Selected Papers from Impact

Respuestas Cardiovasculares, Neuromusculares y Metabólicas a la Práctica de Trineo de Arrastre

Cardiovascular, Neuromuscular, and Metabolic Responses to the Practice of Resisted Sled Towing

Clarcson Plácido Conceição dos Santos[1], Bruno Bavaresco Gambassi[2], Marcia Neves G. Santiago[1], Ailton Emanuel Factum dos Anjos Filho[1], Edson Carlos Leite Santos[1] y Paulo Adriano Schwingel[3]

[1]Grupo de Estudio e Investigación en Salud y Rendimiento Humano (GESPH), Escuela Bahiana de Medicina y Salud Pública (EBMSP), Salvador, BA, Brasil
[2]Facultad de Educación Física, Universidad de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil
[3]Laboratorio de Investigación en Rendimiento Humano (LAPEDH), Universidad de Pernambuco (UPE), Petrolina, PE, Brasil

RESUMEN

En este estudio se investigaron las respuestas cardiovasculares, neuromusculares, y metabólicas de sujetos físicamente activos (7 hombres y 6 mujeres con una media de 29,5 ± 6 años) durante una sesión de trineo de arrastre (TA). El protocolo utilizado en la sesión de TA consistió en 5 bloques de entrenamiento con un intervalo de descanso de 2 minutos entre cada bloque. Cada bloque consistió en 2 series de 20 m con un intervalo de descanso de 30-seg entre cada serie. Para cada una de las series, los sujetos tuvieron que empujar el trineo de arrastre a una aceleración máxima por 20 m con una intensidad equivalente al 75% del peso corporal de cada sujeto. Los resultados mostraron un aumento significativo en la frecuencia cardíaca ($P<0,05$), una disminución significativa en la potencia muscular máxima absoluta y relativa ($P<0,0001$), y un aumento significativo en el lactato sanguíneo ($P<0,0001$) después de la sesión de TA. Por lo tanto, este enfoque de entrenamiento (TA con tiempo de estímulo, intensidad e intervalo de descanso entre series y bloques) resultó en un gran estrés en las respuestas cardiovasculares y neuromusculares de los sujetos con un aumento en la dependencia del metabolismo anaeróbico.

Palabras Clave: Rendimiento, Entrenamiento de la Fuerza, Deportes, Sprint

ABSTRACT

This study investigated the cardiovascular, neuromuscular, and metabolic responses of physically active subjects (7 men and 6 women with a mean age of 29.5 [+ or -] 6 yrs) during a resisted sled towing (RST) session. The protocol used in the RST session consisted of 5 training blocks with a 2 min rest interval between each block. Each block consisted of 2 sets of 20 m with a 30-sec rest interval between each series. For each series, the subjects had to push the towing sled at maximum acceleration for 20 m with an intensity equivalent to 75% of each subject's body weight. The results showed a significant increase in heart rate.

Keywords: Performance, Resistance Training, Sports, Sprint

INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la fuerza (EF) puede considerarse como cualquier ejercicio que promueve movimientos de fuerza contra la oposición de una clase de resistencia (9).
Esta modalidad se utiliza frecuentemente para aumentar el tamaño muscular y la fuerza de individuos sedentarios y entrenados y mejorar el entrenamiento y rendimiento deportivo (1,2,3,7,10-13).

Los practicantes y los deportistas de diferentes modalidades de EF utilizan este tipo de entrenamiento en sus programas de ejercicios para alcanzar diferentes objetivos (5,6). Normalmente, los profesionales de la fuerza y el acondicionamiento manipulan las variables del EF y aplican diferentes modelos de periodización para mejorar el rendimiento de practicantes regulares y deportistas (5,6). En este sentido, muchos profesionales prescriben EF isométrico o isotónico que involucra máquinas de fisicoculturismo tradicionales (9), bandas elásticas (7), y el uso de técnicas de entrenamiento de la fuerza, tales como trineo de arrastre (TA) (1,4,8, 12,14-16,18,19,21) con el propósito de lograr un objetivo específico para ayudar a los atletas a desempeñarse mejor. Aunque aún no se ha alcanzado un consenso sobre este asunto, el TA se utiliza con frecuencia para mejorar el rendimiento del sprint y la aceleración en la carrera (19).

Los deportistas frecuentemente utilizan el TA para mejorar la velocidad, que es crucial para mejorar el rendimiento deportivo en el Rugby. En este contexto, Harrison and Bourke (12) investigaron los efectos de un programa de entrenamiento de trineo de arrastre de 6-sem, en los tiempos de sprint de 30-m, y la velocidad máxima alcanzada en sprints de 30-m desde un arranque estático y sprints de 30-m en vuelo. Después de 12 sesiones de TA, los investigadores observaron un aumento de la aceleración inicial desde la posición estática en jugadores de rugby masculinos. Además, Bachero-Mena y González-Badillo (4) y Zafeiridis et al. (21) informaron una mejora en la aceleración y el rendimiento de velocidad máxima después del entrenamiento de sprint con trineo de arrastre.

Aunque algunos autores han investigado los efectos del TA en el rendimiento del atleta, algunos estudios en la bibliografía se han centrado en las respuestas cardiovasculares, musculares, y metabólicas del TA en individuos físicamente activos.

Para evaluar las respuestas agudas que pueden contribuir a estudios en el futuro, este estudio evaluó las respuestas cardiovasculares, musculares y metabólicas de los sujetos físicamente activos durante una sesión de TA.

MÉTODOS

Sujetos
La muestra fue seleccionada usando muestreo de conveniencia. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: (a) sin deterioro en el sistema músculo-esquelético y cardiovascular; y (b) no participar en un programa de ejercicio físico durante al menos 6 meses antes del estudio. Los sujetos consistieron en 13 individuos físicamente activos (7 hombres y 6 mujeres) con una edad promedio de 29,5 ± 6 años. Los sujetos fueron inscriptos en la misma academia de entrenamiento funcional en la ciudad de Salvador, Brasil. Todos los sujetos firmaron un formulario de consentimiento informado. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina y Salud Pública de Bahía, y fue registrado por la CAAE con el número 47327615.9.0000.5544.

Procedimientos
La recolección de datos fue realizada por estudiantes de pregrado de educación física que previamente fueron capacitados por investigadores y profesores de la Escuela de Medicina y Salud Pública de Bahía. La evaluación de la concentración de lactato en sangre y el Test de Countermovement Jump se realizaron antes y después de la sesión de ejercicio. La frecuencia cardíaca de los sujetos se midió cada 20 m durante la sesión.

Sesión de TA
Los sujetos realizaron 5 bloques de entrenamiento con un intervalo de descanso de 2 minutos entre cada bloque. Cada bloque consistió en 2 series de 20 m con un intervalo de descanso de 30 segundos entre cada serie. Para cada serie, los sujetos tuvieron que empujar el trineo de arrastre a máxima aceleración durante 20 m con una intensidad equivalente al 75% de su propio peso corporal.

Lactato sanguíneo
Después de que se limpió la punta del dedo de los sujetos con un 95% de alcohol etílico, se recogieron 0,7 µL de muestras de sangre capilar antes y después de la sesión. La sangre fue absorbida en tiras reactivas (Nova Biomedical, Waltham, MA, EEUU., Referencia 40813) y se transfirió a un analizador de lactato sanguíneo portátil (Lactate Plus, Nova Biomedical) para determinar la concentración de lactato en plasma de los sujetos.

Countermovement Jump
El análisis de salto se realizó utilizando la plataforma de contacto Jump System Pro® (Cefise Biotecnologia Esportiva, Nova Odessa, SP, Brasil), que está conectada al software Jump Test Pro 1.0. Después de explicar cuidadosamente el test, todos los sujetos realizaron estiramientos de las extremidades inferiores antes de los saltos. Esta técnica requirió que los sujetos comenzaran en una posición vertical con los pies paralelos entre sí con la cadera al ancho de hombros. Después de escuchar un dispositivo auditivo, los sujetos realizaron un countermovement rápido flexionando las caderas y las rodillas. Al alcanzar su profundidad preferida de descenso (120°), la rodilla y las caderas se extendieron explosivamente seguidas de la flexión plantar en un esfuerzo por alcanzar la altura máxima de salto. La mejor altura de salto para tres ensayos con un intervalo de descanso de 1 minuto entre cada uno se consideró la mejor.

Frecuencia cardíaca
La frecuencia cardíaca se midió utilizando un monitor Polar F1 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). La cinta de transmisión codificada se colocó en la región torácica del sujeto, donde permaneció hasta el final de la sesión. Las mediciones de la frecuencia cardíaca se realizaron en reposo, entre cada serie y al final de la sesión.

Análisis Estadísticos
Los datos se procesaron y analizaron utilizando el software SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU. Versión 16.0.2, 2008) y Prism (GraphPad Inc., San Diego, CA, EEUU., Versión 6.01, 2012). Inicialmente, se aplicaron estadísticas descriptivas a la prueba de Shapiro-Wilk y a los criterios de Bartlett. Las variables continuas se presentaron como media y desviación estándar (DE). El análisis de varianza de medidas repetidas unidireccional con el test post hoc de Tukey y el t-test de muestras pareadas se usaron para analizar los datos. Todos los métodos estadísticos fueron bilaterales, se calcularon los valores P y la significación estadística se estableció en $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra las concentraciones de lactato en sangre, la distancia horizontal y la potencia máxima en los momentos inicial y final del protocolo de ejercicio en trineo de arrastre. Los resultados indican un aumento significativo ($P<0,0001$) en el lactato sanguíneo (A) desde el inicio (2,0 ± 0,9 mmol·dL-1) hasta el momento final (16,2 ± 2,6 mmol·dL-1). La altura de salto horizontal (B) disminuyó significativamente (aproximadamente 11%) entre los dos momentos (30,3 ± 6,9 cm vs. 26,9 ± 7,3 cm, $P<0,0001$), mismos resultados verificados para la potencia máxima absoluta (3163,6 ± 901,6 W vs. 2935,2 ± 951,2 W, $P<0,0001$), y la potencia máxima relativa (41,9 ± 5,8 W vs. 38,9 ± 6,7 W, $P<0,0001$). El análisis de varianza ($P<0,05$) y el test post hoc de Tukey mostraron que la frecuencia cardíaca aumentó significativamente desde el momento inicial (pre-ejercicio) hasta los primeros 20 m del ejercicio en trineo ($P<0,05$). Por otro lado, la frecuencia cardíaca se mantuvo estadísticamente similar ($P>0,05$) en todo el protocolo de ejercicio de trineo de 20 m (Figura 2). Además, las frecuencias cardíacas medias de todos los ejercicios de trineo de 20 m evaluados fueron cercanas a la media de la muestra de las frecuencias cardíacas máximas (línea punteada).

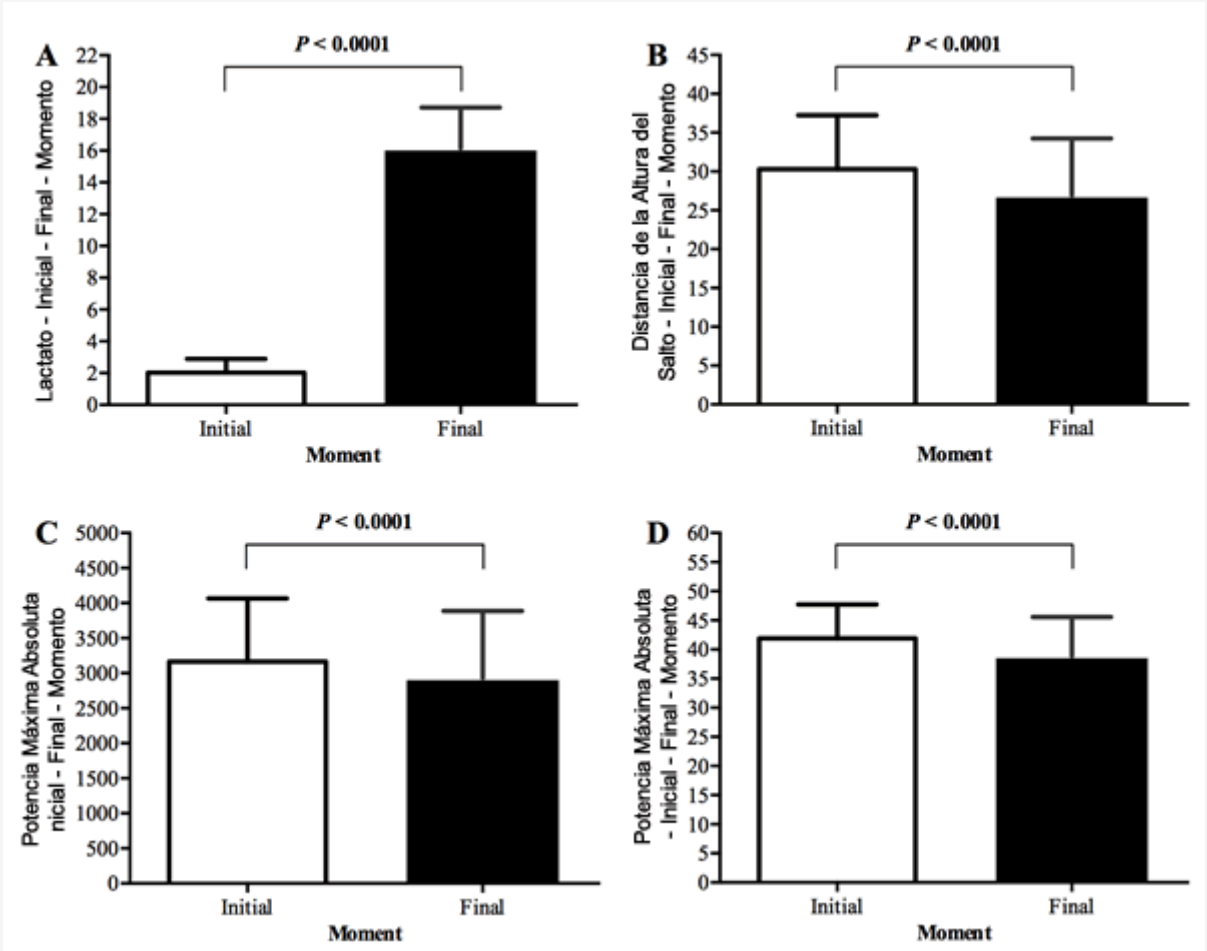

Figura 1. *Variables Fisiológicas Analizadas en el Momento Inicial (Pre-Ejercicio) y Final (Después del Entrenamiento de Trineo de 5-bloques). A = concentraciones de lactato en sangre; B = rendimiento de salto horizontal; C = potencia máxima absoluta; D = potencia máxima relativa*

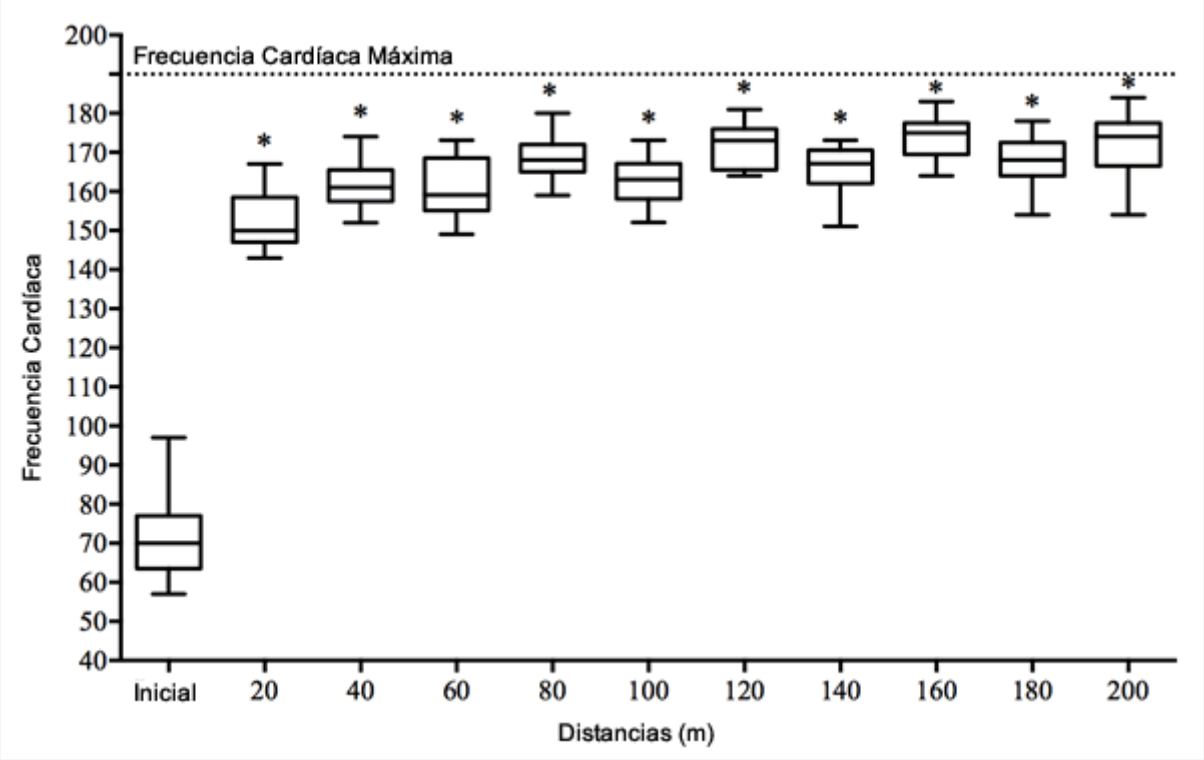

Figura 2. *Respuestas de Frecuencia Cardíaca al Protocolo de Entrenamiento de Trineo. La línea punteada representa la muestra media de las frecuencias cardíacas máximas. *representa diferencias estadísticas entre la frecuencia cardíaca en el momento inicial con todos los demás momentos (o distancias)*

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio es que el TA en las personas jóvenes físicamente activas provocó alteraciones metabólicas significativas, como lo indican sus respuestas cardiovasculares y neuromusculares. Estos resultados se demostraron por el aumento significativo de la frecuencia cardíaca, la disminución de la potencia muscular y los cambios en el lactato después de la sesión de TA.

El aumento en la frecuencia cardíaca de los sujetos observado durante la sesión de ejercicio es consistente con la mayoría de las demandas fisiológicas en las que el corazón late más rápido para suministrar oxígeno a los músculos que trabajan. Esto se considera normal e indica que el sistema nervioso autónomo está respondiendo adecuadamente a los múltiples estímulos fisiológicos y las alteraciones metabólicas observadas en el presente estudio. Este proceso es el resultado de la interacción entre el estímulo que viaja a través de las vías aferentes (mecanorreceptores y quimiorreceptores) y la restauración por las vías eferentes (nervios simpáticos y parasimpáticos) (17,20).

Además de los cambios importantes en la frecuencia cardíaca, el presente estudio encontró una disminución significativa en la potencia muscular máxima absoluta y relativa después del TA. Esto se demostró por la disminución en las variables de potencia en la prueba SVCM. Este deterioro en el rendimiento de la prueba de potencia puede haber ocurrido debido al mayor uso de las reservas de fosfato de creatina durante la práctica de TA.

Durante los primeros 10 segundos de ejercicio, se reclutó la vía anaeróbica aláctica con prioridad para la síntesis de ATP a través del compuesto de fosfato de creatina. Con la continuación de los ejercicios, la vía anaeróbica láctica tuvo prioridad para la síntesis de ATP a través de la degradación del glucógeno muscular (17,20). Aparentemente, los intervalos de descanso entre cada bloque, junto con el número de bloques, dificultaban la recuperación total o suficiente de la vía anaeróbica aláctica para realizar el test de potencia. Dado que este test requiere que la mayor parte de la síntesis de ATP se derive del compuesto de fosfato de creatina, es probable que el deterioro del rendimiento esté relacionado con el desgaste de esa vía metabólica durante el ejercicio.

Se observó un aumento significativo en el lactato durante la sesión de TA aguda. Las células musculares almacenan solo pequeñas cantidades de fosfato de creatina, por lo que la cantidad de ATP formada por esta reacción es limitada. En este sentido, es probable que la vía anaeróbica láctica se haya utilizado para transferir energía de los enlaces de glucosa para unir el fosfato al ATP para suministrar la energía necesaria para llevar a cabo los ejercicios (17,20). Por lo tanto, las vías de energía anaeróbica aláctica y láctica se reclutaron para realizar la actividad propuesta en el presente estudio. La sesión de TA consistió en unos pocos estímulos cortos con pocos intervalos de descanso que pueden haber explicado el aumento de los niveles de lactato en sangre. Como tal, se produciría un exceso de producción de H+ y el aumento podría eliminar el calcio del interior de la fibra muscular, lo que afectaría la contracción de los músculos implicados en la disminución de la potencia muscular después de una sesión de ejercicio. Parece que el deterioro en la prueba de potencia se debe a la alteración significativa de la degradación de las dos vías metabólicas anaeróbicas.

También es importante enfatizar que el enfoque de este estudio fue dar cuenta de los posibles cambios fisiológicos que tienen lugar durante una sesión de TA. Este estudio demostró que hay cambios significativos en las respuestas cardiovasculares, neuromusculares y metabólicas de los sujetos a esta práctica. Las respuestas observadas en el presente estudio están relacionadas con la manipulación de las variables (es decir, la duración de la estimulación, la duración de los intervalos de descanso y la intensidad) y con el uso de una modalidad específica (TA) normalmente utilizada para mejorar el rendimiento en los deportes. Este estudio es importante porque muestra las respuestas fisiológicas a una práctica determinada, mientras que la mayoría de los estudios de TA no intentan hacerlo. Es decir, en general, la investigación de TA se ha concentrado en investigar los efectos crónicos de este tipo de entrenamiento en el rendimiento en algunas modalidades deportivas (1,4,12,14-16,19,21).

CONCLUSIONES

Concluimos que la propuesta de entrenamiento del presente estudio (TA con tiempo de estímulo, intensidad e intervalo de descanso entre series y bloques) causó un gran estrés en el sistema cardiovascular y muscular, que resultó en una sobrecarga del metabolismo anaeróbico de los sujetos. Teniendo en cuenta las adaptaciones que se producen en el cuerpo a través de la práctica del entrenamiento físico, existe la posibilidad de mejoras en las variables investigadas con la aplicación del estímulo crónico descrito en la presente investigación.

Para confirmar las hipótesis, se deben realizar más estudios con un control más estricto sobre las amenazas a la validez interna y externa. Por ejemplo, la ausencia de un grupo de control, la falta de aleatorización y el tamaño de muestra pequeño pueden reconocerse como limitaciones. Pero, por importante que sea, ya que este es uno de los primeros estudios que investiga respuestas cardiovasculares y metabólicas a la práctica de TA con el tiempo de estimulación, la intensidad y el intervalo de descanso entre series y bloques, creemos que este estudio plantea varias preguntas relevantes para alentar nuevas áreas de investigación.

Agradecimientos
Los autores agradecen a los voluntarios que participaron en este estudio.
Dirección de correo: Bruno Bavaresco Gambassi, Faculdade de Educação Física, Universidade de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil, Phone: (+55) (12) 991073884, Email: professorbrunobavaresco@gmail.com

REFERENCIAS

1. Alcaraz PE, Elvira JLL, Palao JM. (2014). Kinematic, strength, and stiffness adaptations after a short-term sled towing training in athletes. *Scand J Med Sci Sports. 2014;24(2):279-290.*
2. American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand: Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc. 2009;41(3):687-708.*
3. Bacelar SNA, Almeida FJF, Sauaia BA, Novais TMG, Araujo ERA, Santos LQM, et al. (2015). Effects of moderate intensity resistance training on bone mineral density and muscle strength of elderly women. *JEPonline. 2015;18(6):94-103.*
4. Bachero-Mena B, González-Badillo JJ. (2014). Effects of resisted sprint training on acceleration with three different loads accounting for 5, 12. *5, and 20% of body mass. J Strength Cond Res. 2014;28(10):2954-2960.*
5. Baechle TR, Earle RW. (2008). Essentials of Strength Training and Conditioning. *(3th Edition). Champaign, IL: Human Kinetics.*
6. Bompa TO, Haff GG. (2009). Periodization: Theory and Methodology of Training. *(5th Edition). Champaign, IL: Human Kinetics.*
7. Coelho-Júnior HJ, Irigoyen MC, Aguiar SDS, Gonçalves IO, Câmara NOS, Cenedeze MA, et al. (2017). Acute effects of power and resistance exercises on hemodynamic measurements of older women. *Clin Interv Aging. 2017;11(12):1103-1114.*

8. Cottle CA, Carlson LA, Lawrence MA. (2014). Effects of sled towing on sprint starts. *J Strength Cond Res. 2014;28(5):1241-1245.*
9. Fleck SJ, Kraemer WJ. (2006). Essentials of Strength Training. *(3th Edition). Artmed.*
10. Folland JP, Williams AG. (2007). The adaptations to strength training. *Sport Med. 2007;37:145-168.*
11. Gambassi BB, Rodrigues B, Feriani DJ, Almeida FDJF, Sauaia BA, Schwingel PA, et al. (2016). Effects of resistance training of moderate intensity on heart rate variability, body composition, and muscle strength in healthy elderly women. *Sport Sci Health. 2016;12 (3):389-395.*
12. Harrison AJ, Bourke G. (2009). The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *J Strength Cond Res. 2009;23(1):275-283.*
13. Hunter GR, Wetzstein CJ, McLafferty CL, Zuckerman PA, Landers KA, Bamman MM. (2001). High-resistance versus variable-resistance training in older adults. *Med Sci Sports Exerc. 2001; 33(10):1759-1764.*
14. Kawamori N, Newton RU, Hori N, Hori N, Nosaka K. (2014). Effects of weighted sled towing with heavy versus light load on sprint acceleration ability. *J Strength Cond Res. 2014;28(10): 2738-2745.*
15. Kawamori N, Newton R, Nosaka K. (2014). Effects of weighted sled towing on ground reaction force during the acceleration phase of sprint running. *J Sports Sci. 2014;32(12):1139-1145.*
16. Martínez-Valencia MA, Romero-Arenas S, Elvira JL, et al. (2015). Effects of sled towing on peak force, the rate of force development and sprint performance during the acceleration phase. *J Hum Kinet. 2015;46(1):139-148.*
17. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. (2016). Exercise Physiology: Nutrition, Energy and Human Performance. *(8th Edition). Guanabara Koogan.*
18. Okkonen O, Hakkinen K. (2013). Biomechanical comparison between sprint start, sled pulling, and selected squat-type exercises. *J Strength Cond Res. 2013;27(10):2662-2673.*
19. Petrakos G, Morin JB, Egan B. (2016). Resisted sled sprint training to improve sprint performance: A systematic review. *Sports Med. 2016;46(3):381-400.*
20. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. (2013). Physiology of Exercise and Sport. *(8th Edition). Manole.*
21. Zafeiridis A, Saraslanidis P, Manou V, Ioakimidis P, Dipla K, Kellis S. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *J Sports Med Phys Fitness. 2005;45:284-290.*

Cita Original

Santos CPC, Gambassi BB, Santiago MNG, Filho AEFA, Santos ECL, Schwingel PA. Cardiovascular, Neuromuscular, and Metabolic Responses to the Practice of Resisted Sled Towing. JEP online 2018;21(1):36-43.