

Efectos agudos del trabajo resistido mediante trineo: Una revisión sistemática

Acute effects of sled-towing exercise: A systematic review

**María Asunción Martínez-Valencia¹, José María González-Ravé¹,
Fernando Navarro Valdivielso¹, Pedro E. Alcaraz^{2,3}**

¹ Laboratorio de Entrenamiento Deportivo, Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte. Universidad de Castilla-La Mancha. España.

² Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. UCAM Universidad Católica San Antonio. España.

³ Centro de Investigación en Alto Rendimiento Deportivo. UCAM Universidad Católica San Antonio. España.

CORRESPONDENCIA:

María Asunción Martínez Valencia

m.asuncion.martinez@gmail.com

Recepción: noviembre 2012 • Aceptación: septiembre 2013

Resumen

El objetivo de esta revisión es analizar la literatura científica en relación a los efectos que el trabajo con sobrecarga tiene sobre el rendimiento en velocidad, potencia y producción de fuerza así como la situación actual en relación a la carga adecuada de entrenamiento. Se emplearon las bases de datos internacionales MEDLINE/PubMed y SportDiscus entre 1985 y 2012 utilizando las siguientes palabras clave: "Sprint Running", "Resisted Training", "Sled Towing", "Resisted Sprint", "Resisted Sprinting". Se identificaron 7 investigaciones que cubrían los criterios establecidos. Todos los estudios muestran un completo acuerdo en cuanto al criterio de selección de cargas, todas los estudios utilizan el peso corporal (PC) con cargas entre 5% y 30%. Y las recomendaciones para el diseño del entrenamiento resistido con trineo se centran principalmente en la utilización de cargas inferiores al 13% PC, de esta manera se evita una disminución de la velocidad por encima del 10% manteniéndose el patrón técnico de carrera. La ausencia de estudios que ahonden en la relación del trabajo resistido y variables de fuerza o potencia, dificulta la determinación de cuál sería la carga adecuada para la optimización de la fuerza y potencia específica en el sprint, limitando la utilización de cargas altas en programas de entrenamiento con arrastre de trineo.

Palabras clave: Sprint resistido, trineo, entrenamiento resistido, rendimiento sprint.

Abstract

The present review aims to analyse the research studies related to resisted sprint methods and their effects on sprint performance, power output and strength, and also the current situation in the use of the optimal load in resisted sprint training. The data were obtained from an analysis carried out in the MEDLINE/PubMed and SportDiscus databases from 1985 to 2012, with the key words "Sprint Running", "Resisted Training", "Sled Towing", "Resisted Sprint" and "Resisted Sprinting". Seven studies were selected as they included sled-towing exercises in sprinting. Results showed agreement regarding the load's standard in sled-towing, and all studies utilised loads between 5% and 30% of body mass (BM). Recommendations for designing resisted sprint training with loads focus on resistance lower than 13% of BM to prevent a decrease of more than 10% in sprinting velocity and to maintain the athlete's unloaded sprinting movement patterns. The lack of research focusing on the relationship between sled-towing exercise and power output and strength variables makes it difficult to determine the load to optimise specific strength and power in sprinting; thus, the use of higher loads in resisted sprint training programs remains limited.

Key words: Resisted sprint training, sled-towing exercise, sprint performance.

Introducción

El sprint es una cualidad importante en el rendimiento de muchos deportes, tanto de equipo como individuales (Hay, 1994; Majdell & Alexander, 1991; Young, McLean & Ardagna, 1995), además esta cualidad está presente en gran parte de las acciones decisivas de estas especialidades.

Con el principal objetivo de mejorar el rendimiento en el sprint, son diversos los medios de entrenamiento de fuerza y potencia que se pueden encontrar. El trabajo tradicional de fuerza se ha orientado hacia el desarrollo de la fuerza con cargas altas, mientras que el entrenamiento de potencia se ha llevado a cabo con cargas ligeras para aumentar la fuerza a altas velocidades y desarrollar el ratio de producción de fuerza (RFD). Por otra parte, el entrenamiento pliométrico se ha establecido para mejorar el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), aumentar la estimulación neuro-muscular y por tanto la producción de fuerza. Finalmente, el entrenamiento de fuerza mediante la utilización del patrón específico de movimiento de la especialidad deportiva, que deriva en un perfeccionamiento del propio patrón motor y mejora de la coordinación en la aplicación de fuerza (Weyand et al., 2000). Para este último objetivo se ha propuesto que uno de los métodos de entrenamiento más específicos debería ser el trabajo resistido en velocidad con arrastres de trineo.

Se considera el trabajo resistido como aquel ejercicio realizado contra una resistencia añadida a la resistencia natural de la propia ejecución del gesto deportivo (Giroid et al., 2007). En esta línea, encontramos investigaciones que muestran que este tipo de trabajo mejora la producción de fuerza muscular (Alcaraz, Elvira, & Palao, in press; Harrison & Bourke, 2009; Lockie, Murphy, Schultz, Knight & Campus, 2012; Spinks, Murphy, Spinks & Lockie, 2007) y favorece una mayor activación neural y reclutamiento de unidades motoras de contracción rápida (Faccioni, 1994; Jakalski, 1998).

Son diversas las investigaciones que ahondan en el conocimiento sobre los efectos que este medio de entrenamiento produce, centrándose principalmente sobre la pérdida de velocidad máxima (Alcaraz, Palao & Elvira, 2009; Lockie, Murphy & Spinks, 2003) como elemento de control de la intensidad, y la cinemática de carrera (Alcaraz, Palao, Elvira & Linthorne, 2008; Cronin, Hansen, Kawamori & McNair, 2008; Maulder, Bradshaw & Keogh, 2008; Murray et al., 2005), de tal forma que ambos parámetros se han convertido en los que rigen la cuantificación del trabajo resistido. Sin embargo, este criterio está basado en observaciones prácticas más que en resultados científicos.

Aunque existen algunas revisiones previas sobre las características de este tipo de trabajo, así como los diferentes medios de aplicación de resistencia y efectos sobre parámetros técnicos y de velocidad, durante estos últimos años se ha observado un aumento en estudios experimentales sobre el trabajo resistido, por ello es necesaria una actualización que incluya las investigaciones publicadas al respecto. La presente revisión sistemática pretende clarificar los efectos que el trabajo con sobrecarga tiene sobre el rendimiento en velocidad, potencia y producción de fuerza así como la situación actual en relación con la carga adecuada de entrenamiento.

Método

Selección de los estudios

Para la obtención de las investigaciones científicas con relación al trabajo resistido se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica exhaustiva, incluyendo los estudios publicados entre enero de 1985 y noviembre de 2012. Se emplearon las bases de datos internacionales MEDLINE/PubMed y SportDiscus, utilizando las palabras clave que aparecen en la figura 1.

En primer lugar fueron identificados los títulos y resúmenes de los estudios seleccionados para establecer su relevancia. A continuación se analizaron los listados de referencias de las revisiones más relevantes y se identificaron los estudios de trabajo resistido con trineo.

Criterios para inclusión y exclusión de los estudios

Para la presente revisión sistemática fueron incluidas las investigaciones publicadas en revistas de lengua inglesa con revisión por pares a doble ciego, que utilizaban un protocolo de trabajo resistido realizado con arrastre de trineo en carrera, se descartaron aque-

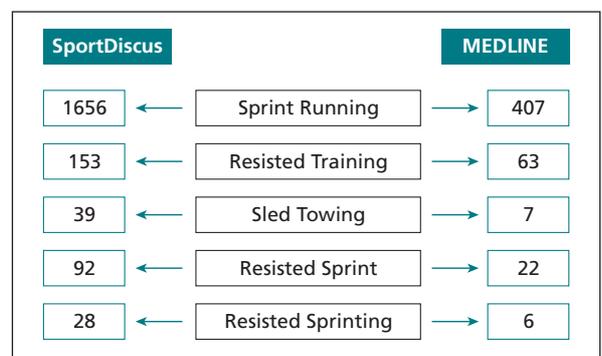


Figura 1: Número de artículos científicos encontrados en cada base de datos (SportDiscus o MEDLINE/PubMed) en relación con las palabras clave empleadas.

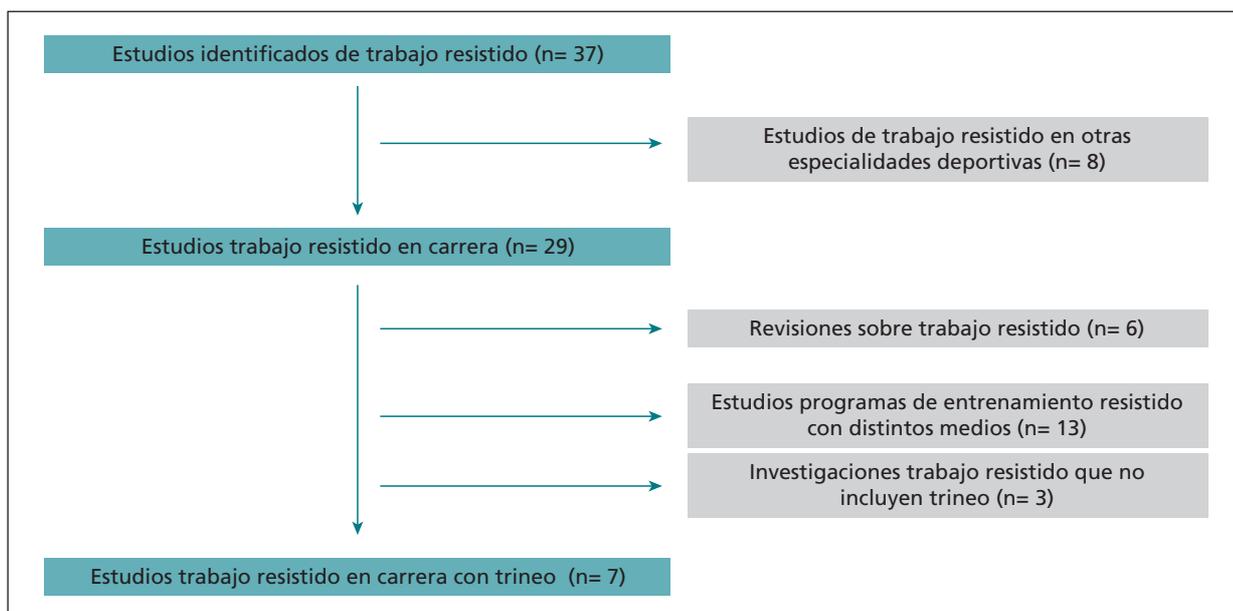


Figura 2. Proceso de selección de los estudios.

llos estudios que utilizan otros medios de aplicación de carga como paracaídas, chaleco, pendiente positiva, etc. La especialidad deportiva practicada por los participantes no fue tenida en cuenta a la hora de seleccionar los estudios, sin embargo, solo se incluyeron aquellas investigaciones llevadas a cabo con sujetos participantes en competiciones deportivas. Se excluyeron aquellos artículos que no se centraran en el trabajo resistido, sino en trabajo de fuerza mediante otros ejercicios (saltos, entrenamiento tradicional de fuerza, etc.) y aquellos estudios que no incluyeran la carrera como medio principal sino otras especialidades deportivas (natación, hockey, etc.).

Análisis de la revisión de la literatura científica

Los artículos encontrados fueron analizados detenidamente en cuanto a: 1) la metodología de los diferentes protocolos de ejercicio resistido, 2) los efectos que el incremento de la carga tiene sobre las variables analizadas en la literatura, 3) la relación del trabajo con cargas con variables de fuerza o potencia.

Resultados

En la figura 1 se detallan el número de artículos científicos encontrados en cada base de datos (SportDiscus y Medline) en base a las palabras clave empleadas. Una vez finalizado el proceso de selección de las investigaciones, se identificaron 7 investigaciones que cubrían los criterios establecidos (Figura 2).

Actualmente existen pocos estudios que hayan examinado los efectos conjuntos del trabajo resistido mediante la utilización del trineo y su influencia sobre el rendimiento en velocidad, variables de fuerza o potencia. Por otro lado, existe un vacío en relación con la carga adecuada a utilizar en el trineo. Se ha establecido la pérdida de velocidad como el criterio a tener en cuenta, basándose en observaciones realizadas por los propios entrenadores principalmente sobre patrones técnicos. Sin embargo, no se ha comprobado cuál podría ser la carga que optimizara el rendimiento derivando en una mejora de la activación neural y reclutamiento de unidades motoras como se describe en la literatura (Faccioni, 1994) y por tanto en el incremento de la fuerza muscular aplicable a la propia carrera.

A continuación se va a proceder al análisis de las investigaciones encontradas con relación a los efectos agudos derivados del trabajo resistido en carrera mediante la utilización del trineo siguiendo un orden cronológico.

En primer lugar, se encuentra el estudio de Lockie et al. (2003), los autores plantearon como principal objetivo dotar a la comunidad científica de una ecuación que facilite y permita calcular la resistencia en función del porcentaje de velocidad sobre el que se quiere trabajar. Para ello llevaron a cabo un estudio piloto con 10 deportistas (hombres, hockey hierba, rugby, fútbol australiano y soccer) sobre una distancia de 15 m y con cargas de entre el 5 y 20% PC (incrementos del 5%), del cual obtiene la siguiente ecuación: $\% \text{ PC} = -1.96 \cdot \% \text{ velocidad} + 188.99$, donde $\% \text{ velocidad}$ es la velocidad para el entrenamiento como porcentaje de la ve-

locidad máxima. Posteriormente se desarrolló un segundo estudio con 20 deportistas hombres (deportes de equipo en hierba) con el fin de comprobar que las cargas calculadas mediante la ecuación derivaban en la correspondiente pérdida de velocidad en la fase de aceleración (15 m). En este sentido se utilizaron cargas relativas al 12.6 y 32.2% PC. Conjuntamente se llevó a cabo un análisis cinemático, y con una segunda cámara se obtuvieron las variables de frecuencia de carrera, longitud de zancada, tiempo de vuelo y contacto en la primera y segunda zancada.

Los resultados muestran una disminución significativa de la velocidad con ambas cargas con respecto al sprint libre, y entre ambas. Además, la disminución obtenida se corresponde en gran medida con la predicha por la ecuación (91% vs. 90%; 76% vs. 80%).

Respecto a las variables técnicas, tanto la frecuencia como la longitud disminuyen significativamente en relación con el sprint sin carga. La longitud se ve afectada en un 10% para la primera carga y un 25% en la segunda. Los autores determinan que el aumento de la carga afecta en mayor medida a la longitud de zancada. Mientras que el tiempo de vuelo sólo disminuye significativamente con la carga superior, se observa a su vez que el tiempo de contacto aumenta significativamente con ambas resistencias.

Junto con los efectos a nivel cinemático descritos anteriormente, el aumento de la carga deriva también en efectos sobre la colocación del propio cuerpo, de esta manera se describe en el deportista un aumento significativo en la inclinación del tronco, pasando de 39.1° en el sprint libre de carga a 42.4° con 12.6% y 45° con 32.2% PC.

Un segundo estudio de Murray et al. (2005) llevó a cabo un protocolo de sprint con cargas incrementales (0 a 30% PC, con incrementos del 5% PC) con un grupo de jugadores de rugby (13) y fútbol (20) sobre una distancia de 20 m. Los sujetos realizaron dos series de siete sprints. El orden de las resistencias fue contrabalanceado. El protocolo siguió el siguiente diseño: se llevó a cabo la primera serie de 7 sprints con un descanso de 4 min entre repeticiones, y tras 10 min de recuperación se realizó la segunda serie con el mismo orden.

Los resultados nuevamente muestran un incremento en el tiempo de ejecución tanto en 10 como en 20 m. Sin embargo el análisis de modelo lineal generalizado de medidas repetidas reveló que dicho incremento era más o menos constante durante los siete sprints. Los tiempos registrados en el segundo test fueron significativamente más lentos que los de la primera medición.

La frecuencia y longitud de zancada muestran una disminución significativa, aunque esta parte del estudio solo se llevó a cabo con 13 sujetos. Murray et al.

(2005) mantienen que la ausencia de un efecto cuadrático y sí de un modelo estadístico de aumento lineal en las variables analizadas no permite establecer que el incremento de la resistencia hasta el 30% PC produzca de manera significativa una disminución en la longitud o frecuencia de carrera diferente a la producida por un modelo lineal de resistencia.

Hasta el momento los estudios se habían centrado en el análisis de los efectos derivados del aumento de la carga en el trineo, sin embargo la investigación de Cronin et al. (2008) aporta un nuevo aspecto dentro del trabajo con sobrecarga, al comparar los efectos producidos por dos cargas (15 y 20% PC) aplicadas con dos medios distintos: trineo y chaleco lastrado, sobre distancias de 10 y 30 m. El estudio se llevó a cabo con la participación voluntaria de 20 deportistas (16 hombres y 4 mujeres) de diversas especialidades (10 velocistas, 2 velocistas de playa y 8 jugadores de rugby). Los resultados muestran un aumento significativo en el tiempo tanto en 10 como en 30 m con las dos cargas analizadas en relación con el sprint libre de carga. Por otro lado no se encuentran diferencias significativas si comparamos ambas cargas (15 vs. 20% PC), ni con la utilización del trineo y el chaleco, pero sí es significativamente más lento el sprint con trineo que con chaleco para la carga del 15% PC. No se realizaron análisis estadísticos en cuanto al porcentaje de velocidad resultante de la aplicación de las distintas resistencias. Sin embargo, a través de los datos se puede obtener que la carga del 20% PC en trineo provoca una reducción del 16% de la velocidad sin carga.

Con relación al análisis cinemático, se realizó una filmación en el plano sagital en tres momentos del sprint, 5, 15 y 25 m desde el inicio de la carrera. Las variables analizadas fueron: frecuencia de carrera, longitud de zancada, tiempo de contacto y tiempo de vuelo, y los ángulos del tronco, muslo, rodilla y tobillo al principio y final de la fase de contacto (apoyo y despegue del pie).

Los resultados cinemáticos muestran una disminución significativa tanto de la frecuencia como la longitud con ambas resistencias y medios con respecto al sprint sin carga en las tres distancias analizadas. Además, la longitud de zancada con 20% PC en trineo es significativamente inferior a las otras tres situaciones resistidas. Mientras que el tiempo de contacto aumenta significativamente si comparamos todas las situaciones resistidas con la libre de carga en todas las distancias, lo contrario ocurre con el tiempo de vuelo. Si tenemos en cuenta el efecto del incremento de la carga en cada uno de los medios, los resultados revelan que el tiempo de apoyo con trineo aumenta significativamente (20 vs 15% PC), mientras que el chaleco no tiene efectos significativos. Referente a la posición del

cuerpo durante la carrera, los resultados más destacables muestran que la posición del tronco es más vertical con el uso del chaleco que con el trineo, difiriendo significativamente este último con el sprint libre de carga. Estos resultados se repiten en la articulación de la rodilla, produciendo el trineo un aumento significativo de la flexión en el momento del contacto.

La investigación de Alcaraz et al. (2008) ahondó nuevamente en los diferentes efectos producidos por tres medios distintos de aplicación de cargas en comparación con el trabajo sin sobrecarga. En este sentido se destacan los resultados obtenidos con la utilización del trineo. Un total de 11 hombres y 7 mujeres formaron parte del estudio, los participantes eran atletas especializados en velocidad y salto de longitud con experiencia previa en velocidad resistida. La carga utilizada se correspondió con el 16% PC que a su vez suponía una disminución teórica del 10% sobre la velocidad obtenida en el sprint sin resistencia. La medición se llevó a cabo sobre una distancia de 30 m lanzados con 20 m previos de carrera que los atletas realizaron con zapatillas de clavos. Conjuntamente con la utilización del sistema de fotocélulas se dispuso de una cámara digital para la filmación y posterior análisis de las variables cinemáticas.

Los resultados muestran que los efectos de los tres sistemas utilizados (trineo, cinturón lastrado y paracaídas) sobre la cinemática de carrera fueron similares para hombres y mujeres. En relación con efecto sobre la velocidad de carrera, se observa una disminución por parte de los tres medios, sin embargo, solo existen diferencias significativas entre el trineo y el sprint libre de carga, con una disminución del 12% sobre la velocidad sin carga en hombres, y del 14% en mujeres. En hombres también disminuye significativamente (5%) el rendimiento en velocidad con el paracaídas. De la misma manera ocurre con la longitud de carrera, con una disminución significativa de la misma con la utilización del trineo con respecto al sprint de referencia. Por otro lado, la frecuencia de carrera disminuyó pero no significativamente con los diferentes dispositivos utilizados.

A nivel general, el análisis cinemático revela que el sprint con trineo afecta en mayor medida sobre las variables analizadas (inclinación del tronco y velocidad del centro de gravedad) que la utilización del cinturón o paracaídas. En este sentido, el trineo produce una disminución de la velocidad del centro de gravedad así como mayor inclinación del tronco en hombres, mientras que en mujeres solo se observan diferencias significativas en la velocidad del centro de gravedad.

Un posterior estudio de Alcaraz et al. (2009) llevó a cabo un estudio piloto con el fin de comprobar la validez

de la ecuación obtenida por Lockie et al. (2003) sobre la misma distancia de 15 m y con atletas especialistas en pruebas de velocidad. Los autores concluyen que dicha ecuación nos permite prescribir la carga a utilizar en el trineo con un error de $\pm 2.2\%$ sobre la velocidad estimada. En segundo lugar, la investigación llevó a cabo una nueva valoración con el objetivo de obtener una ecuación que permite calcular las cargas en el trineo para la fase de máxima velocidad, para una población de atletas especializados en velocidad, saltos y pruebas combinadas. Para la obtención de la ecuación se utilizaron las siguientes cargas: 6, 10 y 15% PC. Los atletas realizaron un sprint lanzado sobre 30 m con 20 m previos, y utilizaron sus propias zapatillas de clavos. La ecuación resultante fue: $\% \text{ PC} = -0.8674 \cdot \% \text{ velocidad} + 87.99$. Con relación a los resultados obtenidos, se observó una disminución en la velocidad máxima, así como del tiempo en 30 m. Una carga del 6% PC supone una disminución del 7.4% en la velocidad máxima, mientras que con el 10% PC la disminución es del 10.5% y un 15% PC del 15.4% sobre la velocidad máxima.

Las investigaciones realizadas hasta el momento se han centrado en analizar los efectos del trabajo resistido en trineo con cargas inferiores al 30% PC, por lo que en este sentido destaca el estudio desarrollado por Keogh, Newlands, Blewett, Payne, y Chun-Er (2010) donde se utilizan cargas más elevadas. Para ello, 8 hombres con experiencia en el entrenamiento con cargas participaron voluntariamente en el estudio. Se utilizó una única resistencia de 171.2 kg para todos los deportistas, los cuales realizaron 3 sprint sobre 25 m. La posición de salida fue de cuatro apoyos debido a la elevada resistencia del trineo que se aplicó mediante un arnés en los hombros. Para la filmación técnica se utilizaron dos cámaras, una para la fase de aceleración (0 – 5 m) y otra para la de máxima velocidad (20 – 25 m). Los resultados muestran un rango de tiempo de entre 10 y 40 s para completar los 25 m, sin embargo la gran parte de las mediciones se situaron entre 12 y 18 s. La fase de aceleración se caracteriza significativamente por una menor velocidad media, longitud de zancada y tiempo de vuelo que la fase de máxima velocidad. Aunque no se han encontrado diferencias significativas, se observa una posición más vertical del tronco en la fase de máxima velocidad y mayor ángulo de extensión en muslo y rodilla tanto en el despegue como en el inicio del contacto. La ausencia de medición sobre un sprint sin resistencia impide conocer el efecto de la utilización de cargas elevadas sobre la velocidad y técnica de carrera.

Si los trabajos anteriores muestran el efecto del trabajo con trineo en la fase de aceleración o velocidad máxima, Maulder et al. (2008) se centraron sobre los efectos

producidos en la salida de tacos en velocistas. Se contó con la participación de 10 atletas velocistas que realizaron un total de 12 sprint sobre 10 m, cuatro en cada una de las tres situaciones establecidas: libre, 10 y 20 % PC. Para unir el trineo al deportista se utilizó una cuerda de 30 m. La disposición de los tacos de salida se ajustó a las preferencias individuales de los atletas, el descanso entre cada repetición fue de 2 – 3 minutos, y las pruebas se realizaron con zapatillas de clavos. Para el posterior análisis se utilizaron los dos sprints más rápidos de cada situación. Se dispusieron de dos cámaras para la filmación de la acción inicial así como de los primeros pasos en la aceleración. Para la evaluación del tiempo invertido en 10 m, la medición se inició con una señal de salida recogida a través de un micrófono.

Los resultados muestran un aumento significativo del tiempo en 10 m para ambas resistencias, 10 y 20% PC, el aumento del tiempo se registra en un 8% aproximadamente para la carga del 10% y del 14% en el sprint con el 20% PC. La velocidad en 10 m, la velocidad y aceleración inicial también disminuyen significativamente con el incremento de la carga. Con relación a los efectos sobre las variables cinemáticas en la salida, se muestra que la carga del 10% PC implica unos efectos moderados mientras que la carga del 20% PC deriva en alteraciones significativas en el tiempo total de despegue de los tacos de salida. En cuanto a la longitud de zancada, no se observaron cambios significativos con la primera carga, y con el 20% solo se ven afectados la longitud entre el paso 2 y 3 y entre 3 y 4. La frecuencia de carrera, tiempo de contacto, tiempo de vuelo y distancia de contacto no presentan alteraciones significativas, y en este sentido, únicamente la distancia de vuelo (distancia horizontal recorrida por el centro de gravedad durante la fase de vuelo) disminuye significativamente con el 20% PC.

Discusión

Entre enero de 1985 y noviembre de 2012, empleando las bases de datos SportDiscus y MEDLINE se identificaron 7 estudios científicos que analizaran el efecto del trabajo con sobrecarga aplicada mediante el arrastre de trineo, lo que indica que aún es escasa la evidencia científica acerca de los efectos que este tipo de trabajo tiene sobre los deportistas.

Como características general de todos los estudios, las cargas utilizadas en el trineo se han establecido como porcentaje del peso corporal (PC), bajo la consideración de que los atletas más grandes tienden a generar una mayor fuerza muscular; sin embargo, Linthorne y Cooper (2012) encontraron que a pesar

de aplicar la carga en el trineo relativa al peso corporal de los atletas, todavía se observaban diferencias en el efecto que produce sobre el incremento del tiempo entre deportistas, los autores cuantifican dicho efecto mediante la variable ratio de incremento en el tiempo de sprint. Los autores mantienen la hipótesis de que estas diferencias pueden deberse al nivel de potencia individual de los deportistas. En este sentido, se puede considerar que el establecimiento de la resistencia en el trineo en función del peso corporal no justifica un efecto homogéneo en los distintos atletas, aunque sea un criterio ampliamente utilizado en la literatura, de esta manera tendría sentido definir la carga en función del perfil individual de fuerza-velocidad y no del peso corporal de sujeto (Murray et al., 2005). En relación con esta hipótesis, Letzelter, Sauerwein, y Burger (1995) y Martínez-Valencia, González-Ravé, Juárez, Alcaraz y Navarro-Valdivielso (2011) muestran que el aumento en el tiempo y deterioro en el rendimiento en el sprint con el aumento de la carga en trineo, no se debe a factores de fuerza máxima (fuerza isométrica y 1RM semi-squat) o velocidad (tiempo en 30 m y 20 m sprint, respectivamente), así estos resultados favorecen la idea inicial de Linthorne y Cooper (2012). Por otro lado, ha sido ampliamente demostrado que el aumento en el tiempo es directamente proporcional al incremento de la carga en el trineo (Cronin et al., 2008; Murray et al., 2005).

Estudios experimentales de entrenamiento resistido con trineo han descrito mejoras en el rendimiento en pruebas de salto vertical (DJ) tras 6 semanas (Harrison & Bourke, 2009; Lockie et al., 2012), y un incremento en la potencia mecánica en semi-squat y SJ modificado (120° de flexión) tras 4 semanas (Alcaraz et al., en prensa), resultados que apoyan la hipótesis inicial de que el entrenamiento resistido produce una mayor activación neural y reclutamiento de unidades motoras, y por tanto un incremento de la fuerza muscular, sin embargo no se encuentran investigaciones que busquen la relación entre variables de fuerza y el trabajo con sobrecarga. Por otro lado, se desconoce el efecto que el aumento de la carga produce sobre variables de fuerza y potencia durante la carrera, mediante análisis directo de la producción de fuerza en sprint con la utilización de plataformas de fuerzas o dinamómetros, aspecto que podría favorecer el conocimiento sobre la carga adecuada a utilizar en el entrenamiento resistido con trineo. En este sentido, el entrenamiento resistido debería orientarse a mejorar la potencia del deportista en el sprint, por lo que se consideran necesarios estudios que determinen la potencia desarrollada con el arrastre de trineo.

Otro de los aspectos que se destacan de la presen-

te revisión es que la mayoría de las investigaciones se centran sobre el efecto del aumento de la carga en el patrón técnico del deportista, o su comparación con otro medio de aplicación de carga, sin embargo no se observa referencia a las características adecuadas del trineo o las recomendaciones de anclaje del mismo, donde se indica tanto la utilización del arnés en hombros como el cinturón en la cadera. En este sentido, Murray et al. (2005) destacan que el ángulo formado por la cuerda debe ser menor de 45° para evitar rebotes del trineo durante el sprint, pero no existe afirmación de que tipo de anclaje sería el adecuado, o comparación entre la utilización de ambos métodos.

En el trabajo con sobrecarga, la velocidad se ha considerado como el indicador indirecto de la intensidad del ejercicio, de esta manera las recomendaciones a la hora de implementar la carga se han establecido en función del efecto sobre el rendimiento en el sprint sin carga, bien sea mediante la velocidad máxima o velocidad medida en la distancia recorrida, siendo el 90% de la velocidad máxima el criterio considerado adecuado en la literatura. Bien es así que la mayoría de los estudios experimentales utilizan la carga propuesta por Lockie et al. (2003) mediante su ecuación, 12,6 – 13% PC, describiendo mejoras en el rendimiento en la fase de aceleración (Harrison & Bourke, 2009; Lockie et al., 2012; Spinks et al., 2007; West et al., 2012). La ausencia de investigación que utilicen cargas superiores al 15% PC, impide conocer el efecto que cargas más elevadas tendrían sobre el rendimiento en velocidad, fuerza o potencia, y cual sería el nivel de afectación de la técnica.

Conclusión

En base a la literatura, se puede establecer que las recomendaciones para el diseño del entrenamiento resistido con trineo se centran principalmente en la utilización de cargas inferiores al 13% PC, de esta manera se evita una disminución de la velocidad por encima del 10%, manteniéndose el patrón técnico de carrera. Sin embargo, la ausencia de estudios que describan la relación entre este tipo de trabajo y variables de fuerza o potencia no permite conocer cuál sería la carga adecuada de trabajo, así como el desconocimiento del efecto que el aumento de la carga en el trineo provocaría en la producción de fuerza o activación neuromuscular dificultan la utilización de cargas altas en programas de entrenamiento con arrastre de trineo. Por lo tanto, pese a que se han descrito mejoras en el rendimiento en velocidad con programas de entrenamiento resistido, existe un gran vacío con relación a cuál sería la carga óptima, establecida de manera individual en función del perfil fuerza-velocidad de los deportistas.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido llevada a cabo gracias a la beca de investigación predoctoral de la Universidad de Castilla La Mancha (FPI, PRINCET 02/11/2007) y ayudas a la investigación del Ministerio de Economía y Competitividad (DEP2011-28727).

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, P. E., Palao, J. M., & Elvira, J. L. L. (2009). Determining the optimal load for resisted sprint training with sled towing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 480-485.
- 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*.
- Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L. 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.
- Cronin, J., Hansen, K., Kawamori, N., & McNair, P. (2008). Effects of weighted vests and sled towing on sprint kinematics. *Sport Biomechanics*, 7(2), 160-172.
- Faccioni, A. (1994). Assisted and resisted methods for speed development: Part 2. *Modern Athlete and Coach*, 32(3), 8-12.
- Girold, S., Maurin, D., Dugué, 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.
- 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.
- Hay, J. G. (1994). *The biomechanics of sports techniques* (4ª ed.). Nueva Jersey: Prentice Hall.
- 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.
- Keogh, J. W. L., Newlands, C., Blewett, S., Payne, A., & Chun-Er, L. (2010). A kinematic analysis of a strongman-type event: the heavy sprint-style sled pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3088-3097.
- Letzelter, M., Sauerwein, G., & Burger, R. (1995). Resistance runs in speed development. *Modern Athlete and Coach*, 33, 7-12.
- Linthorne, N., & Cooper, J. E. (2012). Effect of the coefficient of friction of a running surface on sprint time in a sled-towing exercise. *Sport Biomechanics*.
- 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.
- Lockie, R. G., Murphy, A., & 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.
- 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.
- Martínez-Valencia, M. A., González-Ravé, J. M., Juárez, D., Alcaraz, P. E., & Navarro-Valdivielso, F. (2011). Interrelationships between different loads in resisted sprints, half-squat 1 RM and kinematic variables in trained athletes. *European Journal of Sport Science*, 14(Sppl. 1), 18-24.
- Maulder, P. S., Bradshaw, E. J., & Keogh, J. W. L. (2008). Kinematic alterations due to different loading schemes in early acceleration sprint performance from starting blocks. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1992-2002.
- Murray, A., Aitchison, T. C., Ross, G., Sutherland, K., Watt, I., McLean, D., & Grant, S. (2005). The effect of towing a range of relative resistances on sprint performance. *Journal and Sports Science*, 23(9), 927-935.
- 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.
- 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.
- West, D. J., Cunningham, D. J., Bracken, R. M., Bevan, H. R., Crewther, B. T., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2012). Effects of resisted sprint training on acceleration in professional rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 1014-1018.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1991-1999.