar atenuar la fatiga creada por el propio entrenamiento. La media de ambos fue utilizada para el análisis estadístico. A las 24h de haber realizado el protocolo de entrenamiento se volvió a medir 5 saltos CMJ separados de 30 segundos. La media de los 3 valores intermedios se utilizó para el análisis estadístico.

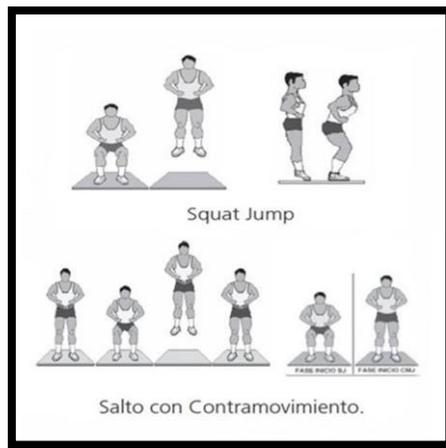


Ilustración 1 Salto con contramovimiento,

Sprint 20m.

Se midió el tiempo de sprint en 20 metros, así como los tramos intermedios 10 m y 10-20 m. Para la medición se utilizaron células fotoeléctricas (Racetime2, Microgate, Bolzano, Italia). La prueba se realizó en una superficie rígida (Alcaraz y col. 2018), en una recta semicubierta. Los sujetos se colocaron 1 metro por detrás de la primera fotocélula, con un pie adelantado al otro con la puntera del pie adelantado justo por detrás de la línea de salida y con el tronco inclinado hacia delante. Realizaron la salida del sprint cuando se encontraban preparados. A los sujetos se les instruyó para que acelerasen al máximo hasta el final del tramo de 20m. Antes del inicio del protocolo de entrenamiento de sprint se realizaron 2 sprints al máximo separados de 3 minutos. El mejor tiempo se utilizó para el análisis estadístico. Al finalizar el protocolo de entrenamiento los sujetos realizaron un sprint de 20m justo después de haber realizado los 2 CMJ. A las 24 horas de haber realizado el protocolo de entrenamiento se volvieron a medir 2 sprints de 20 m separados de 3 minutos. El mejor tiempo se utilizó para el análisis estadístico.

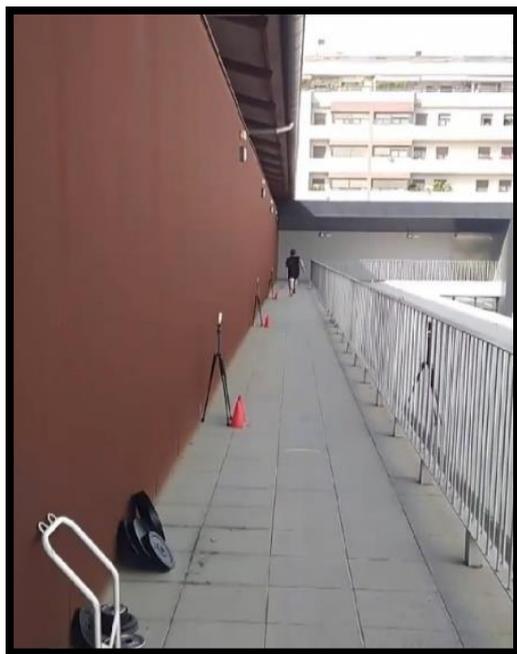


Ilustración 2. Test tiempo en 20 metros.

Mediciones de Lactato.

Antes del comienzo del calentamiento y protocolo de entrenamiento se midió el lactato basal de los sujetos. Se volvió a medir al finalizar la serie número 4 y la última serie del protocolo de entrenamiento de sprint. Para las mediciones se utilizó un medidor portátil de lactato (Lactate Pro-2, Arkray, Japón). Este analizador midió la concentración total de lactato en sangre en un rango de 0.5-25.0 mmol·l⁻¹. La muestra de sangre de los sujetos se obtuvo de la yema de los dedos. Únicamente se necesitó una gota de 3 µl para conseguir los resultados de lactatemia en sangre en el analizador. La idoneidad y reproducibilidad de este analizador ha sido previamente establecida con CVs de 7.6, 3.5 y 2.7 % para una concentración de lactato de \approx 1, 4 y 12 mmol·l⁻¹. (Bonaventura y col. 2014).



Ilustración 3. Láctate Pro-2, Arkray, Japón

Mediciones con la maquina isoinercial.

El Pico máximo de fuerza en la flexión/extensión de rodilla y la potencia media de la fuerza durante la extensión/flexión de rodilla se midieron en la pierna dominante a una velocidad angular de 60°/s utilizando un dinamómetro isocinético (Biodex System 4, Biodex Medical Systems, Shirley, NY). Los datos isocinéticos para el pico máximo y la potencia media se obtuvieron a una frecuencia de muestreo de 100 Hz, utilizando el software Biodex System 4 Advantage. Antes de la prueba, se proporcionó una sesión de familiarización a cada participante. Además, durante el calentamiento, los participantes realizaron 3-4 contracciones submáximas de intensidad creciente (de 50% a 90%) para cada una de las contracciones isocinéticas y luego descansaron 1 minuto entre el calentamiento y el comienzo de la prueba. Cada participante se sentó a un ángulo de 85 grados y se estabilizó con correas en los hombros, la cintura y los muslos según las pautas del fabricante. La posición del asiento de cada participante se registró para que se pudiera replicar durante las pruebas posteriores. Los participantes realizaron tres contracciones concéntricas

máximas de rodilla a 60°/s y todos recibieron estímulo verbal y retroalimentación visual de la señal de torsión en cada repetición. El valor más alto obtenido de todos los esfuerzos máximos se usó como el valor de peak torque (N.m) y la potencia promedio (W) para cada acción muscular y modo de velocidad y se eligió para un análisis adicional.



Ilustración 4. Medición en la maquina isoinercial, flexión y extensión de rodilla.

DISEÑO DESCRIPTIVO

PROCEDIMIENTO

Pretest: tras la medición del lactato basal, los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado que consistió en: 5' de carrera continua, 5' de ejercicios de movilidad, 10 sentadillas completas, 5 CMJ progresivos, 3 CMJ máximos, 4 sprints de 20 m progresivos, 1 sprint máximo de 10 m. A continuación, realizaron 5 saltos CMJ separados de 30 segundos y 2 sprint máximos de 20 metros separados de 3 minutos. Los descansos entre las pruebas fueron de 30 segundos.

Post-test: Consistió en la medición del lactato al finalizar el último sprint del entrenamiento al igual que al finalizar el cuarto sprint del protocolo de entrenamiento, 2 CMJ separados de 10 segundos y un único sprint de 20 metros. Los descansos entre las pruebas tuvieron el mismo criterio que en el Pretest, 30 segundos.

Post-test 24h: Se realizaron de nuevos los test para observar el efecto a corto plazo en las variables metabólicas y mecánicas a las 24h de haber realizado el protocolo de entrenamiento. Los sujetos no realizaron ningún tipo de actividad deportiva durante estas 24h. Dichas pruebas consistieron en la realización de 5 CMJ, separados de 30 segundos y 2 sprints máximos de 20m separados de 3 minutos. Los sujetos realizaron el mismo calentamiento estandarizado llevado a cabo en el pretest.

Protocolo de Entrenamiento: El protocolo de entrenamiento consistió en la realización de 8 sprints de 20 m con la carga propuesta con 2 minutos de descanso entre sprints. Las cargas propuestas fueron el 20% y 60% del PC. Cada sujeto realizó el entrenamiento con cada carga en semanas diferentes.

ANÁLISIS PÉRDIDA DE RENDIMIENTO DURANTE EL ENTRENAMIENTO

Para analizar la pérdida de rendimiento durante el entrenamiento se utilizó la siguiente fórmula $(100(T_{\text{mejor}} - T_{\text{peor}}) / T_{\text{mejor}})$ (Pyne y col., 2008), siendo T el tiempo mejor y peor durante el entrenamiento tanto para 10 m como para 20 m.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la descripción de los resultados se utilizaron los cálculos clásicos de tendencia central: medias, de variabilidad: desviaciones típicas, el número de casos, los valores máximos y mínimos y los porcentajes de cada grupo de valores según los casos.

- **Análisis de medidas repetidas:** ANOVA de medidas repetidas 2x3. Se aplicó el ajuste de Bonferroni para determinar entre qué pares de medidas se daban las diferencias.
- **Significatividad:** se estableció cuando la probabilidad de error fue igual o menor que el 5% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

A continuación, se exponen las tablas de resultados donde aparecen el porcentaje de pérdida de rendimiento (Tabla 2), las medias y las desviaciones típicas de la variable fisiológica (lactato) en la tabla 3 y de las variables mecánicas (CMJ, T10, T20, T10-20, ISO peak flex., ISO peak ext., ISO potmed flex., ISO potmed ext.) en la tabla 4, además se señalan las diferencias significativas intragrupo y entre grupos.

Tabla 2. Análisis pérdida de rendimiento durante el entrenamiento.

	20% PC	60% PC
% pérdida T10m	7,18 ± 3,43	12,25 ± 5,58
% pérdida T20m	4,60 ± 2,09	8,27 ± 3,69

Tabla 3. Medias y desviaciones típicas de la variable fisiológica lactado en los dos grupos de carga y para las diferentes situaciones (pre, post-4min y post-test)

Variables fisiológicas:	20%			60%		
	Pre-test	Post-4min	Post-test	Pre-test	Post-4 min	Post-test
Lactato	1,3 ± 0,4	5,1 ± 2 ^{aaa}	6,1 ± 3 ^{aaa}	1,6 ± 0,8	11,3 ± 17,8 ^{aaa*}	15,7 ± 23,6 ^{aaa,bb*}

Tabla 4. Medias y desviaciones típicas de las diferentes variables mecánicas en los dos grupos de carga y para las diferentes situaciones (pre, post-test y post-24h)

Variables mecánicas:	20%			60%		
	Pre-test	Post-test	Post-24h	Pre-test	Post-test	Post-24h
CMJ	39,5 ± 5,6	37,8 ± 5,5 ^{aaa}	39,4 ± 5,8 ^{bb}	39,7 ± 5,8	38,3 ± 5,8 ^{aa}	39,9 ± 6 ^{bbb}
T10m	1,77 ± 0,08	1,80 ± 0,08 ^a	1,80 ± 0,07	1,76 ± 0,08	1,78 ± 0,09	1,78 ± 0,1
T20m	3,07 ± 0,13	3,11 ± 0,14 ^a	3,11 ± 0,12 ^b	3,06 ± 0,14	3,1 ± 0,12	3,09 ± 0,15
T10-20m	1,29 ± 0,08	1,31 ± 0,08	1,30 ± 0,07	1,29 ± 0,07	1,32 ± 0,06 ^{aa}	1,29 ± 0,07
ISO peak flex.	131,36 ± 20,28	127,70 ± 17,29	123,31 ± 25,83	137,25 ± 21,81	134,86 ± 20,61	131,08 ± 23,42
ISO peak ext.	208,10 ± 34,85	205,39 ± 37,86	204,67 ± 39,52	219,35 ± 30,15	218,64 ± 35,87	216,36 ± 42,13
ISO potmed flex.	96,21 ± 15,49	91,30 ± 12,08	87,09 ± 20,16 ^a	98,25 ± 17,13	97,82 ± 15,57	95,07 ± 19,12
ISO potmed ext.	133,67 ± 29,12	130,64 ± 25,61	133,43 ± 28,1	134,42 ± 20,85	135,14 ± 23,1	137,52 ± 30,83

CMJ: countermovement jump; T10m: tiempo en 10 metros; T20m: tiempo en 20 metros; ISO peak flex/ext.: Pico máximo de fuerza en la flexión/extensión de rodilla.; ISO potmed flex. /ext.: potencia media de la fuerza durante la extensión/flexión de rodilla.

- a indica diferencias significativas con respecto al Pre-test; a = p ≤ 0,05; aa = p ≤ 0,01; aaa = p ≤ 0,001.

- b indica diferencias significativas con respecto al Post-test; b = p ≤ 0,05; bb = p ≤ 0,01; bbb = p ≤ 0,001.

- * indica diferencias entre grupos; * = p ≤ 0,05; ** = p ≤ 0,01; *** = p ≤ 0,001

Pérdida de Rendimiento: Los resultados indican que existe una pérdida de rendimiento del 7.18% y un 12.25% en el 20 y 60% del PC respectivamente, en el tiempo en 10 metros. Y una pérdida del 4.60% y 8.27% en el tiempo en 20 metros.

Variable fisiológica:

- **Lactato:** con respecto a las diferencias intragrupo, se observaron cambios significativos entre el post-4min y el pre-test ($p < 0,001$) y entre el post-test y el post-4min ($p < 0,001$) para la carga del 20% PC. En la carga del 60% PC se vieron cambios entre el post-4min y el pre-test ($p < 0,001$) y entre el post-test y el post-4min ($p < 0,01$). Además, existieron cambios significativos entre grupos: post-4min ($p < 0,05$) y post-test ($p < 0,05$) a favor del 60% PC.

Variabes Mecánicas:

- **CMJ:** con respecto a las diferencias intragrupo, se observaron cambios significativos entre el post-test y el pre-test ($p < 0,001$) y entre el post-24h y el post-test ($p < 0,01$) para la carga del 20% PC. En la carga del 60% PC se vieron cambios entre el post-test y el pre-test ($p < 0,01$) y entre el post-24h y el post-test ($p < 0,001$). No existieron cambios significativos entre grupos.
- **T10m:** con respecto a las diferencias intragrupo, solo se encontraron diferencias significativas entre en post-test y el pre-test ($p < 0,05$) en la carga del 20% PC. No existieron cambios significativos intragrupo en el 60% y tampoco entre grupos.

- **T20m:** con respecto a las diferencias intragrupo, se encontraron diferencias significativas entre el post-test y el pre-test ($p < 0,05$) y entre el post-24h y el post-test ($p < 0,05$) en la carga del 20%. No existieron cambios significativos intragrupo en el 60% PC y tampoco entre grupos.
- **T10-20m:** No existen diferencias significativas con el 20% PC intragrupo. En el 60% PC solo hay cambios significativos entre el post-test y el pre-test ($p < 0,01$). En esta variable no hay cambios significativos entre grupos.
- **ISO peak flex./ext:** No aparecen cambios significativos intragrupo en ninguna de las cargas y tampoco entre grupos.
- **ISO potmed flex.:** con respecto a las diferencias intragrupo solo se encontraron diferencias significativas entre el post-24h y el post-test ($p < 0,05$) en la carga del 20% PC. No existieron cambios significativos intragrupo en el 60% PC y tampoco entre grupos.
- **ISO potmed ext.:** No aparecen cambios significativos intragrupo en ninguna de las cargas y tampoco entre grupos.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se analizó el efecto agudo y a corto plazo (24 horas) de un mismo protocolo de entrenamiento de sprint resistido con diferentes cargas relativas al peso corporal (20% y 60% PC) sobre el rendimiento físico y la fatiga muscular, teniendo en cuenta tanto variables metabólicas (lactato) como variables mecánicas (CMJ y tiempo en sprint). Dichas variables mecánicas, se tratan de pruebas simples utilizadas para observar un posible deterioro del rendimiento neuromuscular de los deportistas (Jiménez-Reyes y col. 2019; Whelan y col. 2014). En la literatura no hemos encontrado trabajos que analicen las respuestas metabólicas y mecánicas para medir la fatiga inducida por un protocolo de entrenamiento de sprint resistido en cargas diferentes. A diferencia de otros estudios anteriores, en los cuales se estudia la fatiga únicamente a través de las respuestas mecánicas (Martínez-Valencia y col. 2014; Whelan y col. 2014).

La fatiga según diferentes autores es una disminución voluntaria y transitoria en la capacidad generar fuerza (Gathercole y col. 2015; Sánchez-Medina y col. 2011). Por lo tanto, el incremento del tiempo de sprint durante el transcurso del protocolo de entrenamiento puede considerarse como un indicador de fatiga neuromuscular. Como se observa en la Tabla 2, la pérdida de rendimiento durante el entrenamiento es mayor en la carga del 60% del PC (% pérdida: 10m = 12,25%; 20m = 8,27%) que con la carga del 20% del PC (% pérdida: 10m = 7,18%; 20m = 4,60%). Estos resultados indican que cuanto mayor es la carga de entrenamiento representada por el % del peso corporal, mayor es la fatiga generada durante el entrenamiento.

Por otro lado, ambas cargas produjeron aumentos significativos de la concentración de lactato durante el protocolo de entrenamiento, tanto tras la 4ª serie, como al final del entrenamiento, con respecto al lactato basal ($p \leq 0,001$) (tabla 3). Estos resultados indican que la fatiga metabólica dentro del entrenamiento aumenta cuanto mayor es el número de sprints resistidos realizados. Estudios anteriores ya analizaron la acumulación de la concentración de lactato en sangre durante un entrenamiento de sprint sin carga y al igual que el presente trabajo, la acumulación del lactato aumentaba cuanto mayor era el número de sprints realizados. (Jiménez-Reyes y col. 2016; Jiménez- y col. 2019). Además, en nuestro estudio existieron diferencias entre grupos ($p \leq 0,05$) a favor de la carga mayor (60% del PC), produciéndose con esta mayor concentración de lactato tanto en el post-4min como en el post-test, lo que indica que cuanto mayor sea la carga, mayor estrés metabólico en un mismo protocolo de sprint resistido.

Con respecto a la capacidad de salto vertical (CMJ), un estudio previo analizó la pérdida de salto vertical como indicador de fatiga durante un entrenamiento de sprint sin carga, donde concluyeron que se trata de una prueba válida para cuantificar la fatiga inducida en un entrenamiento de estas características (Jiménez Reyes y col. 2019). En los resultados de nuestro estudio se encontraron cambios significativos entre el post-test y el pre-test ($p \leq 0,001$ para el 60% y $p \leq 0,01$ para el 20%), que deducen que el protocolo de entrenamiento en ambas cargas, produjo fatiga mecánica aguda. Un estudio anterior ya indicó pérdidas en el rendimiento de salto vertical después de realizar un

entrenamiento de sprint sin carga (Jiménez-Reyes y col. 2016). También se encontraron diferencias significativas entre el post-24h y el post-test ($p \leq 0,01$ para el 60% y $p \leq 0,001$ para el 20%), igualándose los valores del post-24h a los del pre-test (tabla 4), esto indica que las 24h de descanso pasivo fueron suficientes para recuperar la fatiga mecánica necesaria para rendir en el test de CMJ con ambas cargas de entrenamiento.

El tiempo en sprint también es un indicador válido para observar un posible deterioro neuromuscular tanto de forma aguda como a corto plazo después de aplicar un estímulo de entrenamiento. Los resultados en este test no indican diferencias entre grupos por tanto para el test de sprint la carga mayor no produce más fatiga. En cambio, en las diferencias intragrupo si podemos observar cambios significativos en el post-test respecto al pre-test ($p \leq 0,05$) en el tiempo en 10m y tiempo en 20m en la carga del 20% del PC. Al no existir cambios significativos en la otra carga de entrenamiento podríamos considerar que la carga del 20% produjo una mayor fatiga mecánica en el test del sprint tras nuestro protocolo de entrenamiento en el tiempo en 10 y 20m. Esto lo corrobora un estudio realizado por Whelan y col. en 2014 donde se realizaron tres sprints resistidos de 10 m utilizando cargas de entre el 25-30% PC y se produjo un deterioro significativo del rendimiento agudo del sprint a los tres sprints resistidos. Además, en la carga del 20% del PC encontramos diferencias entre el post-24h y el post-test ($p \leq 0,05$) en el tiempo en 20m lo cual indica que 24h no fueron suficientes para una correcta recuperación para esta prueba. Por tanto, es una aportación que destacar, ya que la aplicación de un estímulo de entrenamiento de sprint resistido con cargas altas no conlleva a un

mayor deterioro en el rendimiento en este tipo de prueba que con cargas inferiores.

En general el test de CMJ ha demostrado mayor sensibilidad a los cambios inducidos por la fatiga producida por el entrenamiento, por lo que parece ser más sensible para detectar deterioros agudos del rendimiento que la medición del propio sprint, a pesar de la especificidad de la prueba (Gathercole y col. 2015; Jiménez-Reyes y col. 2019).

Por último, con respecto a la maquina isoinercial únicamente encontramos una disminución significativa del rendimiento en la carga del 20% del PC a las 24h con respecto al pre-test ($p \leq 0,05$) en la potencia media de la flexión de rodilla. Nos encontramos por tanto que 24h podrían ser no suficientes para recuperar la fatiga producida en la musculatura implicada en la flexión de rodilla (isquiotibiales) tras un protocolo de entrenamiento de sprint resistido con una carga del 20% del peso corporal.

LIMITACIONES

La limitación más importante fue la cuantificación de la carga, ya que el mismo porcentaje de peso corporal no representa el mismo grado de esfuerzo en dos sujetos diferentes (Cross y col. 2019). Cuantificar la carga en base a la pérdida de rendimiento en sprints sin carga sería lo más óptimo, pero perderíamos la posibilidad de comparar con estudios anteriores. La otra limitación fue que, aunque los sujetos del estudio eran físicamente activos, el entrenamiento resistido no es un método habitual en sus entrenamientos, por lo que las respuestas de cada uno de ellos pueden llegar a ser muy variables.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo ha sido realizado con una población de sujetos físicamente activos, pero las respuestas de las diferentes variables analizadas pueden ser muy diferentes en función de la población con la que se lleve a cabo. Por tanto, realizarlo en otro tipo de poblaciones y en concreto atletas de alto rendimiento podría ayudar más aún a los técnicos y sería una futura línea de investigación. Otra de las futuras líneas de investigación sería como afecta un periodo de entrenamiento más largo de sprint resistido a las variables utilizadas para examinar la fatiga neuromuscular y metabólica a largo plazo.

CONCLUSIÓN

En conclusión, el protocolo de entrenamiento de sprint resistido realizado para ambas situaciones de carga (20% del PC y 60% del PC) produjo una pérdida de rendimiento significativa dentro del entrenamiento, dicha variable indicó la aparición de fatiga neuromuscular a lo largo del estímulo aplicado. Además, la concentración de lactato para cada una de las cargas aumentó cuanto mayor era el número de sprints realizados. La pérdida de rendimiento y la concentración de lactato fue significativamente mayor con la carga del 60% PC que con la carga del 20% PC, por tanto, cuanto mayor es la carga del sprint resistido mayor es la fatiga neuromuscular y metabólica generada. Por otro lado, el salto vertical (CMJ) resultó ser una prueba más sensible que la medición del tiempo de sprint para detectar deterioros agudos en el rendimiento, a pesar de la especificidad de la prueba de sprint. Además, 24 horas parecen ser suficientes para una recuperación completa en el rendimiento de salto vertical.

Por tanto, tras analizar los datos obtenidos, se ofrece una información valiosa a todos aquellos entrenadores o preparadores físicos sobre la fatiga que se les puede estar generando a sus deportistas después de aplicar un estímulo de entrenamiento similar al aplicado en el presente estudio y el rendimiento de las variables mecánicas estudiadas 24 horas después de haber aplicado el protocolo de entrenamiento de sprint resistido. Por otro lado, la medición del salto vertical (CMJ), se trata de una prueba simple y no invasiva que puede ser utilizada para detectar deterioros agudos en el rendimiento de deportistas.

ANEXOS

Anexo 1: Declaración de consentimiento informado.

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, D.,

mayor de edad, con D.N.I. nº y domicilio en

..... de (Teléf.)

declaro que:

Me ofrezco a participar como voluntario en este *Proyecto de Investigación*, habiéndome sido explicado el propósito, naturaleza, beneficios y posibles riesgos de tomar parte en el mismo.

Sé que Dña. **Beatriz Bachero Mena**, profesora en la Universidad de Sevilla de Sevilla es la Investigadora Principal de este *Proyecto*.

y declaro que (marcar con una):

- He decidido colaborar voluntariamente en este *Proyecto*.
- Sé que, si así lo deseo, puedo dejar de colaborar en cualquier momento sin ningún problema.
- Estoy de acuerdo en que mis datos se guarden por el Investigador Principal, de forma confidencial, para su posterior análisis.
- Sé que los resultados de esta investigación, en caso de publicarse, no estarán referidos a mi persona, respetándose la confidencialidad de los mismos y mi intimidad.
- Soy consciente de las molestias y riesgos potenciales que podrían derivarse de la realización de las pruebas.
- Informaré al experimentador de cualquier malestar que sienta.
- He tenido la oportunidad de hacer preguntas.
- He leído esta información, la considero suficientemente clara, y estoy de acuerdo en participar en el *Proyecto*.
- Se me ha dado una copia de esta *Declaración de Consentimiento*.

Por tanto, y estando conforme con todo lo anterior, **otorgo mi consentimiento** firmando la presente *Declaración de Consentimiento Informado*:

En a de de

Firma.....

BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaraz, P. E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B. O., & Martínez-Rodríguez, A. (2018). The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(9), 2143-2165.
2. Alcaraz, P. E., Palao, J. M., & Elvira, J. L. (2009). Determining the optimal load for resisted sprint training with sled towing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 480-485.
3. Alcaraz, P. E., Palao, J. M., & Elvira, J. L. L. (in press). Kinematic, strength, and stiffness adaptations after a short-term sled towing training in athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
4. Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L., & Linthorne, N. P. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 890-897.
5. Balsalobre-Fernández, C., del Campo-Vecino, J., GONZÁLEZ, C. M. T., & Curiel, D. A. (2012). Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocentistas de alto rendimiento. *Apunts Educación Física y Deportes*, (108), 63-69.
6. Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjodin, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International journal of sports medicine*, 13(07), 528-533.
7. Baughman, M., Takaha, M. & Tellez, T. (1984). Sprint training. *NSCA J.*, 6, 34-36.

8. Bonaventura, J. M., Sharpe, K., Knight, E., Fuller, K. L., Tanner, R. K., & Gore, C. J. (2014). Reliability and Accuracy of Six Hand-Held Blood Lactate Analysers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 203-214.
9. Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Cormie, P. (2008). Neuromuscular and endocrine responses of elite players during an Australian rules football season. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(4), 439–453.
10. Cottle CA, Carlson LA, Lawrence MA. Effects of sled towing on sprint starts. *J Strength Cond Res*. 2014;28(5):1241–5.
11. Cronin, J. B., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *J Sci Med Sport*, 4(2), 168-178.
12. Cronin, J., & Hansen, K. T. (2006). Resisted sprint training for the acceleration phase of sprinting. *Strength and conditioning Journal*, 28(4), 42.
13. Delecluse, C., (1997). Influence of strength training on sprint running performance. *Sports Medicine*, 24, 147-156.
14. DeRenne, C., Kwok, W. H. O., & Murphy, J. C. (2001). Effects of general, special, and specific resistance training on throwing velocity in baseball: a brief review. *J Strength Cond Res*, 15(1), 148-156.
15. Dintiman, G. B., Ward, R. D., Tellez, T., & Sears, B. (2001). *La Velocidad en el deporte: el mejor programa de entrenamiento*. Tutor.
16. Faccioni, A. (1994). Assisted and resisted methods for speed development: Part 2. *Modern Athlete and Coach*, 32(2), 3-6.

17. Gajer, B., Thepaut-Mathieu, C., & Lehenaff, D. (1999). Evolution of stride and amplitude during course of the 100m evento in athletics, 14, pp. 43-50
18. Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue: *Journal of Strength and Conditioning Res*
19. Girol, S., Maurin, D., Dugue, B., Chatard, J. C., & Millet, G. (2007). Effects of dry-land vs. resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 599-605.
20. Gorostiaga, E. M., Asiáin, X., Izquierdo, M., Postigo, A., Aguado, R., Alonso, J. M., & Ibáñez, J. (2010). Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1138–1149.
21. Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A. L., Hellsten, Y., Cusso, R., Guerrero, M., . . . Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PLoS ONE*, 7(7).
22. Harrison, A. J., & Bourke, G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 275-283.
23. Hay, J. G. (1994). *The biomechanics of sports techniques* (4^a ed.). Nueva Jersey: Prentice Hall.

24. Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H., & Härkönen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(3), 253-259.
25. Jakalski, K. (1998). The pros and cons of using resisted and assisted training methods with high school sprinters: parachutes, tubing and towing. *Track Coach*, 144, 4585-4589.
26. Jimenez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Morcillo, J. A., Párraga, J. A., & González-Badillo, J. J. (2016). Mechanical, metabolic and perceptual response during sprint training. *International Journal of Sports Medicine*, 37(10), 807–812.
27. Jiménez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Cuadrado-Peñafiel, V., Ortega-Becerra, M., Párraga, J., & González-Badillo, J. J. (2019). Jump height loss as an indicator of fatigue during sprint training. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 1029-1037.
28. Letzelter, M, Sauerwein, G and Burger, R. 1995. Resistance runs in speed development. *Modern Athlete and Coach*, 33: 7–12.
29. Lockie, R. G., Murphy, A. J., & Spinks, C. D. (2003). Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(4), 760-767.
30. Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Knight, T. J., & Janse de Jonge, X. A. K. (2012). The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1539-1550.

31. MacDougall, J. D., Wenger, H. A. & Green, H. J. (1995). Evaluación fisiológica del deportista. Barcelona: Paidotribo.
32. Majdell, R., & Alexander, M. J. L. (1991). The effect of overspeed training on kinematic variables in sprinting. *Journal of Human Movement Studies*, 21(1), 19-39.
33. Manso, J. M. G., Valdivielso, M. N., & Caballero, J. A. R. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo: principios y aplicaciones*.
34. Martínez, A. (2013). *Efectos agudos del entrenamiento resistido con arrastre de trineo* (Doctoral dissertation, Universidad de Castilla-La Mancha).
35. Martínez-Valencia, M. A., González-Ravé, J. M., Valdivielso, F. N., & Alcaraz, P. E. (2014). Efectos agudos del trabajo resistido mediante trineo: Una revisión sistemática. (Acute effects of sled-towing exercise: A systematic review). *CCD. Cultura_Ciencia_Deporte. 文化-科技-体育* doi: 10.12800/ccd, 9(25), 35-42.
36. Mero, A., Komi, P. V., & Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running: A review. *Sports medicine*, 13, pp.376-392
37. Morcillo, J. A., Jimenez-Reyes, P., Cuadrado-Penafiel, V., Lozano, E., Ortega-Becerra, M., & Parraga, J. (2015). Relationships between repeated sprint ability, mechanical parameters, and blood metabolites in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 29(6), 1673–1682.

38. Okkonen O, Hakkinen K. Biomechanical comparison between sprint start, sled pulling, and selected squat-type exercises. *J Strength Cond Res.* 2013;27(10):2662–73.
39. Paradisis, G. P., & Cooke, C. B. (2006). The effects of sprint running training on sloping surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 767.
40. Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise.*
41. Spinks, C. D., Murphy, A. J., Spinks, W. L., & Lockie, R. G. (2007). The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 77-85.
42. Whelan, N., O'Regan, C., & Harrison, A. J. (2014). Resisted Sprints Do Not Acutely Enhance Sprinting Performance: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1858-1866.
43. Young, W. B. (1991). The planning of resistance training for power sports. *Nat Strength Cond Assoc J*, 13(4), 26-29.
44. Young, W., McLean, B., & Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(1), 13-19.
45. Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V., & Ioakimidis, P. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 284.

46. Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training*. Human Kinetics.