

Metabolismo energético y actividad física

Energy metabolism and physical activity

Maestro: especialidad en Educación Física por la Universidad de Murcia
Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte por la Universidad Pontificia de Salamanca
Máster de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte por la Universidad de Murcia
Doctorando en la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia
Grupo de Investigación de la Universidad de Murcia: Ejercicio físico y salud
Maestro de Educación Física en el C.E.I.P. Micaela Sanz Verde de Archena (Murcia)

Andrés Rosa Guillamón
andres.rosa@yahoo.es (España)

Resumen

En el presente trabajo se describe el metabolismo energético que interviene en la realización de actividad física.
Palabras clave: Metabolismo energético. Ejercicio físico. Deporte.

Abstract

In this paper the energy metabolism involved in conducting physical activity is described.
Keywords: Energy metabolism. Physical exercise. Sport.

Recepción: 26/05/2015 - Aceptación: 29/06/2015

EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires - Año 20 - N° 206 - Julio de 2015. <http://www.efdeportes.com/>

1 / 1

1. Introducción

La energía que se consigue a través de los diferentes procesos metabólicos se dedica a mantener los procesos fisiológicos básicos del organismo y, también, a responder a las demandas generadas por actividades cotidianas del individuo.

Los procesos de medición de la energía deben diferenciar entre la energía consumida y la cantidad de actividad física desarrollada, que depende también del concepto de eficacia mecánica. Además, la mayor parte de la energía consumida se transforma en calor.

El entrenamiento físico puede ejercer una enorme influencia en la modificación de ciertos patrones estructurales y funcionales relativos al metabolismo energético.

En base a todo lo anterior, en el presente trabajo se describen los procesos metabólico-energéticos asociados a la actividad física y al deporte.

2. Consumo energético

La energía que se consigue a través de los diferentes procesos metabólicos está dedicada a mantener los procesos fisiológicos básicos del organismo y a responder a las actividades cotidianas del sujeto (Thibodeau y Patton, 2007)

A. Metabolismo basal

Para medir la energía invertida en los procesos fisiológicos básicos se utiliza el cálculo del ritmo metabólico basal, que se refiere a la mínima cantidad de energía que un sujeto necesita para vivir.

El cálculo del ritmo metabólico basal se realiza con la persona en reposo y en posición supina, tras 8h de sueño y 12h de ayuno.

El consumo energético en reposo se sitúa entre las 1200-2400 Kcal/día para un adulto. No obstante, estas cifras van a depender directamente de factores como:

- Masa corporal (peso y talla). El gasto energético en reposo se incrementa con una mayor masa corporal total ya que tiene que invertir más energía para mantener la temperatura corporal. Es necesario aclarar que el 80% de la energía diaria proveniente de los macronutrientes se destina a mantener la temperatura corporal.
- Tipo somático (endomorfo, ectomorfo y mesomorfo). La masa muscular consume más calorías que la masa grasa, por lo que los individuos con un tipo somático endomorfo consumen un mayor número de calorías.
- Edad. El incremento en la edad cronológica favorece el descenso en el ritmo metabólico.
- Estrés nervioso. El estrés contribuye a aumentar la tasa metabólica basal.
- Sistema endocrino. Determinadas hormonas como la tiroxina y la adrenalina incrementan el gasto metabólico.

B. Metabolismo en reposo

Se corresponde con la energía total necesaria para las actividades cotidianas.

Teniendo en cuenta la medición del consumo de oxígeno (VO_{2max}), una persona consume de media $0,3 \text{ L O}_2 \times \text{min}^{-1}$ o

432 L O₂ x día.

La energía necesaria para satisfacer las demandas generadas por las actividades proviene fundamentalmente de las grasas e hidratos de carbono, aunque también son utilizadas las proteínas como fuente energética. Está representada por un cociente ventilatorio en reposo de 0,8, cuya equivalencia calórica 4,80kcal x L O₂.

A partir de estos datos, el cálculo del gasto energético en reposo para un adulto al día podrían ser los siguientes: kcal consumidas/día = LO₂ consumido al día x Kcal usadas/LO₂ = 432 x 4,80 = 2.074 Kcal/día

El ritmo metabólico en reposo se sitúa aproximadamente en 1800-3000 kcal/día, y depende principalmente de los siguientes factores:

- Nivel de actividad, determinado por el tipo de actividad económica ejercida, actividades físicas en el ocio y tiempo libre, estilo de vida activo o no activo, y otras.
- Edad. Los individuos jóvenes presentan en promedio un mayor ritmo metabólico en reposo.
- Sexo. Los varones tienen en promedio un mayor ritmo metabólico en reposo frente a las mujeres.
- Parámetros antropométricos como peso corporal, talla, envergadura y composición corporal (masa grasa y masa muscular) constituyen otros factores muy importantes.

C. Coste energético en el ejercicio físico

La inversión de energía de diversas actividades está determinada por el consumo de oxígeno medio por unidad de tiempo. Los valores que surgen no contemplan la fase anaeróbica del ejercicio ni el consumo de oxígeno durante la recuperación del esfuerzo.

Con respecto al gasto energético promedio de un individuo en función de la actividad física realizada, Wilmore y Costill (2004) plantean una tabla comparativa:

Tabla 1. Gasto energético según la actividad física

Actividad	Varones kcal x min ⁻¹	Mujeres kcal x min ⁻¹
Ealociclisto	8,6	6,8
Ealonmano	11	8,6
Camnar (5,63 km/h)	5	3,9
Carrera (11,26 km/h; 16,09 km/h)	14, 18,2	11, 14,3
Ciclismo (11,26 km/h; 16,09 km/h)	5; 7,5	3,9; 5,9
Dormir	1,2	0,9
Estar de pie	1,8	1,4
Estar sentado	1,7	1,3
Levantar pesas	0,2	0,8
Lucha	13,1	10,3
Natación (4,82 km/h)	20	15,7
Tenis	7,1	5,5

3. Medición del consumo energético

Los procesos de medición deben diferenciar entre la energía consumida y la cantidad de actividad física desarrollada, que depende también del concepto de eficacia mecánica. Además, la mayor parte de la energía consumida se transforma en calor.

Por otro lado, existen diversos medios para medir la energía consumida en una actividad. Algunos de los más relevantes se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Métodos de medición de la energía consumida

Métodos	Procedimiento
Calorimetría directa	Mide la relación entre el calor disipado y el nivel metabólico
Calorimetría indirecta	Registra el oxígeno (O ₂) consumido y la consiguiente producción de dióxido de carbono (CO ₂)
Frecuencia cardíaca	Cuantifica la frecuencia cardíaca (FC) y el consumo de oxígeno
Podómetro	Evalúa el número de pasos de un individuo.
Métodos de observación	Valoran el índice de actividad mediante la observación.

A. Medición de la energía por calorimetría directa

Se basa en la relación entre calor disipado y el nivel metabólico. Este método mide la energía térmica a través de un calorímetro.

En el proceso de medición es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- a. En una situación basal se genera calor, por lo que la energía térmica de un sujeto es el resultado de la diferencia entre la energía total del esfuerzo y la energía basal.
- b. Solo un 25% de la energía de los alimentos se proyecta en forma de movimiento. El 75% de esta energía se pierde en forma de calor. La energía total del esfuerzo hace referencia a este porcentaje (75%), por lo que hay que añadirle ese 25% de energía cinética.

Uno de los mayores inconvenientes de este método es que no pueden percibirse los cambios rápidos en la liberación de energía y, por tanto, no se puede medir la energía en ejercicios físicos intensos.

B. Medición de la energía por calorimetría indirecta

Este método está basado en el consumo de Oxígeno (O₂) y la consiguiente producción de dióxido de carbono (CO₂) durante las reacciones metabólicas que acompañan al ejercicio físico.

El organismo capta el O₂ atmosférico, que es empleado para recoger electrones que llegan a la parte final de la cadena respiratoria y que han sido generados por el catabolismo de los macronutrientes (hidratos, grasas y proteínas). El proceso concluye con la obtención de energía y la producción de CO₂ y agua (H₂O).

Para realizar los cálculos de la energía gastada se admiten como elementos tipo la glucosa (hidratos de carbono), ácido palmítico (grasas) y albúmina (proteínas).

La relación O₂ y CO₂ se conoce como cociente respiratorio ventilatorio, puesto que analizamos el O₂ consumido y el CO₂ eliminado a través de los gases espirados.

Este cálculo del consumo energético es aplicable a los ejercicios submáximos. En ejercicios intensos esta estrategia no es válida ya que el organismo produce ácido láctico y se activan mecanismos amortiguadores de las cargas ácidas a través del bicarbonato de los tejidos y la sangre. Esta acción produce CO₂ y H₂O (Garatachea, Almeida, García y de la Paz, 2006).

Solo se considera a las grasas e hidratos de carbono para calcular el cociente respiratorio no proteico.

El rendimiento energético de un litro de O₂ en la combustión de la glucosa es de 4,69 kcal y en el ácido palmítico es de 5,5 kcal.

Por tanto, si podemos conocer la cantidad de O₂ consumida por un sujeto durante el ejercicio físico, podremos calcular la energía química invertida. En este sentido, De Paz y Garatachea (2006) plantean en la tabla 3 la participación de los diferentes sustratos en un ejercicio.

Tabla 3. Sustratos en el ejercicio físico

Cociente respiratorio ventilatorio	Rendimiento energético del O ₂ (kcal/l)	% Grasas	% Hidratos de Carbono
1	5,05	100	0
0,97	5,01	90,4	9,6
0,93	4,96	77,4	22,6
0,9	4,92	67,5	32,5
0,87	4,89	57,5	42,5
0,83	4,84	43,8	56,2
0,81	4,81	36,9	63,1
0,78	4,78	26,3	73,7
0,75	4,74	15,5	84,4
0,72	4,70	4,8	95,2
0,7	4,69	0	100

Los parámetros necesarios para conocer la participación de los diferentes sustratos y el gasto energético asociado son los siguientes:

- Coeficiente respiratorio ventilatorio.
- Rendimiento energético del oxígeno (kcal/L).
- Porcentaje de grasas e hidratos de carbono.

C. Medición de la energía por el registro de la frecuencia cardiaca

Este método se fundamenta en la relación entre las pulsaciones de esfuerzo (FC) y consumo de oxígeno (VO₂) durante la realización del mismo. El parámetro global determinado por esta relación es directamente proporcional y lineal en un individuo, de manera que este valor nos permite conocer también el volumen de O₂ utilizado.

Para ello podemos tener como dato fundamental que cada litro de O₂ consume 5,05 kcal.

Las características más relevantes de este método son:

- Es un método fiable en esfuerzos entre 25-30% y 70-80% del VO₂máx.
- El procedimiento de esta metodología depende de factores como el tipo de contracción, estado nutricional,

hidratación y temperatura exterior.

D. Medición de la actividad física con podómetro mecánico

Esta metodología se basa en el número de pasos de un sujeto, a partir de los cuáles Tudor-Locke y Bassett (2004) establecieron una serie de índices de actividad física (tabla 4).

Tabla 4. Índices de la actividad física

Índice de actividad	kcal/día
Sedentario	Menos de 5000/día
Poco activo	5001 a 7499
Mediamente activo	7500 a 9999
Activo	10000 a 12499
Muy activo	Más de 12500

E. Cuantificación de la actividad física empleando métodos de observación

Se trata de distintos métodos de tipo cualitativo que utilizan la observación y el registro para valorar el nivel de actividad física (Garatachea, 2005). Algunas de las herramientas más utilizadas se reflejan en la tabla 5.

Tabla 5. Métodos de observación

Instrumento	Procedimiento
Diario	El sujeto registra todas las tareas que realiza en un periodo determinado de tiempo
Cuestionario	El individuo responde a cuestiones relativas al tipo de actividades, intensidad y la frecuencia
Entrevista	El interlocutor diseña un formato adecuado para recopilar datos referentes a la actividad física desarrollada por un sujeto cualquiera

4. Entrenamiento físico y metabolismo energético

El entrenamiento físico puede ejercer una enorme influencia en la modificación de ciertos patrones estructurales y funcionales relativos al metabolismo energético.

A. El entrenamiento aeróbico

El entrenamiento de tipo aeróbico (crónico) genera una serie de modificaciones en las funciones y estructuras relativas al metabolismo energético.

Este tipo de entrenamiento favorece transformaciones en la capacidad para soportar un ejercicio submáximo prolongado y en el VO₂máx. Concretamente, se produce:

- Un mayor número de capilares alrededor del músculo. Esto facilita un mayor intercambio de gases, de calor y de nutrientes entre la sangre y las fibras musculares.
- El incremento de mioglobina muscular hasta un 75-80%. Esto supone una mayor capacidad de almacenaje de oxígeno para liberarlo en situaciones de escasez.
- Una mejor función mitocondrial, mayor capacidad para generar adenosintrifosfato (ATP) y utilización del oxígeno.
- La optimización de la función enzimática lo que supone un mayor equilibrio metabólico promoviendo un uso más lento del glucógeno, menor producción de lactato y un incremento del umbral anaeróbico.
- El incremento de los depósitos de glucógeno combinando el tipo de ejercicio físico, la recuperación y el tipo de alimentación.
- Una mayor cantidad de ácidos grasos libres en sangre, y una mayor reserva de grasas para ser utilizadas como combustible ahorrando glucógeno y retrasando la fatiga.

B. El entrenamiento anaeróbico

El entrenamiento anaeróbico ha sido foco de atención de investigadores y especialistas por los enormes del deportista con tiempos de entrenamiento reducidos. Uno de los resultados ha sido la proliferación de métodos modernos de alta intensidad, también conocidos con HIIT (High Intensity Interval Training). Uno de los exponentes de estos métodos fue el archiconocido Emil Zátopek "la locomotora humana" (Belda, 2011).

El entrenamiento físico compuesto por ejercicios basados en la utilización de la vía anaeróbica aláctica (potencia y capacidad aláctica, menos de 30") mejora la fuerza muscular máxima

El entrenamiento físico basado potencia aláctica favorece la mejora en una serie de parámetros tales como:

- Una mayor eficacia de movimiento.
- Colabora en la optimización de la capacidad oxidativa.

- c. Mejor tolerancia al lactato.
- d. Mayor eficacia en el aclaramiento de lactato.
- e. Una mejor coordinación intermuscular.

El entrenamiento físico compuesto por ejercicios basados en la utilización de la vía anaeróbica láctica (potencia y capacidad láctica, más de 30") mejora la actividad de enzimas como la fosforilasa, fosfofructokinasa (PFK) y la lactatodeshidrogenasa (LDH).

Los progresos derivados del entrenamiento por repeticiones dependen de las ganancias de fuerza muscular máxima. Estos factores son los siguientes:

- a. Tolerancia a los productos de fatiga de la glucólisis anaeróbica.
- b. Más eficacia de los mecanismos de amortiguación.

Bibliografía

- Belda, F. (2011). "Emil Zatopek: la locomotora humana", disponible en: <http://historiasdeldxt.blogspot.cz/2011/05/emil-zatopek-lalocomotora-humana.html>
- De Paz, J.A. y Garatachea, N. (2006). Valoración del gasto energético en el ejercicio. En J. López y A. Fernández, Fisiología del ejercicio (pp. 222-239). Madrid. Interamericana.
- Garatachea, N., Almeida, E., García, D. y de la Paz, J. (2006). La utilización de la frecuencia cardíaca máxima real mejora la exactitud del test YMCA en la predicción de VO₂ máx., Selección, 15(2), 72-77.
- Thibodeau, G. y Patton, K., (2007). Anatomía y Fisiología. Madrid: Elsevier.
- Tudor-Locke, C. y Bassett, D. (2004). How Many Steps/Day Are Enough? Preliminary Pedometer Indices for Public Health. Sports Med, 34(1)1-8.
- Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). Fisiología del esfuerzo y del Deporte. Barcelona: Paidotribo.
- Garatachea, N. (2005). Cuantificación de la actividad física en personas mayores, Revista española de geriatría y gerontología, 40(1)47-52