

Monograph

Exceso de Consumo de Oxígeno Post-Ejercicio

Rodrigo Ramírez Campillo¹

¹*Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad de los Lagos, Osorno, Chile.*

RESUMEN

El fenómeno de exceso de consumo de oxígeno post ejercicio se refiere al consumo de oxígeno por sobre los valores de reposo que se presenta luego de finalizada una sesión de ejercicio, consumo que tiene por finalidad retornar al cuerpo a su estado previo al ejercicio y que tiene una causa multifactorial. El exceso de consumo de oxígeno post ejercicio puede entenderse también como un gasto energético por sobre los valores de reposo luego de finalizada una sesión de ejercicio. El fenómeno puede estar influenciado por la intensidad del ejercicio (principalmente), la duración del ejercicio, la modalidad del ejercicio (continuo v/s intermitente - aeróbico v/s anaeróbico - tren superior v/s tren inferior), el estado de entrenamiento del sujeto y/o el género del sujeto. El exceso de consumo de oxígeno post ejercicio presentaría un componente interindividual importante, por lo que no todos los sujetos responderían de la misma manera frente al ejercicio. Se debe considerar su valor, en el largo plazo, con respecto al control y manejo del peso corporal.

Palabras Clave: gasto energético, metabolismo post ejercicio, intensidad del ejercicio, control del peso corporal

INTRODUCCION

Terminada una sesión de ejercicio, el metabolismo corporal (con su correspondiente gasto energético) no retorna inmediatamente a su nivel de reposo. Luego de un esfuerzo físico ligero y de corta duración, la recuperación procede rápidamente y desapercibida. Por otro lado, después del ejercicio de alta intensidad, como correr 800 metros a máxima velocidad, se requerirá de considerable tiempo para que el metabolismo corporal retorne a sus niveles de reposo. La variación de la recuperación después de ejercicio ligero, moderado o de alta intensidad, se debe a procesos metabólicos y fisiológicos específicos, presentes durante el ejercicio y/o después de este (McArdle, W., 2002).

El tópico del gasto energético post ejercicio es bastante popular entre los profesionales del fitness y la salud, los cuales suelen manejar conceptos básicos sobre el tema, pero la evidencia científica que dominan no suele ser muy extensa (en caso de conocerse). Debido a que estos profesionales requieren elaborar programas de ejercicio, y considerando las importantes implicancias del fenómeno del gasto energético post ejercicio en el ámbito de la salud y fitness, se cree pertinente presentar una revisión que tratará sobre el gasto energético post ejercicio y los factores que influyen sobre este, haciendo referencia a publicaciones científicas.

La presente revisión es de tipo cualitativa.

GASTO ENERGETICO POST EJERCICIO O EXCESO DE CONSUMO DE OXÍGENO POST EJERCICIO

El gasto energético post ejercicio, o las calorías gastadas (por sobre los valores de reposo) luego de finalizada una sesión de ejercicio, es un fenómeno que suele denominarse exceso de consumo de oxígeno post ejercicio (ECOPE) (McArdle, W., 2002). Esto representa el consumo de oxígeno por sobre los valores de reposo que se presenta luego de finalizada una sesión de ejercicio, consumo que tiene por finalidad retornar al cuerpo a su estado previo al ejercicio y que suele presentar un componente rápido y uno prolongado (McArdle, W., 2002). El componente rápido está representado por un ritmo rápido de descenso en el nivel de consumo de oxígeno luego de finalizar el ejercicio (Bangsbo, J., et al., 1990) y tradicionalmente se ha asociado a un reabastecimiento de las reservas de oxígeno (hemoglobina y mioglobina) y a la resíntesis de fosfágenos (ATP-PC) (Borsheim, E., Bahr, R., 2003; Hargreaves, M., 1995; McArdle, W., 2002). Por otro lado, el componente lento (o prolongado) esta representado por un ritmo lento de descenso en el nivel de consumo de oxígeno luego de finalizar el ejercicio (el componente lento podría manifestarse hasta por 24 horas - Gore, C.J., Withers, R.T., 1990; Quinn, T.J., et al., 1994) y estaría asociado a diversos mecanismos fisiológicos responsables por este incrementado metabolismo (entiéndase metabolismo como el conjunto de todas las reacciones químicas del cuerpo que liberan energía y que se puede medir mediante el consumo de oxígeno): remoción-oxidación de lactato por el metabolismo energético, resíntesis de lactato a glucógeno (Ciclo de Cori), ventilación incrementada, ritmo cardíaco incrementado, circulación incrementada, efecto termogénico debido a temperatura corporal incrementada, efecto termogénico debido a valores de catecolaminas por sobre los niveles previos al ejercicio, ritmo de ciclaje triglicérido/ácido graso incrementado y cambio en la fuente de sustrato energético desde los carbohidratos hacia los lípidos (Borsheim, E., Bahr, R., 2003; Hargreaves, M., 1995; McArdle, W., 2002).

Se ha señalado que la magnitud y duración del ECOPE es dependiente de la intensidad (Bahr, R., Sejersted, O.M., 1991) y de la duración del ejercicio, así como de su modalidad (continuo v/s intermitente - aeróbico v/s anaeróbico - tren superior v/s tren inferior). Para que el cuerpo pueda retornar a su estado metabólico previo al ejercicio, pueden transcurrir unos cuantos minutos o varias horas (incluso hasta 48 horas). Otros factores que influyen sobre el ECOPE incluyen el estado de entrenamiento y el género. Debe considerarse que varias diferencias metodológicas (actividad realizada por los sujetos durante el periodo post esfuerzo (sentado, acostado, parado); periodo de recolección de gases post ejercicio (10 minutos, 90 minutos, 24 horas, tiempo requerido hasta lograr retornar VO_2 a valores de reposo); instrumentos de medición empleados (calorimetría indirecta de circuito abierto - espirometría portable o técnica de la bolsa) y sus características de calibración, confiabilidad y validez; condiciones de los sujetos al momento de presentarse en el laboratorio (tiempo transcurrido desde la última comida, desde la última sesión de ejercicio de alta intensidad, desde la última ingestión de alcohol y/o cafeína) en los diferentes estudios publicados, podrían contribuir a la amplia variación de la magnitud y duración del ECOPE (no es la intención del artículo presentar una visión detallada de las diferentes consideraciones metodológicas que podrían haber provocado diferencias entre estudios. Si el lector está interesado en profundizar con respecto a los aspectos metodológicos más detallados de un estudio en particular, podría considerar recurrir a las referencias bibliográficas señaladas en esta revisión).

INTENSIDAD DEL EJERCICIO

La intensidad con la cual se ejecute una sesión de ejercicio (aeróbico), sería la variable que, individualmente, tendría el mayor impacto sobre el ECOPE. A medida que la intensidad de ejercicio es mayor, la magnitud y la duración del ECOPE se incrementan. Por tanto, mientras mayor la intensidad, mayor el ECOPE y mayor el gasto calórico posterior al ejercicio.

Un grupo de 6 sujetos varones sanos ejercitaron sobre cicloergómetro, en días separados, durante 80 minutos, frente a intensidades equivalentes al 29%, 50% y 75% del $VO_{2m\acute{a}x}$. (Bahr, R., Sejersted, O.M., 1991). Se midió el consumo de oxígeno en reposo, mientras los sujetos descansaban en cama por 14 horas, tanto en condición control (sin haber realizado ejercicio previo) como en condición experimental (post ejercicio). Frente al 29% del $VO_{2m\acute{a}x}$ el ECOPE se mantuvo durante 0.3 ± 0.1 horas, alcanzando una magnitud de 1.3 ± 0.46 L. Frente al 50% del $VO_{2m\acute{a}x}$, el ECOPE se mantuvo durante 3.3 ± 0.7 horas, alcanzando una magnitud de 5.7 ± 1.7 L. Frente al 75% del $VO_{2m\acute{a}x}$ el ECOPE se mantuvo durante 10.5 ± 1.6 horas, alcanzando una magnitud de 30.1 ± 6.4 L. Ya sea frente al 50% o al 75% del $VO_{2m\acute{a}x}$, el ECOPE fue significativo ($p < 0.05$), no así frente al 29% del $VO_{2m\acute{a}x}$. Considerando que por cada litro de oxígeno consumido se presentaría un gasto energético equivalente a 5 calorías (Wilmore et al., 1994; Ramírez, R., 2007), frente a la mayor intensidad los sujetos habrían alcanzado un gasto energético post ejercicio equivalente a 150.5 calorías, aunque esta cifra podría variar en dependencia del estado nutricional del sujeto (Lamb, D., 1985). Cabe señalar que luego de finalizada la serie de ejercicio

de mayor intensidad, la duración del ECOPE fue significativamente mayor vs. las series de ejercicio de menor intensidad (10.5 horas vs 0.3 y 3.3 horas para las series realizadas al 75%, 29% y 50% del $\text{VO}_2\text{máx}$, respectivamente - $p < 0.05$). Por tanto, este estudio sugiere la necesidad de intensidades elevadas para inducir una activación de los procesos metabólicos responsables del ECOPE (componente prolongado). En otro estudio, 8 mujeres eumenorreicas, físicamente activas, de entre 22 y 31 años de edad, fueron sometidas a ejercicio sobre cicloergómetro hasta completar 500 calorías, bajo dos condiciones experimentales: ejercicio al 50% del $\text{VO}_2\text{máx}$ vs. ejercicio al 75% del $\text{VO}_2\text{máx}$ (Phelian, J.F, et al., 1997). Ambas condiciones experimentales fueron comparadas con una condición control (1 hora sentadas). Durante 3 horas post condiciones experimentales (y control) se midió el gasto energético a través de calorimetría indirecta, al igual que el consumo de oxígeno, la oxidación de carbohidratos y la oxidación de grasas. La condición experimental de alta intensidad indujo un ECOPE de 9.0 ± 1.7 L (41 calorías), mientras que la condición experimental de baja intensidad solo indujo un ECOPE de 4.8 ± 1.6 L (22 calorías) (diferencia significativa entre condiciones - $p < 0.05$). El ECOPE se manifestó al final de las 3 horas post ejercicio solo en la condición experimental de alta intensidad ($p < 0.05$). La oxidación de carbohidratos total (considerando el periodo de ejercicio y el periodo de 3 horas posterior al ejercicio), fue significativamente superior en la condición experimental de alta intensidad vs. condición experimental de baja intensidad (116.0 ± 8.6 g vs 85.0 ± 5.2 g, $p < 0.05$). La oxidación de grasas total (ejercicio + periodo post ejercicio) no mostró diferencias significativas entre las dos condiciones experimentales, pero durante las 3 horas posteriores al ejercicio la oxidación de grasas fue significativamente superior ($p < 0.05$) después del ejercicio al 75% del $\text{VO}_2\text{máx}$. Por tanto, este estudio sugiere que además del efecto superior de una elevada intensidad de ejercicio sobre el gasto energético post ejercicio, el ejercicio de alta intensidad también permitiría una mayor oxidación de lípidos durante este periodo. En otro estudio, 8 varones y 8 mujeres fueron sometidos a intensidades del 40%, 50% y 70% del $\text{VO}_2\text{máx}$. (Smith, J., McNaughton, L., 1993). Frente a las tres intensidades se encontró una duración significativa de ECOPE vs. situación control ($p < 0.05$). En el caso de los varones, el ECOPE alcanzó los 31.2 min, 42.1 min y 47.6 min, para las intensidades correspondientes al 40%, 50% y 70% del $\text{VO}_2\text{máx}$, respectivamente. En el caso de las mujeres, el ECOPE alcanzó los 26.9 min, 35.6 min y 39.1 min, para las intensidades correspondientes al 40%, 50% y 70% del $\text{VO}_2\text{máx}$, respectivamente. De las tres intensidades, la equivalente al 70% del $\text{VO}_2\text{máx}$ fue la que provocó la mayor magnitud de ECOPE ($p < 0.05$), registrándose un valor de 28,1 litros en varones y 24,3 litros en mujeres. Todas las mediciones de consumo de oxígeno se realizaron mediante sistema de espirometría de circuito abierto.E

Los estudios previamente señalados indicarían que el ECOPE podría contribuir de manera significativa al gasto energético total después de realizar ejercicio de elevada intensidad, pero parece que esto variaría en cierta medida entre diferentes sujetos. Así, 6 sujetos sanos fueron sometidos a tres condiciones de estudio: control, 10 minutos de ejercicio al 80% del $\text{VO}_2\text{máx}$ y 30 minutos de ejercicio al 80% del $\text{VO}_2\text{máx}$ (Elliot, D.L., et al., 1988). Se midió el ritmo metabólico mediante calorimetría indirecta durante 90 minutos post ejercicio, reportándose un gasto energético similar (sin diferencias significativas) en ambas situaciones de ejercicio (11.4 ± 71 calorías). Los autores concluyeron que el mayor gasto energético del ejercicio se presenta durante este y que el gasto energético post ejercicio solo resulta en una pequeña contribución al uso total de energía. Por otra parte, se ha señalado que 10 varones triatletas reportaron un ECOPE de tan solo 29 calorías luego de 20 minutos de ejercicio al 75% del $\text{VO}_2\text{máx}$. (Sedlock, D.A., et al., 1989), pero a pesar de estos valores relativamente bajos (pero estadísticamente diferentes vs. condición basal - $p < 0.05$), los autores señalaron que el ECOPE podría tener cierto valor, en el largo plazo, para el control del peso corporal.

En resumen, los datos claramente señalan a la intensidad del ejercicio como un factor clave que determinaría la magnitud y duración del ECOPE luego de realizar ejercicio aeróbico. Por tanto, cuando se desarrollen prescripciones de ejercicio cardiorrespiratorio con la finalidad de manejar posibles alteraciones de peso corporal graso, la influencia de la intensidad del ejercicio sobre el ECOPE, y su potencial contribución al gasto energético total, debería ser tomada en consideración, aunque aún se requieren de más investigación en este sentido, pues no existe evidencia sobre el efecto del ECOPE en la modificación del peso corporal en el largo plazo.

Finalmente, la relación entre intensidad del ejercicio y magnitud de ECOPE presentaría una relación de tipo más bien curvilínea (Borsheim, E., Bahr, R. 2003). Se debe considerar que se requiere una intensidad umbral para inducir un ECOPE significativo (Bahr, R., Sejersted, O.M., 1991). Por esto, frente a intensidades bajas, el ECOPE sería relativamente bajo, pero, una vez alcanzado este umbral, mientras mayor es la intensidad (sobre todo después del 50-55% del $\text{VO}_2\text{máx}$), el ECOPE se incrementaría de manera exponencial, lo cual podría deberse a que mientras mayor es la intensidad del esfuerzo, mayor es a alteración (exponencial) de las variables responsables del ECOPE (Borsheim, E., et al., 1998; McArdle, W., 2002).

DURACION DEL EJERCICIO

La investigación reporta de manera consistente una relación directa entre la duración del ejercicio y el ECOPE. Dos hombres y tres mujeres fueron sometidos a 30, 45 y 60 minutos de ciclismo, frente a una intensidad del 70% del $VO_{2\text{máx}}$. (Chad, K.E., Wenger, H.A., 1988). El ECOPE se mantuvo durante 128, 204 y 455 minutos luego de los 30, 45 y 60 minutos de ejercicio, respectivamente. La magnitud del ECOPE alcanzó los 6.6 litros, 14.9 litros y 33 litros luego de los 30, 45 y 60 minutos de ejercicio, respectivamente. Tanto la duración como la magnitud del ECOPE alcanzaron significancia estadística en las 3 condiciones, pero entre las 3 condiciones, la tercera (60 minutos) fue la que indujo un ECOPE significativamente superior ($p < 0.05$) a las otras dos. Los datos enfatizan la importancia de extender la duración del ejercicio para elevar el costo energético durante el periodo posterior al ejercicio. En otro estudio, 8 mujeres entrenadas ($VO_{2\text{máx}}$ 47.6 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 30.2 años de edad; peso 58.7 kg; talla 165.6 cm) fueron sometidas a 20, 40 y 60 minutos de caminata sobre tapiz rodante, frente a una intensidad equivalente al 70% del $VO_{2\text{máx}}$. en cada ocasión (Quinn, T.J., et al., 1994). Luego de finalizado el ejercicio, las mujeres permanecieron sentadas tranquilamente y se midió el consumo de oxígeno cada 15 minutos, durante un periodo de 3 horas. La misma medición tuvo lugar en condición de reposo. El ECOPE se calculó como la diferencia entre el consumo de oxígeno observado durante la condición reposo vs. la condición ejercicio. Se observó que durante el periodo de 3 horas posterior al ejercicio el ECOPE fue significativo para las 3 duraciones, pero fue significativamente superior después de los 60 minutos vs 20 o 40 minutos (15.2 litros, 8.6 litros y 9.8 litros, respectivamente - $p < 0.05$). En otro estudio, 6 hombres sanos fueron sometidos a 20, 40 y 80 minutos de ejercicio sobre cicloergómetro, frente a una intensidad equivalente al 70% del $VO_{2\text{máx}}$. (Bahr, R., et al., 1987). Se midió el consumo de oxígeno post esfuerzo mientras los sujetos permanecían en cama durante 24 horas y se comparó con el consumo de oxígeno obtenido durante el mismo periodo de tiempo, pero luego de no haber realizado ejercicio. Para las tres duraciones se observó un ECOPE significativo durante un periodo de 12 horas posterior al ejercicio, pero no a las 24 horas. La magnitud del ECOPE alcanzó los 11.1 litros, 14.7 litros y los 31.9 litros para los 20, 40 y 80 minutos, respectivamente, siendo significativamente superior en la tercera condición (80 minutos) vs las otras dos condiciones de ejercicio ($p < 0.05$). También se reportó que la proporción de intercambio respiratorio disminuyó de manera lineal en relación a la duración del ejercicio entre las 2 y las 24 horas posteriores al ejercicio.

Por tanto, estos estudios sugieren que la duración del ejercicio es un importante factor que influye sobre el ECOPE. Finalmente, la relación entre duración del ejercicio y magnitud de ECOPE sería de tipo más bien lineal (Borsheim, E., Bahr, R. 2003).

INTENSIDAD Y DURACION DEL EJERCICIO

Varios estudios han investigado los efectos del ejercicio de alta intensidad y de larga duración sobre el ECOPE. En una oportunidad 8 varones sanos fueron sometidos a 80 minutos de ejercicio, frente a una intensidad equivalente al 70% $VO_{2\text{máx}}$. (Maehlum, S., et al., 1986). Después del ejercicio los sujetos reposaron en cama durante 24 horas, midiéndose el consumo de oxígeno continuamente durante la primera hora post ejercicio y luego cada hora durante 11 horas y luego a las 24 horas. La misma medición de consumo de oxígeno se llevó a cabo, pero luego de que los sujetos hubiesen descansado en lugar de ejercitar (situación control). En comparación a situación control, después del ejercicio los sujetos mostraron un ECOPE superior ($p < 0.05$) en cada uno de los momentos de medición. El consumo de oxígeno total después del ejercicio alcanzó los 211 L en situación experimental vs 185 L en situación control ($p < 0.001$), indicando un ECOPE de 26 litros entre situación experimental vs control. A las 24 horas post ejercicio, el ECOPE era de un 5% ($p < 0.05$). Los autores también reportaron que el consumo de oxígeno, después de la primera comida post ejercicio, se incremento significativamente más en situación experimental vs situación control ($p < 0.05$). La proporción de intercambio respiratorio fue menor en situación experimental vs situación control ($p < 0.05$). En otro estudio, 8 hombres entrenados (26 años; $VO_{2\text{máx}}$ 65.0 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; 10.3% grasa corporal) fueron sometidos a 35 km de carrera, equivalente a 160 minutos de ejercicio al 70% del $VO_{2\text{máx}}$ (Withers, R.T., et al., 1991). Durante un periodo de 8 horas post esfuerzo los sujetos alcanzaron un ECOPE de 32.37 litros ($p < 0.0005$ vs. control), presentando además una proporción de intercambio respiratorio menor, junto con un mayor nivel plasmático de ácidos grasos no esterificados, glicerol y cuerpos cetónicos ($p < 0.05$ vs control). A las 24 horas post ejercicio el ECOPE ya no era significativo, aunque a las 12 horas si lo era, ya sea expresado en litros ($p < 0.0005$) o kilocalorías ($p < 0.001$). El estudio reporta valores de ECOPE que podrían considerarse una contribución importante al gasto energético global.

Al parecer las sesiones de ejercicio que combinan una alta intensidad y una duración prolongada del esfuerzo son las que reportarían, en forma consistente, los valores más elevados de ECOPE (Nieman D.C., 1998).

MODALIDAD DEL EJERCICIO

Ejercicio Intermitente vs Ejercicio Continuo

El ejercicio intermitente podría inducir un mayor ECOPE vs ejercicio continuo. En un estudio, 8 varones entrenados (21 años de edad; 67.8 kg; VO_2 máx 69.2 mL·kg⁻¹·min⁻¹) fueron sometidos a carrera continua (30 minutos al 70% del VO_2 máx) y a carrera intermitente (20 series de 1 minuto al 105% del VO_2 máx, con 2 minutos de pausa entre series) (Laforgia, J., et al., 1997). Se midió el consumo de oxígeno continuamente finalizado el esfuerzo, durante 25 minutos, mediante sistema automatizado de calorimetría indirecta. Los autores reportaron un ECOPE significativamente superior ($p < 0.001$) luego del ejercicio intermitente: 15 L vs 6,9 L. Estos valores representan un 7.1% y 13.8% del consumo de oxígeno total neto (consumo de oxígeno sobre los valores de reposo durante el periodo de ejercicio y durante el periodo de medición posterior al ejercicio). Los autores señalaron que si bien el ejercicio intermitente induciría un mayor ECOPE v/s ejercicio continuo, ambas modalidades de ejercicio podrían contribuir a un balance energético negativo principalmente mediante el gasto energético obtenido durante el ejercicio, no durante el periodo posterior a este. En otro estudio, 6 mujeres fueron sometidas a dos condiciones experimentales (Kaminsky, L.A., et al., 1990). En la condición experimental N° 1 las mujeres realizaron 50 minutos de carrera al 70% del VO_2 máx. En la condición experimental N° 2 las mujeres realizaron 2 × 25 minutos de carrera al 70% del VO_2 máx. En las tres series de ejercicio el ECOPE se mantuvo durante 30 minutos ($p < 0.05$ vs control). En la condición experimental N° 1 se alcanzó un gasto energético post ejercicio equivalente a 6.39 calorías, mientras que al sumar el gasto energético post ejercicio alcanzado después de la realización de las dos series de 25 minutos, se reportó un total de 13.88 calorías, observándose una diferencia significativa entre condiciones experimentales ($p < 0.001$). Si bien las diferencias serían significativas, la diferencia absoluta es relativamente pequeña cuando se piensa en términos de lograr un balance energético negativo. En otro estudio, 10 varones voluntarios (23 años de edad) participaron en 2 condiciones experimentales (Almuzaini, K.S., et al., 1998). En la primera los sujetos ejercitaban 30 minutos sobre cicloergómetro, al 70% del VO_2 máx y luego se media el ECOPE durante 40 minutos. En la segunda los sujetos realizaban 2 series de 15 minutos de ejercicio sobre cicloergómetro, al 70% del VO_2 máx, en donde existía una separación de 6 horas entre series y se media el ECOPE durante 20 minutos después de cada serie. La magnitud del ECOPE alcanzó los 7,4 litros frente a ejercicio intermitente (sumando el ECOPE de los dos periodos de 20 minutos) vs 5.3 litros frente a ejercicio continuo ($p < 0.05$ entre condiciones).

Ejercicio Aeróbico vs Ejercicio Anaeróbico

El entrenamiento con sobrecarga (ECS) podría inducir una respuesta de ECOPE considerable. En un estudio, varones de entre 22-35 años de edad fueron sometidos a tres tratamientos diferentes: ECS de alta intensidad (10 ejercicios, 5 series/ejercicio, 8-12 repeticiones/serie, 70% 1RM), ejercicio aeróbico (60 minutos al 50% del VO_2 máx) y condición control (sentarse) (Gillette, C.A., et al., 1994). Los tratamientos con ejercicio procuraron inducir un similar gasto energético durante la sesión de ejercicio. El ECS de alta intensidad indujo un ECOPE significativamente superior v/s los otros dos tratamientos ($p < 0.05$). El ECOPE se manifestó incluso 14,5 horas post ECS ($p < 0.05$ vs. control), lo cual no ocurrió con el tratamiento aeróbico. La proporción de intercambio respiratorio disminuyó post ECS, pero solamente durante 60 minutos ($p < 0.05$ vs. control). En otro estudio, 9 voluntarios se sometieron a 4 situaciones de experimentación: 1) 40 minutos de ejercicio sobre cicloergómetro al 80% del ritmo cardíaco máximo, 2) 40 minutos de ECRE tipo circuito (4 circuitos, 8 ejercicios/circuito, 15 repeticiones/ejercicio, 50% 1-RM), 3) 40 minutos de ECS de alta intensidad (8 ejercicios, 3 series/ejercicio, 3-8 repeticiones/serie, 80-90% 1-RM), 4) control (Elliot, D.L., et al., 1992). Se utilizó una multimáquina Universal para las dos modalidades de ECS. Si bien los tres tipos de ejercicio incrementaron significativamente ($p < 0.01$) el ritmo metabólico post ejercicio, las dos modalidades de ECS lo incrementaron significativamente ($p < 0.05$) más vs ejercicio aeróbico (51, 49 y 32 calorías para ECS de alta intensidad, ECS tipo circuito y ejercicio aeróbico, respectivamente). ECS de alta intensidad ha demostrado inducir un ECOPE superior vs un ECS de baja intensidad (Borsheim, E., Bahr, R. 2003), considerando que ambos entrenamientos involucraron el mismo trabajo total. Al respecto, 14 mujeres fueron sometidas a ECS de baja intensidad (9 ejercicios, 2 series/ejercicio, 15 repeticiones/serie, 45% 8-RM) y a ECS de alta intensidad (9 ejercicios, 2 series/ejercicio, 8 repeticiones/serie, 85% 8-RM), en donde se mantuvo constante el trabajo total para ambos tratamientos (Thornton, M.K., Potteiger, J.A., 2002). Durante el ejercicio no se observó una diferencia en el consumo de oxígeno entre tratamientos, aunque el ritmo cardíaco y la ventilación fueron superiores para el ECS de alta intensidad ($p < 0.05$). El índice de intercambio respiratorio fue mayor durante ECS de alta intensidad ($p < 0.05$), pero no hubo diferencias en el periodo post ejercicio. El ECOPE alcanzó un equivalente calórico de 55 calorías luego del ECS de alta intensidad y 11 calorías para el ECS de baja intensidad ($p < 0.001$ entre condiciones). Por otro lado, en un estudio se comparó ECS tradicional (6 ejercicios, 3 series/ejercicio, repeticiones hasta la fatiga muscular, 80% 1RM, 120 segundos de pausa entre series) y ECS tipo circuito (3 circuitos, 6 ejercicios/circuito, 10-12 repeticiones/ejercicio, 50% 1RM, 30 segundos de pausa entre ejercicios). El trabajo total en ambas modalidades de ECS fue el mismo, sin embargo el ECS tipo circuito indujo un ECOPE significativamente mayor vs el ECS tradicional (5 litros v/s 2.7 litros) (Murphy, E., Swartzkopf, R., 1992, citado por Deakin, G.D., 2004). Por tanto, los datos sugieren que el ECOPE es influenciado de manera variada por

la intensidad del ECS.

Ejercicio con el Tren inferior vs Ejercicio con el Tren Superior

Ocho sujetos (4 hombres y 4 mujeres) fueron sometidos a 20 minutos de ejercicio al 60% del VO_2 máx. específico para tren inferior y tren superior (cicloergómetro y ergómetro para brazos, respectivamente) (Sedlock, D.A., 1991). Se midió el VO_2 en los últimos 15 minutos de un periodo de 45 minutos en donde los sujetos debían permanecer sentados tranquilamente. El VO_2 se midió continuamente post ejercicio hasta que los valores basales fuesen alcanzados. Frente a ejercicio con tren superior el ECOPE alcanzó las 9.2 kcal, mientras que frente a ejercicio con tren inferior el ECOPE alcanzó las 10.4 kcal, no observándose diferencia significativa entre los valores. Por tanto, los resultados del estudio sugieren que el ECOPE se relacionaría principalmente con el ritmo metabólico relativo de los músculos sometidos a actividad y no con el monto absoluto de VO_2 alcanzado o cantidad de musculatura utilizada. Sin embargo, el estudio no igualó el monto total de energía utilizada durante el ejercicio de tren superior vs inferior. Esta aparente limitación (además de la posible influencia de variaciones en el ECOPE debido a la etapa del ciclo menstrual de las mujeres) fue superada cuando 10 varones no entrenados fueron sometidos a ejercicio con tren superior (ergómetro para brazos) y a ejercicio con tren inferior (cicloergómetro), frente al 60% del VO_2 máx específico para cada modalidad, hasta que alcanzaran un gasto energético de 200 kcal en ambas oportunidades (Lyons, S., et al., 2007). Se midió el consumo de oxígeno de reposo durante 30 minutos y luego se midió continuamente durante el periodo post ejercicio hasta que valores de reposo de consumo de oxígeno fueron alcanzados. A diferencia del estudio señalado anteriormente, el ECOPE fue significativamente superior luego del ejercicio con tren inferior (2.93 litros vs 1.89 litros, $p < 0.05$). Por tanto, parece ser que cuando se equipara según gasto energético total durante el ejercicio efectuado a una misma intensidad relativa (específica para tren inferior y superior), el ejercicio con tren inferior induciría un mayor ECOPE. Se ha señalado que esto podría deberse a una mayor presencia relativa de mitocondrias en tren inferior vs superior.

En resumen, parece ser que las modalidades de ejercicio aeróbico intermitente y de ejercicio anaeróbico (intermitente o ECS) inducen un mayor ECOPE vs ejercicio aeróbico continuo, considerando que se iguale el gasto energético entre modalidades. Aún no es totalmente claro el rol de la intensidad del ECS (determinada en base al porcentaje de 1-RM) sobre el ECOPE. Con respecto al ejercicio con tren inferior v/s ejercicio con tren superior, parece ser que al igualar el gasto energético total alcanzado durante el ejercicio efectuado a una misma intensidad relativa (específica para tren superior y para tren inferior), el ejercicio con tren inferior induciría un mayor ECOPE.

ESTADO DE ENTRENAMIENTO

El estado de entrenamiento de un individuo también podría tener un efecto sobre el ECOPE. Los estudios no son concluyentes, pero sugieren que los sujetos entrenados se recuperan más rápido que los sujetos no entrenados. Una de las razones para las inconsistencias encontradas en la literatura dice relación con la dificultad que se tiene para equiparar la intensidad del ejercicio y el trabajo total realizado por sujetos entrenados vs no entrenados. Por ejemplo, si un sujeto entrenado ejercita al 70% de su VO_2 máx ($60 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) y se compara con un sujeto no entrenado que también ejercita al 70% de su VO_2 máx ($45 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), ambos estarán siendo sometidos a la misma intensidad relativa (70%), pero el sujeto entrenado estaría generando mucha más energía, debido a un mayor consumo de oxígeno absoluto ($42 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ vs $31 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). En un estudio, 12 sujetos entrenados (VO_2 máx $53.3 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) y 12 sujetos no entrenados (VO_2 máx $37.4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) fueron sometidos a 30 minutos de ejercicio sobre cicloergómetro, a un 70% del VO_2 máx (W70%) y también frente a una intensidad equivalente a un consumo de oxígeno de 1.5 L/min (W1.5) (Short, K.R., Sedlock, D.A., 1997). Los sujetos entrenados mostraron un ECOPE significativamente ($p < 0.05$) de menor duración vs. los sujetos no entrenados (40 min vs. 50 min frente a W70% para entrenados vs. no entrenados, respectivamente y 21 min vs. 39 min frente a W1.5 para entrenados vs. no entrenados, respectivamente), pero ambos grupos de sujetos mostraron similar magnitud de ECOPE (3.2 litros frente a W70% y 1.5 litros frente a W1.5 para entrenados vs. 3.5 litros frente a W70% y 2.4 litros frente a W1.5 para no entrenados). Es interesante notar que frente a W70 ambos grupos hayan presentado igual magnitud de ECOPE, lo cual se podría deber a la más rápida disminución del ECOPE durante la fase temprana de recuperación en los sujetos entrenados, lo que podría indicar un efecto adaptativo en este tipo de sujetos, que les aportaría una cierta ventaja durante situaciones competitivas. Se debe considerar que una recuperación prolongada entre intervalos de ejercicio influiría negativamente sobre el rendimiento en deportes tales como el básquetbol, fútbol, tenis, hockey y bádminton (McArdle, W., 2002), los cuales dependen de manera importante de los esfuerzos intermitentes de alta intensidad (Bosco, C., 1996), para los cuales se obtiene energía desde las reservas de fosfágenos (como el ATP y PC), además de la posible utilización de las reservas de oxígeno (mioglobina-hemoglobina) (McArdle, W., 2002). Estas reservas se agotarían rápidamente durante el esfuerzo de alta intensidad (McArdle, W., 2002), por lo que su rápida recuperación ofrecería ventajas competitivas al deportista. Una rápida disminución del ECOPE podría estar indicando una más rápida recuperación de las reservas de

ATP, PC, mioglobina y hemoglobina (Borsheim, E., Bahr, R., 2003; Hargreaves, M., 1995; McArdle, W., 2002), lo cual contribuiría a las posibilidades competitivas del deportista. Además, una rápida disminución del ECOPE permitiría que una mayor proporción del oxígeno consumido fuera destinado hacia los músculos implicados en la actividad competitiva. En definitiva, el estudio demuestra una acelerada regulación del metabolismo post ejercicio (de la misma intensidad absoluta o relativa), en sujetos con elevado nivel de aptitud física. En otro estudio, 6 mujeres entrenadas y 6 mujeres no entrenadas fueron sometidas a dos tratamientos experimentales: 1) ejercicio de baja intensidad (65% VO₂máx) y larga duración o 2) ejercicio de alta intensidad (80% VO₂máx) y corta duración (Frey, G.C., et al., 1993). La duración del ejercicio estaba determinada por el tiempo necesario para alcanzar un gasto energético equivalente a 300 calorías. Se reportó que las mujeres entrenadas lograban alcanzar el gasto energético de 300 calorías en 30 y 23 minutos, para la condición experimental 1 y 2, respectivamente, lo cual fue más rápido vs. mujeres no entrenadas (45 y 30 minutos, para la condición experimental 1 y 2, respectivamente). Se reportó que, cuando se considera la duración total del periodo de recuperación (60 min), solo las mujeres no entrenadas mostraron una magnitud significativa ($p < 0.05$) de ECOPE, frente a ambas intensidades de ejercicio. Pero cuando se consideran solo los primeros 10 minutos de recuperación, las mujeres entrenadas muestran una magnitud de ECOPE significativamente ($p < 0.05$) superior a las mujeres no entrenadas, en ambas condiciones experimentales. Si bien el estudio demuestra un ECOPE de mayor magnitud durante los primeros 10 minutos de recuperación (fase rápida del ECOPE), las mujeres entrenadas ejercitaron frente a una mayor intensidad absoluta de VO₂ vs. mujeres no entrenadas. Por tanto, las mujeres entrenadas iniciaron el periodo de recuperación con un consumo de oxígeno superior vs. mujeres no entrenadas, lo cual habría provocado la mayor magnitud de ECOPE antes señalada. En otro estudio, 9 hombres entrenados (VO₂máx 63.0 mL·kg⁻¹·min⁻¹; 10.6% grasa corporal) fueron sometidos a 20, 50 y 80 minutos de ejercicio, efectuados al 30%, 50% y 70% del VO₂máx., de manera contrabalanceada (todos los sujetos fueron sometidos a 9 condiciones experimentales en total) (Gore, C.J., Withers, R.T., 1990). Se calculó el ECOPE durante un periodo de 8 horas posterior al esfuerzo y se comparó con valores obtenidos en situación control (9.3 horas). Se alcanzó un valor máximo de ECOPE de 14.6 litros luego de los 80 minutos de ejercicio ejecutados al 70% del VO₂máx. Este valor podría considerarse relativamente pequeño al compararlo con los señalados en otros estudios, en donde se utilizaron intensidades y duraciones similares de ejercicio (26 litros en Maehlum, S., et al., 1986; 30 litros en Bahr, R., Sejersted, O.M., 1991; 30 litros en Chad, K.E., Wenger, H.A., 1988), pero en sujetos sedentarios. El consumo de oxígeno total neto (consumo de oxígeno sobre los valores de reposo durante el periodo de ejercicio y durante el periodo de medición posterior al ejercicio) varió entre las 9 condiciones experimentales, siendo el valor mas bajo de 20.48 litros (20 minutos - 30% VO₂máx) y el mas alto de 237.17 litros (80 minutos - 70% VO₂máx). Del consumo de oxígeno total neto, el ECOPE representó solo entre 1.0% y 8.9% ($X = 4.8\%$), indicando que en sujetos bien entrenados el ECOPE representaría un porcentaje muy pequeño del consumo de oxígeno total neto alcanzado con ejercicio.

En resumen, los sujetos con elevado nivel de aptitud aeróbica, suelen presentar una respuesta de ECOPE mas baja vs sujetos no entrenados. Pero se debe señalar que en condiciones normales de entrenamiento los sujetos entrenados suelen alcanzar valores de intensidad y duración de entrenamiento muy elevadas (más elevadas que las utilizadas en condiciones experimentales, y que resultarían muy difíciles de alcanzar por personas no entrenadas), por lo que se esperaría que, a pesar de que los sujetos entrenados parecen poseer una velocidad de recuperación de ECOPE superior, la magnitud de su ECOPE podría ser todavía bastante prominente.

Finalmente, es posible que los sujetos entrenados vs los sujetos no entrenados, alcancen un mayor porcentaje de su consumo de oxígeno total neto durante la fase de ejercicio vs la fase de recuperación, indicando una relativamente menor importancia del gasto energético post ejercicio en sujetos entrenados vs no entrenados.

GENERO

La existencia de diferencias morfológicas y fisiológicas entre géneros es comúnmente aceptada (Lewis, D.A., 1986). El género es un factor que puede influir sobre el ECOPE, pero su efecto aún no se ha podido aclarar (Borsheim, E. y Bahr, R. 2003). Hombres y mujeres no mostraron diferencias de ECOPE luego de ser sometidos a 30 minutos de ejercicio sobre cicloergómetro, ya sea a una intensidad relativa equivalente al 70% del VO₂máx o frente a una intensidad equivalente a un consumo de oxígeno absoluto de 1.5 L/min (Short, K.R., Sedlock, D.A., 1997). Utilizando otra aproximación comparativa, un grupo de hombres y mujeres con sobrepeso/obesidad fueron sometidos a 16 meses de entrenamiento (la carga de entrenamiento se incrementó progresivamente durante las primeras 26 semanas, hasta alcanzar una frecuencia de 5 sesiones/semana, con una duración de 45 minutos/sesión y con una intensidad equivalente al 75% de la frecuencia cardíaca de reserva) (LeCheminant, J.D, et al., 2008). Se midió el ECOPE después de una sesión de ejercicio (caminata), tanto antes como también después del periodo de 16 meses de entrenamiento. Al finalizar el periodo de entrenamiento, se pudo observar que los varones incrementaron significativamente ($p < 0.05$) su ECOPE luego de finalizada la sesión de ejercicio, mientras que las mujeres no lo hicieron. Las mediciones de ECOPE se realizaron durante 3 horas post ejercicio, mediante

calorimetría indirecta. En otro estudio, 8 varones y 8 mujeres fueron sometidos a sesiones de ejercicio de diversa intensidad (40%, 50% y 70% del $\text{VO}_2\text{máx}$). (Smith, J., McNaughton, L., 1993). Frente a las tres intensidades se encontró una duración menor de ECOPE en las mujeres, pero no se reportaron diferencias significativas entre sexos. De las tres intensidades, la equivalente al 70% del $\text{VO}_2\text{máx}$ fue la que provocó la mayor magnitud de ECOPE, registrándose un valor de 28.1 litros en varones y 24.3 litros en mujeres. Se ha señalado que el ECOPE podría ser independiente de la intensidad del ejercicio en mujeres ($p>0.05$ luego de comparar el ECOPE post ejercicio frente al 40% $\text{VO}_2\text{máx}$ o frente al 60% $\text{VO}_2\text{máx}$) (Sedlock, D.A., 1991). Se debe considerar que las mujeres mostrarían variaciones en el gasto energético de reposo, durante el ejercicio y después del ejercicio de acuerdo a la fase menstrual (Matsuo, T., et al., 1999; McArdle, W., 2002). Típicamente, el gasto energético en reposo es menor una semana antes de la ovulación y mayor durante los 14 días de la fase luteal posterior a la ovulación, cuando los niveles de progesterona se encuentran elevados (Wilmore, J. y Costill, D., 2001), observándose también un ECOPE incrementado durante la fase luteal, al igual que una mayor utilización de lípidos post esfuerzo (Matsuo, T., et al., 1999). Por tanto, no es completamente claro cual es el rol del género sobre el ECOPE.

CONCLUSIONES

Si bien parece existir una variación en la respuesta individual, cualquier gasto calórico adicional posterior al ejercicio se iría añadiendo en el tiempo y podría resultar ser una contribución, en el largo plazo, para el manejo del peso corporal.

El ECOPE es un fenómeno multifactorial, influenciado por diversas variables. De estas, la intensidad parece ser la variable individual más importante. La duración, la modalidad del ejercicio (ejercicio continuo v/s intermitente - ejercicio aeróbico v/s anaeróbico - ejercicio con tren superior v/s tren inferior), el estado de entrenamiento y el género, también influirían sobre el ECOPE.

Consideraciones metodológicas podrían dificultar la comprensión del fenómeno, por lo que se debería prestar especial atención al análisis de los métodos (intensidad del ejercicio, duración del ejercicio, modalidad del ejercicio, características de los sujetos voluntarios participantes, grupos musculares involucrados, protocolos de medición de VO_2 , etc.) utilizados por diversos autores al momento de comparar los resultados de diversos estudios.

Un objetivo del entrenamiento podría ser incrementar la tolerancia de los sujetos a la intensidad ($>70\%$ $\text{VO}_2\text{máx}$) y a la duración (>30 minutos) de una sesión de ejercicios, con la finalidad de que estos sean capaces de maximizar en el tiempo el ECOPE.

Los entrenamientos de tipo interválico podrían ser incorporados regularmente en el plan de entrenamiento de sujetos que deseen maximizar el ECOPE.

El ECS podría ser incorporado 2 veces/semana, no solo con la finalidad de maximizar el ECOPE y con ello ayudar a manejar el peso corporal, si no que también con la finalidad de mantener o incrementar la masa muscular.

APLICACIONES PRACTICAS

Las siguientes directrices prácticas están destinadas a maximizar el ECOPE:

- Utilizar intensidades relativamente elevadas de ejercicio (= o $> 70\%$ $\text{VO}_2\text{máx}$).
- Realizar ejercicio por periodos relativamente prolongados (60 - 80 minutos).
- Introducir sesiones de entrenamiento interválico (ejemplo: 2 series de 25 minutos en lugar de 50 minutos continuados).
- Introducir sesiones de entrenamiento interválico de intensidad supramáxima (ejemplo: 20 series de 1 minuto al 105% del $\text{VO}_2\text{máx}$, con 2 minutos de pausa entre series).
- Introducir sesiones de entrenamiento con sobrecarga (utilizando métodos tradicionales y/o tipo circuito).
- Emplear durante el ejercicio principalmente al tren inferior vs tren superior (además, el ejercicio con tren superior v/s tren inferior, frente a una misma intensidad relativa específica, se percibe mucho más difícil).
- Introducir comidas en periodos inmediatos o cercanos al término de las sesiones de ejercicio, con la finalidad de maximizar el efecto térmico de estas.

REFERENCIAS

1. Almuzaini, K.S., Potteiger, J.A., Green, S.B (1998). Effects of split exercise sessions on excess post-exercise oxygen consumption and resting metabolic rate. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 23:433
2. Borsheim, E., Bahr, R (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports Medicine*; 33:1037
3. Bahr R (1992). Excess postexercise oxygen consumption--magnitude, mechanism and practical implications. *Acta Physiol Scand (suppl)605:1*
4. Bahr, R., Sejersted, O.M (1991). Effect of intensity of exercise on excess post-exercise oxygen consumption. *Metabolism*;40:836
5. Bahr, R., Inghes, I., Vaage, O., Sejersted, O.M., Newsholme, E.A (1997). Effect of duration of exercise on excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Applied Physiology*;62:485
6. Bangsbo, J (1990). Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *J Physiol*;422:539
7. Borsheim, E., Knardhal, S., Hostmark, A.T., Bahr, R (1998). Adrenergic control of post exercise metabolism. *Acta physiol Scand*, 162, 313-323
8. Bosco, C (1996). Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista. *Barcelona: Paidotribo*
9. Chad, K.E., Wenger, H.A (1988). The effect of exercise duration on the exercise and post-exercise oxygen consumption. *Canadian Journal of Sport Science*;13:204
10. Deakin, G.B (2004). Concurrent training in endurance athletes: the acute effects on muscle recovery capacity, physiological, hormonal and gene expression responses post-exercise. *PhD thesis*
11. Elliot, D.L., Goldberg, L., Kuehl, K.S (1988). Does aerobic conditioning cause a sustained increase in the metabolic rate?. *Am J Med Sci.*;296:249
12. Elliot, D.L., Goldberg, L., Kuehl, K.S (1992). Effect of resistance training on excess post-exercise oxygenconsumption. *Journal of Strength and Conditioning Research*;6:77
13. Frey, G.C, Byrnes, W.C., Mazzeo, R.S (1993). Factors influencing excess post-exercise oxygen consumption in trained and untrained women. *Metabolism*;42:822
14. Gillette, C.A., Bullough, R.C., Melby, C (1994). Post-exercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise. *International Journal of Sports Nutrition*;4:347
15. Gore, C. J., Withers, R.T (1990). Effect of exercise intensity and duration onpostexercise metabolism. *J. Appl. Physiol.* 68(6):2362-2368
16. Hargreaves, M (1995). Exercise Metabolism. *Champaign, IL: Human Kinetics*
17. Kaminsky, L.A., Padjen, S., LaHam-Saeger, J (1990). Effect of split exercise sessions on excess post-exercise oxygen consumption. *British Journal of Sports Medicine*;24:95
18. Laforgia, J., Withers, R.T., Shipp, N.J., Gore, C.J (1997). Comparison of exercise expenditure elevations after submaximal and supramaximal running. *Journal of Applied Physiology*;82:661
19. Lamb, DR (1985). Fisiología del ejercicio: respuestas y adaptaciones. *Madrid, Augusto E. Pila Teleña*
20. LeCheminant, J.D., Jacobsen, D.J., Bailey, B.W., Mayo, M.S., Hill, J.O., Smith, B.K., Donnelly, J.E (2008). Effects of long-term aerobic exercise on EPOC. *Int J Sports Med. Jan*;29(1):53-8
21. Lewis DA, Kamon E, Hodgson JL (1986). Physiological differences between genders. Implications for sports conditioning. *Sports Med.*; 3(5):357-69
22. Lyons, S., Richardson, M., Bishop, P., Smith, J., Heath, H., Giesen, J (2007). Excess post-exercise oxygen consumption in untrained men following exercise of equal energy expenditure: comparisons of upper and lower body exercise. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 9:889-894
23. Matsuo, T., Saitoh, S., Suzuki, M (1999). Effects of the menstrual cycle on excess postexercise oxygen consumption in healthy young women. *Metabolism.*; 48(3):275-7
24. Maehlum, S., Grandmontagne, M., Newsholme, E.A., Sejersted, O.M (1986). Magnitude and duration of excess post exercise oxygen consumption in healthy young subjects. *Metabolism*;35:425
25. McArdle, W (2002). Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. *Baltimore: Williams and Wilkins*
26. Murphy, E., Swartzkopf, R (1992). Effects of standard set and circuit weight training on excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Applied Sport Science Research*; 6:88
27. Nieman, D.C (1998). The exercise □ health connection. *Champaign, IL: Human Kinetics*
28. Phelian, J.F, Reinke, E., Harris, M.A., Melby, C.L (1997). Post-exercise energy expenditure and substrate oxidation in young women resulting from exercise bouts of different intensity. *Journal of the American College of Nutrition*; 16:140
29. Quinn, T.J., Vroman, N.B., Kertzer, R (1994). Post-exercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 26:908
30. Sedlock, D.A (1991). Effect of exercise intensity on postexercise energy expenditure in women. *Br J Sports Med.*; 25(1):38-40
31. Sedlock, D.A (1991). Postexercise energy expenditure following upper body exercise. *Res Q Exerc Sport. Jun*;62(2):213-6
32. Sedlock, D.A., Fissinger, J.A., Melby, C.L (1989). Effect of exercise intensity and duration on post-exercise energy expenditure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*; 21:662
33. Short, K.R., D.A., Sedlock (1997). Excess post-exercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *Journal of Applied Physiology*; 83:153
34. Smith, J., McNaughton, L (1993). The effects of intensity of exercise on excess post-exercise oxygen consumption and energy expenditure in moderately trained men and women. *European Journal of Applied Physiology*; 67:420
35. Thornton, M.K., Potteiger, J.A (2002). Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC.

Medicine and Science in Sports and Exercise; 34:715

36. Wilmore, J. y Costill, D (2001). Fisiología del esfuerzo y del deporte. *Barcelona: Paidotribo*

37. Wilmore, J.H (1999). Alterations in body weight and composition consequent to 20 wk of endurance training: the HERITAGE Family Study. *Am J Clin Nutr; 70:346*

38. Withers, R.T., Gore, C.J., Mackay, M.H., Berry, M.N (1991). Some aspects of metabolism following a 35 km road run. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology; 63:436*