

Monograph

Gasto de Energía Aeróbico durante Entrenamiento de Sobrecarga Recreacional en Mujeres y Hombres

Beth Morgan¹, Sarah J Woodruff¹ y Tiidus M Peter¹

¹*Department of Kinesiology & Physical Education, Wilfrid Laurier University, Waterloo ON, Canada*

RESUMEN

La influencia del sexo sobre el gasto de energía por vía aeróbica (EE) durante el entrenamiento de sobrecarga no ha sido sistemáticamente estudiada. En el presente estudio hemos determinado el EE relativo y absoluto durante la realización de dos programas de entrenamiento con sobrecarga de diferente intensidad, duración y trabajo total en hombres y mujeres. Ocho hombres y siete mujeres (20-29 años) que realizaban entrenamientos con sobrecarga en forma recreacional completaron dos sesiones de entrenamiento de sobrecarga en orden aleatorio que involucraban la realización de 2 series de 8 ejercicios estándar para el tren superior e inferior a una cadencia establecida separados por 45 segundos de recuperación entre series y ejercicios (las sesiones estuvieron separadas por un período de 48 horas). El programa de entrenamiento con cargas altas (H) implicó la realización de 8 repeticiones al 100% de 8 repeticiones máximas (8RM), con una duración aproximada de 19 minutos, y el entrenamiento con cargas bajas (L) implicó la realización de 15 repeticiones al 85% de 8RM, con una duración aproximada de 23 minutos. El VO_2 fue determinado en forma continua a través de las sesiones de entrenamiento. La masa magra corporal (LBM) fue estimada a partir de las mediciones de pliegues cutáneos y del peso corporal. El gasto energético fue estimado a partir de mediciones del metabolismo respiración por respiración utilizando un equipo portátil (Cosmed K4b2). El EE absoluto (kJ totales) y la tasa de gasto energético por minuto (kJ por min) no fueron estadísticamente diferentes entre H y L ni entre los hombres y las mujeres. La tasa de EE promedió aproximadamente 10-12 kJ por min. Sin embargo, el EE relativo (J por kg de LBM por min por unidad de trabajo) fue significativamente mayor ($p < 0.02$) para las mujeres que para los hombres tanto en la sesión H (26.46 ± 8.06 mujeres vs 14.36 ± 3.02 hombres) como en la sesión L (19.91 ± 4.28 mujeres vs. 9.83 ± 3.28 hombres). Se concluyó que las mujeres dependen de un mayor EE relativo aeróbico que los hombres cuando realizan entrenamientos de sobrecarga en forma recreacional.

Palabras Clave: entrenamiento de sobrecarga, sexo, gasto de energía aeróbica

INTRODUCCION

Relativamente pocos estudios han documentado el gasto energético por vía aeróbica durante el entrenamiento de sobrecarga (i.e. Hickson et al., 1984; Ballor et al., 1989; Kuehl et al., 1990; Phillips and Ziuraitis, 2003). La aplicabilidad de estos estudios al entrenamiento con sobrecarga recreacional para la mejora de la aptitud física y la salud, tal como lo recomienda el Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports Medicine, 1998; 2002) es limitada debido a que alguno en gran parte de estos estudios se han utilizado entrenamientos en circuito, con un número limitado de ejercicios o sujetos y los programas de entrenamiento no se ajustaban a la realidad del entrenamiento con sobrecarga

recreacional. Además, debido a que el gasto energético en los estudios previos de entrenamiento con sobrecarga fue estimado utilizando sistemas fijos de evaluación del metabolismo (i.e., Hickson et al., 1984), la movilidad de los sujetos con frecuencia se vio limitada y pudo no haber reflejado la movilidad real que se observa en los entrenamientos de sobrecarga característicos. El advenimiento de los sistemas de análisis del metabolismo portátiles (i.e., Cosmed K4B2) ha permitido realizar estimaciones del gasto energético durante sesiones de entrenamiento con sobrecarga que se ajustan más a la realidad. Interesantemente, estudios recientes han reportado que las mujeres, en comparación con los hombres, tienen una dependencia relativamente mayor en las fuentes de energía aeróbicas durante la realización de ejercicios con sobrecarga (Kent-Braun et al., 2002; Mattei et al., 1999). Esto sugiere que pueden existir diferencias sexuales en el gasto energético aeróbico relativo durante la realización de ejercicios con sobrecarga. Sin embargo, en los estudios previos no se ha cuantificado la influencia del sexo sobre el gasto de energía aeróbica durante el entrenamiento con sobrecarga, y además, algunos de estos estudios han reportado datos sobre levantadores de pesas de elite de sexo masculino. El presente estudio tiene como propósito cuantificar el gasto de energía por vía aeróbica durante la realización de ejercicios característicos del entrenamiento con sobrecarga a nivel recreacional (diseñados principalmente para la mejora de la aptitud física y la salud) a diferentes intensidades (American College of Sports Medicine, 1998; 2002) tanto en hombres como en mujeres utilizando un equipo portátil para el análisis del metabolismo.

MÉTODOS

Quince sujetos (8 hombres, 7 mujeres) de entre 20-29 años de edad completaron el estudio. Todos los sujetos firmaron una forma de consentimiento informado antes de su participación. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Utilización de Sujetos Humanos de la Universidad de Wilfrid Laurier de acuerdo con lo establecido por el Tri-Council (de Canadá) acerca de la conducta ética para la investigación con humanos. Todos los sujetos tenían una experiencia de 3-5 meses en el entrenamiento con sobrecarga antes de participar en el estudio y eran físicamente activos, pero no competían a nivel deportivo.

La masa magra corporal (en kg) de todos los sujetos fue estimada a partir de la medición de 4 pliegues cutáneos tal como lo describieran Durnin y Wormsely (1974), sustrayendo la masa grasa estimada del peso corporal.

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) fue determinado utilizando el sistema portátil de evaluación del metabolismo Cosmed K4b2 (Cosmed Corporation, Rome, Italy, 2000). Los sujetos completaron una entrada en calor de 5 minutos caminando, luego de lo cual realizaron un test en cinta ergométrica. Durante el test los sujetos corrieron a una velocidad seleccionada por ellos mismos mientras que la inclinación de la cinta se incrementaba en un 2% cada dos minutos hasta el agotamiento volitivo (McConnell, 1998). El $VO_{2\text{máx}}$ se definió como una estabilización en el consumo de oxígeno entre dos cargas, acompañada por un índice de intercambio respiratorio (RER) mayor de 1.15 y una frecuencia cardíaca dentro de los 10 latidos/min de la frecuencia cardíaca máxima estimada a partir de la edad.

Para reproducir una sesión "característica" de entrenamiento con sobrecarga para practicantes recreacionales, según las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (1998, 2002), los sujetos realizaron ejercicios en máquinas APEX o Universal así como también ejercicios con pesos libres, combinando levantamientos para el tren superior y el tren inferior. La utilización predominante de máquinas es característica de sujetos que entrenan en forma recreacional, aunque también se emplean con frecuencia pesos libres (Fleck and Kraemer, 1997). En cada sujeto se determinó la fuerza en 8 repeticiones máximas (8RM) en cada ejercicio con pesos libres o máquinas. Para el entrenamiento se utilizaron los siguientes ejercicios: (1) prensa de piernas horizontal (APEX), (2) press de banca inclinado (APEX), (3) flexiones de rodilla sentado (APEX), (4) tirones de polea (APEX), (5) tríceps en polea de pie (Universal), (6) extensiones de rodilla sentado (APEX), (7) curl de bíceps sentado (mancuernas), (8) press de hombros (deltoides) sentado (APEX).

Subsiguientemente, los sujetos realizaron dos sesiones de entrenamiento en orden aleatorio, de diferente intensidad, utilizando los ejercicios mencionados previamente y en el orden citado. Las sesiones fueron llevadas a cabo a la misma hora del día y en dos ocasiones separadas por un período de recuperación de 48 horas. Para la sesión de entrenamiento con cargas altas (H), los sujetos realizaron 2 series de 8 repeticiones en cada ejercicio con una carga igual al 100% de su fuerza en 8RM. Para la sesión de entrenamiento con cargas bajas (L), los sujetos realizaron 2 series de 15 repeticiones en cada ejercicio con una carga igual al 85% de 8RM. Antes de comenzar cada sesión de entrenamiento, los sujetos permanecieron sentados en reposo durante 5 minutos. Para estandarizar las pausas y las cargas de trabajo, cada ejercicio fue realizado a una cadencia de 60 golpes por minuto, con cada movimiento (levantamiento/contracción o descenso/relajación) correspondiente a un golpe. Los sujetos descansaron durante 45 segundos entre cada serie y entre cada ejercicio. Esto resultó en un índice trabajo/pausa de aproximadamente 1:2 para la sesión al 100% de 8RM y de aproximadamente 1:1.5 para la sesión al 85% de 8RM. Estos índices de trabajo/pausa son similares a los utilizados en estudios previos (i.e. Hickson et al., 1984). La intensidad de los levantamientos, el tempo de los levantamientos, la duración

de las pausas entre las series y el rango y tipo de ejercicios fueron característicos de los programas de entrenamiento con sobrecarga recomendados para adultos saludables cuyo objetivo principal de entrenamiento es la mejora de la aptitud física y de la salud (American College of Sports Medicine, 1998; 2002). En todos los ejercicios de sobrecarga se efectuaron mediciones del metabolismo respiración por respiración utilizando un sistema portátil de evaluación del metabolismo Cosmed K4b2. El registro comenzó con el primer ejercicio y continuó a través de todos los ejercicios incluyendo los períodos de recuperación de 45 segundos, finalizando con el último ejercicio.

El gasto de energía aeróbica durante los ejercicios de sobrecarga fue estimado a partir de los gases espirados utilizando la ecuación: $3.781 \times \text{VO}_2 + 1.237 \times \text{VCO}_2 \times 4.2 = \text{kilojoules (kJ)}$, la cual era calculada por el sistema Cosmed en base a las recomendaciones de Elia y Livesey (1992). Esto fue similar a lo realizado en estudios previos, los cuales con frecuencia utilizaron el VO_2 estimado a partir de los gases espirados y asumieron un equivalente energético de aproximadamente 21 kJ por litro de O_2 consumido (reportado como Kcal) (i.e. Scala et al., 1987; Keuhl et al., 1990; Hickson et al., 1984). El trabajo total realizado en los levantamientos por cada sujeto fue expresado como Unidades de Trabajo (U) y fue calculado como: $\text{Número de repeticiones} \times \text{número de series} \times \text{peso levantado en kg} = \text{U}$.

Para cada sujeto se determinó el pico de VO_2 en cada ejercicio, lo cual se determinó a partir de los datos metabólicos registrados en la sesión al 100% de 8RM y convertido a pico de VO_2 como un porcentaje del $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Para cada sexo se calculó la media del pico de VO_2 .

Para la comparación de los grupos (hombres -100% 8RM, hombres - 85% 8RM, mujeres - 100% 8RM, mujeres - 85% 8RM) se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Para determinar si existían diferencias sistemáticas entre los sexos en relación a la LBM y en relación a la cantidad de trabajo realizado durante los ejercicios se utilizó el análisis ANOVA factorial multivarianza.

RESULTADOS

Los datos de la talla, peso, edad y porcentaje de grasa corporal de los sujetos se muestran en la Tabla 1. Los hombres tuvieron una masa magra corporal significativamente mayor ($p < 0.01$) que las mujeres; $66.7 \pm 6.8 \text{ kg}$ vs $46.5 \pm 4.1 \text{ kg}$. Los hombres también tuvieron un $\text{VO}_{2\text{máx}}$ significativamente mayor ($p < 0.05$) que las mujeres; $59.6 \pm 10.3 \text{ mL/kg/min}$ vs $52.2 \pm 3.9 \text{ mL/kg/min}$. Los valores del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ tanto para los hombres como para las mujeres sugieren que los sujetos tenían una buena aptitud física y que eran saludables pero que no eran atletas de elite (Powers and Howley, 2001)

	Hombres (n = 8)	Mujeres (n = 7)
Edad (años)	22.1 (2.9)	20.7 (1.0)
Talla (cm)	176.7 (6.1)	166.7 (4.9)*
Peso (kg)	76.0 (8.8)	64.2 (7.5)*
Grasa Corporal (%)	12.0 (2.5)	26.1 (3.6)*

Tabla 1. Características físicas de los sujetos. Los datos son medias (\pm DE). *Mujeres significativamente diferentes de los hombres ($p < 0.05$)

La tasa de gasto energético (EE) aeróbico en kJ por minutos para las sesiones con cargas altas (100% de 8RM) y con cargas bajas (85% de 8RM) se muestra en la Figura 1 (valores en Kcal; hombres -100% 8RM 2.7 ± 0.8 , hombre - 85% 8RM 2.8 ± 1.5 , mujeres - 100% 8RM 2.3 ± 0.8 , mujeres - 85% 8RM 2.5 ± 0.7). Aunque los valores de los hombres tendieron a ser mayores que los de las mujeres, no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en la tasa absoluta de EE aeróbica entre los sexos o entre las intensidades. En gasto energético total de cada sesión en kJ se muestra en la Figura 2 (valores en Kcal; hombres - 100% 8RM 50.8 ± 15.3 , hombres - 85% 8RM 58.5 ± 31.3 , mujeres - 100% 8RM 42.2 ± 15.0 , mujeres - 85% 8RM 58.1 ± 17.0). Aunque la intensidad del 100% de 8RM resultó en un mayor trabajo realizado por ejercicio, la intensidad del 85% de 8RM estuvo acompañada por un mayor número de contracciones por serie, lo cual permitió igualar de forma aproximada la diferencia entre los entrenamientos, debida principalmente a la mayor cantidad de trabajo realizado y consecuentemente el mayor tiempo de ejercicio con la intensidad del 85% de 8RM. Estos resultados indican una intensidad promedio de ejercicio de aproximadamente 2-3 METS a lo largo de aproximadamente 19-23 minutos.

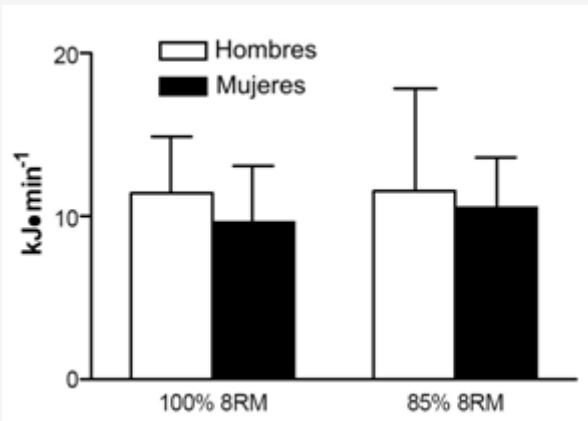


Figura 1. Tasa del gasto energético aeróbico (kJoules por minuto) para las mujeres y los hombres luego de completar las sesiones de entrenamiento de sobrecarga (100% de 8RM, 2 series de 8 repeticiones, tiempo total de trabajo, aproximadamente 19 minutos u 85% de 8RM, 2 series de 15 repeticiones, tiempo total de trabajo, aproximadamente 23 minutos). No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los sexos o entre las intensidades respecto de la tasa absoluta de gasto energético aeróbico.

El EE aeróbico relativo en Joules (J) por minuto por kilogramo de LBM por Unidad de Trabajo se muestra en la Figura 3 (valores en cal/kg LBM/min/U; hombres - 100% 8RM 3.4 ± 0.7 , hombres - 85% 8RM 2.3 ± 0.8 , mujeres - 100% 8RM 6.3 ± 1.9 , mujeres - 85% 8RM 4.7 ± 1.0). Las mujeres exhibieron un EE aeróbico relativo al tamaño corporal y al trabajo realizado significativamente mayor ($p < 0.02$) que los hombres tanto con la intensidad del 100% como con la intensidad del 85%. El ANOVA factorial multivarianza llevado a cabo con el sexo y la intensidad reveló que no hubo diferencias significativas en el EE absoluto o relativo entre los grupos (hombres -100% 8RM, hombres -85% 8RM, mujeres - 100% 8RM, mujeres - 85% 8RM). Esto sugiere que no hubo diferencias sistemáticas entre los sexos respecto de la cantidad de trabajo relativo a la masa magra corporal realizado durante los entrenamientos de sobrecarga.

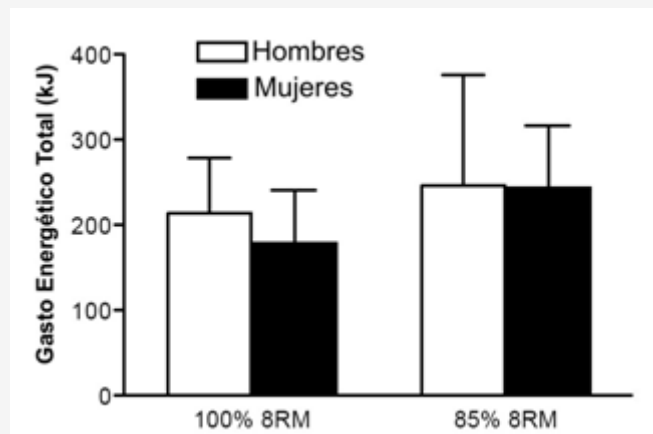


Figura 2. Gasto energético aeróbico total en hombres y mujeres durante las sesiones de entrenamiento con sobrecarga a intensidades del 100% y del 85% de 8RM (ver Figura 1 para detalles de la carga). No hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los sexos o entre las intensidades.

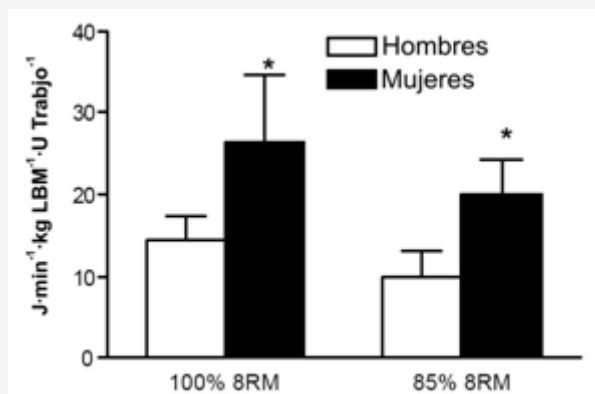


Figura 3. Gasto energético aeróbico relativo (en Joules por minuto por kg de masa magra corporal por unidad de trabajo). Las mujeres tuvieron un gasto energético aeróbico significativamente ($p < 0.02$) mayor tanto con la intensidad del 100% como con la intensidad del 85% de 8RM relativo al peso corporal y al trabajo total realizado (ver Figura 1 para detalles de la carga)

El VO_{2pico} promedio expresado como porcentaje del $VO_{2máx}$, para cada ejercicio con la intensidad del 100% de 8RM fue de $44.9 \pm 3.2\%$ para las hombres y de $57.6 \pm 6.1\%$ para las mujeres. Las mujeres tuvieron un VO_{2pico} promedio significativamente mayor que los hombres durante cada ejercicio de sobrecarga en comparación con los hombres ($p < 0.05$).

DISCUSION

El principal hallazgo del presente estudio es que las mujeres exhibieron un EE aeróbico, relativo a la masa magra corporal y al trabajo total realizado, significativamente mayor que los hombres. Esta diferencia estuvo presente tanto con la intensidad del 85% como con la intensidad del 100% de 8RM. Este hallazgo está respaldado por los datos del promedio de VO_{2pico} , los cuales también mostraron que las mujeres tuvieron un consumo de oxígeno relativamente mayor durante la realización de los ejercicios de sobrecarga (VO_{2pico} expresado como porcentaje del $VO_{2máx}$) en comparación con los hombres. Varios estudios previos que han utilizado ejercicios de sobrecarga han reportado datos separados del gasto energético aeróbico en hombres y mujeres (i.e. Ballor et al., 1989; Keul et al., 1990; Phillips and Ziuraitis, 2003). Estos estudios no han observado diferencias sexuales respecto del gasto energético aeróbico durante el entrenamiento de sobrecarga cuando los resultados fueron expresados como gasto energético en unidades absolutas (i.e., Kcal por minuto). En nuestro estudio estas diferencias tampoco fueron evidentes, cuando el gasto energético aeróbico de hombres y mujeres fue expresado en kJ por minuto. Sin embargo, este es el primer estudio en el cual se han comparado hombres y mujeres durante la realización de ejercicios de sobrecarga expresando los resultados del gasto energético aeróbico en términos relativos (i.e., joules por kg de peso corporal por unidades de trabajo). Cuando se tuvieron en cuenta las diferencias en el tamaño corporal y en el trabajo total realizado pudo observarse una diferencia entre los sexos.

Las razones del mayor gasto energético aeróbico relativo al tamaño corporal y al trabajo total realizado durante el entrenamiento de sobrecarga en las mujeres y en comparación con los hombres no pueden ser determinadas a partir de los datos del presente estudio. Sin embargo, estudios previos han señalado que las mujeres dependen del metabolismo aeróbico en mayor medida y que tienen un mayor gasto energético aeróbico que los hombres cuando realizan contracciones musculares a intensidades mayores al 50% de la contracción voluntaria máxima (MVC) (Kent-Braun et al., 2002). En este sentido, Kent-Braun et al (2002) han sugerido que esto puede deberse en parte a la concentración relativamente mayor de enzimas aeróbicas y a la concentración relativamente menor de enzimas glucolíticas en las mujeres que en los hombres (Kent-Braun et al., 2002). Además, los hombres tienen una dependencia relativamente mayor en la glucosa como combustible, y por lo tanto tienen un mayor potencial para la actividad anaeróbica a mayores intensidades de trabajo que las mujeres (Tarnopolsky et al., 1990). De esta manera, como se ha reportado previamente (Kent-Braun et al., 2002), es posible que las mujeres dependan más de la energía derivada por la vía aeróbica (y consecuentemente menos de la energía anaeróbica) mientras que los hombres dependen más de la energía derivada por vías anaeróbicas (y consecuentemente menos de la energía aeróbica) durante el entrenamiento de sobrecarga, cuando se controla el trabajo total y la masa magra corporal. Debido a que no hubo diferencias sistemáticas entre los hombres y las mujeres en la aptitud aeróbica ni en la experiencia en el entrenamiento de sobrecarga, parece improbable que estas diferencias en el gasto energético aeróbico puedan ser explicadas por diferencias en la aptitud física o en la experiencia entre los sexos.

Alternativamente, Mattei et al (1999) han sugerido que las mujeres desentrenadas tienen costo energético relativamente mayor cuando realizan contracciones musculares intensas que no está relacionado con diferencias sexuales en el metabolismo aeróbico o anaeróbico. Estos autores sugirieron que esto puede estar relacionado con una reducida eficiencia en la utilización de ATP durante las contracciones musculares en las mujeres desentrenadas en comparación con los hombres (Mattei et al., 1999). En este caso, tanto el gasto energético aeróbico como el anaeróbico, expresado en forma relativa a la LBM y al trabajo realizado, durante el entrenamiento de sobrecarga deberían ser mayor en las mujeres que en los hombres. Sin embargo, debido a que en el presente estudio solo hemos evaluado el gasto energético aeróbico, solo este último pudo haber sido evidente. Estas posibilidades deben ser estudiadas en futuras investigaciones, para discernir los mecanismos asociados con el relativamente mayor gasto energético aeróbico expresado en forma relativa a la LBM y al volumen de trabajo realizado por las mujeres durante el entrenamiento de sobrecarga. La contribución anaeróbica al rendimiento durante el levantamiento de pesas no pudo ser medida en forma directa en el presente estudio. No obstante, el metabolismo aeróbico durante la recuperación post ejercicio, puede ser en parte utilizado para la recuperación anaeróbica, i.e., resíntesis de los fosfatos de creatina (Gaesser and Brooks, 1984). De esta manera, la contribución del consumo de oxígeno medido durante los períodos de recuperación de 45 segundos entre las series y los ejercicios (incluido en el cálculo del gasto aeróbico total) podría al menos parcialmente dar cuenta del metabolismo anaeróbico incurrido durante los ejercicios de sobrecarga.

El otro hallazgo de este estudio fue que el gasto energético aeróbico durante el entrenamiento de sobrecarga promedió aproximadamente entre 10-12 kJ por min o solo aproximadamente 2-3 METS en ambos sexos y tanto con la intensidad del 85% de 8RM como con la intensidad del 100% de 8RM. Estos valores son significativamente menores a los reportados previamente en algunos estudios, los cuales señalaron aproximadamente el equivalente a 28-39 kJ por minutos de gasto energético aeróbico durante la realización de ejercicios con sobrecarga (originalmente reportados en Kcal) (Hickson et al., 1984; Scala et al., 1987; Ballor et al., 1989). Algunas de estas diferencias podrían deberse a que en los estudios previos se utilizaron entrenamientos en circuito (i.e. Ballor et al., 1989), atletas de elite de sexo masculino (i.e. Scala et al., 1987) en lugar de levantadores de pesas recreacionales o se utilizaron grandes muestras solo de sujetos de sexo masculino (Hickson et al., 1984). El gasto energético aeróbico reportado en el presente estudio es similar al reportado recientemente por Phillips y Ziuraitis (2003) (reportado como equivalentes metabólicos - METS) quienes utilizaron sujetos que realizaban entrenamientos de sobrecarga en forma recreacional de acuerdo a las pautas del Colegio Americano de Medicina del Deporte, tal como en el presente estudio. De esta manera, el gasto energético aeróbico promedio de 10-12 kJ por minuto reportado en el presente estudio sea probablemente una estimación más realista para sujetos que realizan entrenamientos de sobrecarga en forma recreacional con intensidades moderadas y con un índice de trabajo/pausa de 1:2

CONCLUSION

En conclusión, este estudio mostró que las mujeres tienen un gasto energético aeróbico significativamente mayor que los hombres durante la realización de ejercicios de sobrecarga y cuando el gasto energético es expresado en forma relativa a la masa magra corporal y al volumen total de trabajo realizado. El gasto aeróbico energético total de un programa de entrenamiento de sobrecarga estándar realizado por levantadores recreacionales es de aproximadamente 10-12 kJ por minuto o el equivalente a aproximadamente 2-3 METS a través de la sesión de entrenamiento.

REFERENCIAS

1. American College of Sports Medicine (1998). Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: 975-991
2. American College of Sports Medicine (2002). Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34: 364-380
3. Ballor, D.I., Becque, D. and Katch, V.I (1989). Energy output during hydraulic resistance circuit exercise for males and females. *Journal of Applied Sports Science Research* 3: 7-12
4. Durnin, J.V. and Wormsley, J (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition* 32: 77-97
5. Elia, M. and Livesey G (1992). Energy expenditure and fuel selection in biological systems: The theory and practice of calculations based on indirect calorimetry and tracer methods. *World Review of Nutrition and Diet* 70: 68-131
6. Fleck, S. J. and Kraemer, W. J (1997). Designing resistance training programs. 2nd edition. *Human Kinetics, Dubuque Ill*

7. Gaesser, G. and Brooks, G (1984). Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: A review. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16: 29-43
8. Hickson, J.F., Buono, M.J. Wilmore, J.H. and Constable, S.H (1984). Energy cost of weight training exercise. *National Strength and Conditioning Association Journal* 3:22-24.
9. Kent-Braun, J.A., Ng, A.V., Doyle, J.W. and Towse, T.F (2002). Human skeletal muscle responses vary with age and gender during fatigue due to incremental isometric exercise. *Journal of Applied Physiology* 93: 1813-1823
10. Kuehl, K., Elliot, D.L., and Goldberg, L (1990). Predicting caloric expenditure during multi-station resistance exercise. *Journal of Applied Sports Science Research* 4: 63-67
11. Mattei, J.P., Bendahan, D., Roussel, M., Lefur, Y. and Cozzone, P.J (1999). Gender modulates the energy cost of muscle contraction in untrained healthy subjects. A 31P magnetic resonance spectroscopy analysis. *Federation of European Biological Societies Letters* 450: 173-177
12. McConnell, T.R (1998). Cardiorespiratory assessment of apparently healthy populations. In: ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. Ed: Roitman J.L. et al. 3rd edition. Williams and Wilkins, Baltimore MD
13. Phillips W.T. and Ziaraitis, J.R (2003). Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17:350-355
14. Powers, S.K. and Howley, E.T (2001). Exercise Physiology: Theory and application to fitness and performance. 4th edition, McGraw-Hill, Boston MA
15. Scala, D., McMillan J., Blessing, D., Rozenek, R. and Stone, M (1987). Metabolic cost of a preparatory phase of training in weight lifting: a practical observation. *Journal of Applied Sports Science Research* 1: 48-52
16. Tarnopolsky, L.J., MacDougall J.D., Atkinson, S.A., Tarnopolsky M.A. and Sutton, J.R (1990). Gender differences in substrate for endurance exercise. *Journal of Applied Physiology* 68: 302-308

Cita Original

Beth Morgan, Sarah J. Woodruff and Peter M. Tiidus Aerobic Energy Expenditure During Recreational Weight Training In Females And Males. *Journal of Sports Science and Medicine* (2003) 2, 117-122