

Bioenergía en el deporte

Bioenergy in sport

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@um.es (España)

Resumen

La bioenergética es la ciencia que estudia los procesos energéticos en el ámbito de la biología. La fisiología del ejercicio utiliza estos conocimientos para comprender las funciones orgánicas fundamentales. El presente trabajo describe los procesos energéticos en el ámbito del deporte.

Palabras clave: Deporte. Ejercicio físico. Entrenamiento.

Abstract

Bioenergetics is the science that studies the energy processes in the field of biology. Exercise physiology uses this knowledge to understand the basic bodily functions. This paper describes the energetic processes in the field of sport.

Keywords: Sport. Physical exercise. Training.

Recepción: 21/04/2015 - Aceptación: 17/05/2015

EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires - Año 20 - Nº 204 - Mayo de 2015. <http://www.efdeportes.com/>

1 / 1

1. Introducción

Los especialistas de la actividad física y el deporte utilizan los conocimientos que aportan disciplinas de la ciencia como la fisiología del ejercicio y la bioenergética.

En la vida cotidiana y especialmente en el ejercicio físico, el organismo humano utiliza como fuentes de energía potencial los carbohidratos, proteínas y grasas. En los procesos asociados al metabolismo energético intervienen y son de gran trascendencia los compuestos reguladores, vitaminas y minerales.

No obstante, el determinante por excelencia en los procesos facilitadores del esfuerzo físico es el estado de hidratación del organismo.

De esta manera, en el presente trabajo se describen los elementos y procesos asociados a la bioenergética en el deporte.

2. La energía en el deporte

La bioenergética es la ciencia que estudia los acontecimientos energéticos en el ámbito de la biología (Fernández, 2006). Los conocimientos que aporta esta rama de la ciencia son empleados por la fisiología del ejercicio para comprender los procesos orgánicos fundamentales. A partir de estos hallazgos, los especialistas de la actividad física y el deporte desarrollan aplicaciones prácticas como programas de entrenamiento y estrategias de nutrición para mejorar el rendimiento, programas de control de peso y mantenimiento de la homeostasis.

Programas de entrenamiento

Un programa de entrenamiento debe estar orientado al desarrollo de las aptitudes fisiológicas básicas demandadas por cada actividad deportiva. Además, debe diseñarse para incrementar las posibilidades de provisión energética concreta de cada actividad o modalidad. Por ejemplo, en un velocista, los estímulos de entrenamiento irán encaminados a incrementar las reservas de fosfágenos y glucógeno, mientras que en un fondista, irán dirigidos a dinamizar los depósitos de energía aeróbica.

Estrategias nutricionales

Los protocolos nutricionales se elaboran a partir del conocimiento de los sustratos que necesita el músculo y su disponibilidad durante el ejercicio.

Protocolos para el control del peso corporal

Los protocolos de control del peso se basarán en estrategias como conocer el valor energético de los alimentos, la demanda asociada a diferentes actividades y los comportamientos desarrollados por el hombre.

Estrategias para el mantenimiento de la homeostasis

En el diseño de estrategias para el mantenimiento de la homeostasis es importante ser capaces de gestionar y facilitar mecanismos favorables al incremento de la temperatura (calentamiento), junto con otros moderadores de las constantes biológicas (hidratación).

Por otro lado, el organismo humano cuenta con una serie de mecanismos para la obtención de energía. Se denomina metabolismo energético, al conjunto de mecanismos químicos interactivos que hacen posible que las células tengan fuerzas para afrontar la contracción muscular y generar movimientos. Los principales procesos que dan forma al metabolismo son:

- **Catabolismo.** Es el sistema de descomposición de los compuestos energéticos en moléculas menores para liberar energía.
- **Anabolismo.** Proceso que intenta sintetizar elementos a partir del consumo energético.

En el organismo humano, el potencial químico de los alimentos se transformará (catabolismo) en energía que será empleada para diferentes tareas (anabolismo). Las células aprovechan la energía química en energía mecánica para el movimiento pero no tienen capacidad para utilizar la energía calorífica. La energía química puede ser transferida al intercambiador energético celular por excelencia: el adenosintrifosfato (ATP).

Cuando realizamos ejercicio se produce un aumento de la temperatura corporal. Esto supone un empobrecimiento del potencial del deportista y, además, un riesgo para la estabilidad del medio interno. El organismo debe poner en marcha unos mecanismos de compensación térmica que también condicionan el rendimiento del deportista.

3. Las fuentes bioenergéticas del deportista

Las fuentes de energía potencial del organismo son los carbohidratos, proteínas y grasas, que son aportadas a través de la dieta y gestionadas mediante reacciones químicas para obtener compuestos para el intercambio energético o para ser almacenados por el organismo como depósitos de energía (Thibodeau y Paton, 2007).

En nuestro organismo, existe otra fuente de energía inmediata. Se trata de los fosfatos de alta energía, ATP y fosfocreatina (PC), que son las monedas básicas de intercambio de energía. La composición de estos fosfatos es la siguiente:

- ATP = adenina (base nitrogenada) + ribosa (monosacárido de 5 carbonos) + 3 grupos fosfato
- PC = un grupo fosfato + creatina

El ATP se agota rápidamente. El compuesto que más rápido puede resintetizar ATP es la PC, que aparece tras la fosforilación de la creatina presente en las células musculares. Por otro lado, las reservas de creatina pueden aumentar con el aporte de suplementos ergogénicos y con el entrenamiento de hipertrofia muscular. Aun así, su contribución energética estará limitada al comienzo de la actividad física y a esfuerzos intensos y breves.

Tabla 1. Fuentes bioenergéticas

Hidratos de carbono	Grasas	Proteínas (aminoácidos)
Monosacáridos	Saturadas	Esenciales
Disacáridos	Insaturadas	No esenciales
Polisacáridos		

A. Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono o azúcares están compuestos por unidades repetidas de carbono, hidrógeno y oxígeno (CH₂O). Realizan una función estructural en el ARN y el ADN pero su función principal es la energética.

Según Wilmore y Costill (2004), otras funciones importantes de los hidratos de carbono son:

- Proporcionar energía al músculo en esfuerzos de alta intensidad.
- Regular el metabolismo de grasas y proteínas.

- Abastecer de energía a las neuronas.
- Permitir la síntesis de glucógeno hepático y muscular.

Hay varios tipos de hidratos de carbono según la longitud de las cadenas de carbono:

- Monosacáridos o azúcares simples. El principal es la glucosa.
- Disacáridos o azúcares dobles. Maltosa, lactosa y sacarosa.
- Polisacáridos o azúcares complejos. Glucógeno, formado por unidades de glucosa.

Todos los carbohidratos tienen que ser transformados en un azúcar simple para poder ser transportados por la sangre a territorios activos para poder ser metabolizados.

Los carbohidratos son la principal fuente de energía química de las células musculares. Deben suponer el 50% del total de calorías en una persona activa y el 60% en un deportista.

La relación entre los depósitos de glucógeno y el rendimiento es total. La reserva de glucógeno es limitada y se localiza en los músculos (250 gramos) e hígado (110 gramos). La glucosa se almacena primero en el músculo y, luego, en el hígado. Una vez cubiertos los depósitos, y las necesidades energéticas para mantener estable el nivel glucémico, el exceso de azúcares se transforma en grasa como reserva energética.

En el restablecimiento y mantenimiento del glucógeno muscular interviene el tipo de alimentación y la clase de ejercicio realizado por el sujeto. Tras la práctica deportiva, se pueden reponer los depósitos de glucógeno antes de las 22 horas si el aporte de hidratos de carbono supone un 70% del total de las calorías ingeridas.

En las actividades post esfuerzo, las cargas de tipo excéntrico pueden dificultar la resíntesis de glucógeno. Asimismo, los mismos procesos de reparación muscular necesitan de glucosa, lo que dificulta la recarga de glucógeno. Esto puede compensarse con una ingesta rica en hidratos de carbono en las 6-12 horas siguientes.

Esta relación entre fatiga y el agotamiento de las reservas de glucógeno, ha provocado que se estudien aquellos medios para facilitar el mantenimiento de la carga glucémica. Algunos de los más importantes son:

- Dieta disociada escandinava, basada en provocar un vaciado de las reservas de glucógeno para luego incrementar la ingesta.
- Carga de glucógeno, fundamentada en seguir una dieta rica en hidratos de carbono durante 3 días para aumentar el doble los depósitos de glucógeno muscular.
- Suministrar hidratos de carbono durante la realización de actividades que tengan una duración de 1- 4 horas.
- No hay que tomar hidratos de carbono durante el período que va de los 15-45 minutos antes del comienzo del ejercicio, ya que provoca una hipoglucemia. Al elevarse la glucemia por la ingestión de hidratos de carbono, se segrega insulina para normalizar los niveles glucémicos. El déficit energético se debe a la pérdida de ATP como consecuencia de la activación de la glucosa para convertirse en glucosa-6-fosfato.

B. Grasas

Se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno (C+ H + O₂). Algunos tipos incorporan nitrógeno (N) y fósforo (P). Las funciones de las grasas son las siguientes:

- Estructural, como componente de membranas celulares y fibras nerviosas.
- Energética, ya que aportan el 70% de la energía en reposo y son la fuente principal en esfuerzos ligeros o de mediana intensidad.
- Protectora de órganos vitales.
- Reguladora, debido a que forma hormonas esteroideas (estrógenos y testosterona).

- Transportadora de vitaminas A, D, E y K.
- Aislante térmico.

Existen tipos de grasas como esteroides, fosfolípidos, prostaglandinas y triglicéridos.

Los triglicéridos son los más significativos a nivel energético. Tienen una molécula de glicerol y tres ácidos grasos. Hay dos tipos de ácidos grasos:

- Saturados. Son sólidos excepto los aceites de palma, coco y almendra.
- Insaturados. Son líquidos.

En la dieta diaria, las grasas deben suponer un 30% del total de calorías, en una proporción de un 20% de grasas insaturadas y un 10% de grasas saturadas.

En la práctica deportiva, concretamente en esfuerzos de tipo aeróbico, la energía se obtiene fundamentalmente a partir de los ácidos grasos. Las reservas de grasas en el organismo suponen unos 7800 gramos. Además, un gramo de grasas aporta 9Kcal.

El entrenamiento aeróbico debe incluirse en los protocolos de entrenamiento para estimular el uso de las grasas como fuente de energía y retrasar el agotamiento de los depósitos de glucógeno. Algunos aspectos fundamentales en este sentido son:

- Un buen protocolo de entrenamiento como estrategia para movilizar las grasas.
- Comer alimentos ricos en grasas no modifica su nivel en plasma, que es donde se impulsa el metabolismo aerobio.
- No existen mecanismos de movilización localizada de las grasas.
- La cafeína tomada una hora antes puede facilitar las actividades de duración prolongada pero su uso también genera dudas.
- La carnitina transporta los ácidos grasos libres para obtener energía pero no está demostrado que con la suplementación se incrementen las reservas musculares.

C. Proteínas

Están compuestas por carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N) y oxígeno (O₂). Todos estos elementos forman parte de los aminoácidos.

Un aminoácido está formado por carbono + grupo amino NH₂ + grupo carboxilo COOH + hidrógeno + cadena lateral. La unión de aminoácidos genera proteínas mediante uniones peptídicas, que son la unión de un grupo carboxilo de un amino y un grupo amino de otro. La unión de dos aminoácidos forma un aminoácido dipéptido. La unión de tres aminoácidos forma un aminoácido tripéptido. Con más de 10 aminoácidos se forma un polipéptido. Si se unen más de 100 aminoácidos se forma una proteína.

Los aminoácidos se pueden clasificar en dos tipos en función de su carácter esencial o no esencial (ver tabla 1), existiendo además unos 150 tipos de aminoácidos en forma libre o combinada (Wilmore y Costill, 2004).

- Aminoácidos no esenciales, los cuales no pueden ser sintetizados por el organismo.
- Aminoácidos esenciales, que deben ser aportados a través de la dieta.

Tabla 2. Tipos de aminoácidos

No esenciales	Esenciales
Isoleucina	Alanina
Leucina	Arginina
Valina	Asparagina
Metionina	Ácido aspártico
Fenilalanina	Cisteína
Treonina	Ácido glutámico
Triptófano	Glicina
Lisina	Prolanina
Histidina (niños)	Serina
	Tirosina
	Histidina (adultos)

Las proteínas desempeñan funciones tan importantes como:

- Formar estructuras orgánicas.
- Participar en el crecimiento, reparación y mantenimiento de tejidos.
- Producir hemoglobina, enzimas y otras hormonas.
- Mantener la presión osmótica de la sangre.
- Formar anticuerpos.
- Producir energía.

Por tanto, las proteínas realizan tanto funciones estructurales como energética en algunas ocasiones (4,1Kcal/gr). La necesidad de un aporte de proteínas se produce en función de factores como la edad, sexo, nivel de actividad, peso o composición corporal.

Los aspectos básicos en lo relativo a las necesidades de proteínas son:

- Necesidad de proteínas: adultos: 0,8 gr/kg peso corporal; deportes de resistencia, 1,2-1,4 gr/kg peso corporal; deportes de fuerza, 1,4-1,8 gr/kg peso corporal.
- No hay certezas de que superado este nivel se obtengan ventajas adicionales.
- No es aconsejable pasar nunca de los 2 gr/kg peso corporal/día (Terrados, 1992).
- El momento de la toma sí que es importante siendo clave la toma después de la actividad física de proteínas junto a glucosa (Rasmussen, 2000).

4. Los Biorreguladores: vitaminas y minerales

Los compuestos reguladores facilitan gran parte de los mecanismos asociados al metabolismo energético. Los bio-reguladores son las vitaminas y los minerales (tabla 3).

Tabla 3. Compuestos biorreguladores

Vitaminas	Minerales
Liposolubles	Macrominerales
Hidrosolubles	Microminerales

A. Vitaminas

Existen dos tipos de vitaminas:

- Liposolubles: A, D, E y K.
- Hidrosolubles: B y C.

Las principales funciones de las vitaminas son:

- Catalizar la mayoría de reacciones para la provisión de energía.
- Favorecer la formación de tejidos.
- Regular el metabolismo.

La vitamina A. Es una vitamina que interviene en la formación del esqueleto óseo.

La vitamina D, favorece la absorción de calcio y fósforo, desarrollo óseo y función neuromuscular (Nakagawa, 2006).

La vitamina K, interviene en la fosforilación oxidativa. Además, ejerce una función intermediaria en la cadena de transporte de electrones.

El complejo de vitaminas B, está involucrado en la oxidación de alimentos y síntesis de energía. La B1 o tiamina, interviene en la transformación de ácido pirúvico resultante de la glucólisis anaeróbica en acetilcoenzima A. La B2 o riboflavina, se convierte en FAD. La B3 o niacina es un componente de la coenzima NADP de la glucólisis. Y la B12 es necesaria para el metabolismo de los aminoácidos y la formación de glóbulos rojos. Los déficits de estas vitaminas B provocan un deterioro en las marcas deportivas.

La Vitamina C o ácido ascórbico realiza funciones estructurales, ya que interviene en la formación de colágeno, proteína del tejido conectivo. Por otro lado, participa en el metabolismo de los aminoácidos, síntesis de catecolaminas y corticoides y en la absorción de hierro (Fe) (Lukaski, 2004).

También es un elemento relevante en la prevención del resfriado común, cicatrización de heridas y compensación de estados febriles.

La vitamina E realiza una función mediadora en los procesos de competencia de las vitaminas A y B. Es un potente antioxidante y compensa los daños musculares. Es un factor de prevención en el síndrome de "Dolor Muscular de origen tardío".

B. Minerales

Los minerales representan el 4% del peso corporal total y se encuentran en huesos, dientes y fluidos corporales. En función de la utilización que se haga de ellos existen dos tipos:

- Macrominerales, si son usados en cantidades superiores a 100mg/día.
- Microminerales, si son usados en cantidades inferiores a 100mg/día.

Sólo el Fe, en situaciones concretas, parece tener ventajas ergogénicas.

Algunos de los minerales con funciones más relevantes en el organismo humano y en la práctica deportiva son los siguientes:

a. Calcio (Ca). Sus funciones más importantes son:

- Formación de huesos.
- Transmisión de impulsos.
- Regulación enzimática.
- Control de la permeabilidad de las membranas celulares.
- Muscular, en la formación de puentes cruzados de actina y miosina.

El Ca se une al fósforo para darle rigidez y fuerza al esqueleto. La deficiencia de Ca provoca un fenómeno llamado osteopenia, en el que el organismo recurre a los depósitos situados en los huesos generando un proceso llamado osteoporosis.

b. Fósforo (P). Funciones de este mineral:

- Intermediario metabólico.
- Formación de membranas celulares.
- Mantener estable el pH en sangre.
- Producción de energía, es un componente del ATP.

c. Hierro (Fe)

Una de sus funciones más importantes es la formación de hemoglobina. Los seres humanos pueden presentar carencias. Así, el 10% de los hombres deportistas tiene carencias, mientras que el porcentaje en las mujeres es superior (22%). Las causas del deterioro en las reservas de Fe pueden ser

- Procesos fisiológicos.
- La actividad diaria.
- Hábitos nocivos como el consumo de alcohol y tabaco.

d. Sodio (Na), cloro (Cl) y potasio (K). Se trata de minerales repartidos por los fluidos y tejidos del cuerpo. Algunas de sus funciones más destacadas son:

- Mantenimiento y distribución de agua por el cuerpo.
- Equilibrio osmótico y del pH.
- Mantenimiento de la frecuencia cardiaca normal.

5. La hidratación en el deporte

En la práctica deportiva, el agua condiciona gran parte de los procesos facilitadores del esfuerzo físico. Los valores de agua disponibles en el organismo para la práctica deportiva varían en función de parámetros como edad, contenido en grasa o sexo. El tejido adiposo es una de las estructuras con menor cantidad de agua.

Aquellas actividades deportivas con una gran pérdida de agua (9-12% del peso corporal) pueden suponer un alto riesgo de muerte.

El contenido orgánico de agua para la práctica deportiva y otras actividades en general, se encuentra repartido en dos compartimentos:

- Líquido extracelular.

Se trata de líquido plasmático, intersticial, linfático, cefalorraquídeo, y sinovial. Proporciona a las células un ambiente constante y gestiona el transporte de sustancias a las células y desde las células.

- Líquido intracelular.

Este líquido facilita el desarrollo de las reacciones necesarias para la vida.

El agua supone el 75% de la masa corporal total en niños. En hombres representa el 60%, mientras que en mujeres es el 40%. El aporte de agua debe de ser de 33ml/kg peso corporal, y puede provenir de :

- Alimentos, el 30 %.
- Líquidos, 60%.

- Procesos de oxidación para obtener energía, el 10%.
- Los excedentes de agua se eliminan a través de la orina, el aire espirado, el sudor y las heces.

Una consecuencia de la excesiva pérdida de agua por el organismo es la deshidratación. Con un nivel entre el 15-20% de pérdida de peso por deshidratación nos encontraríamos en el límite de supervivencia. Los efectos de la deshidratación se pueden observar en la tabla (Thibodeau y Paton, 2007).

Tabla 4. Efectos de la deshidratación

Pérdida de peso	Efectos de la deshidratación (por % de peso corporal perdido)
1	Sed
2-3	Sed más intensa; molestias vagas y sensación de opresión; pérdida de apetito. Aumento de la hemoconcentración.
4-5	Economía de movimientos. Paso lento, piel roja, impaciencia; en algunos casos somnolencia, apatía, náuseas, inestabilidad emocional.
6-7	Tembler de brazos, manos y pies; opresión cardíaca, inestabilidad, cefalea; los varones que hacen ejercicio se agotan por el calor; aumenta la temperatura corporal, la frecuencia del pulso y la frecuencia respiratoria. Respiración laboriosa, mareo, cianosis.
8-9	Habla confusa. Debilidad progresiva, confusión mental.
10-14	Músculos espásticos; incapacidad de mantener el equilibrio con los ojos cerrados; incapacidad general. Delirio y estado de alerta; lengua hinchada. Insuficiencia circulatoria; hemoconcentración intensa y menor volumen sanguíneo; fracaso de la función renal. Piel apergaminada; incapacidad de tragar.
15-20	Visión borrosa. Ojos hundidos; micción dolorosa. Sordera; piel insensible; lengua apergaminada. Párpados rígidos. Piel cuarteada; interrupción de la formación de orina. Límite de supervivencia

En la práctica deportiva y en otras actividades también, el plasma sanguíneo realiza las siguientes funciones:

- Son evacuados el dióxido de carbono (CO₂) y el resto de sustancias de deshecho producidas por la fatiga.
- Es el canal de transporte del oxígeno (O₂), sustancias energéticas que van a los músculos y hormonas reguladoras del metabolismo energético y la actividad muscular.
- Es el medio de supervivencia de los agentes de compensación del pH
- Es un mecanismo básico de termorregulación.
- Es un índice determinante de la presión arterial, condicionando ésta a la capacidad cardiovascular.

La cantidad de líquidos que utiliza nuestro cuerpo depende de factores como la temperatura ambiental, tamaño corporal o el ritmo metabólico. Esto puede afectar al rendimiento deportivo. Así, el corredor de fondo puede disminuir su ritmo de carrera hasta un 2% por un 1% de pérdida de peso por deshidratación, ya que la deshidratación supone un impacto sobre el sistema cardiovascular y el sistema termorregulador (Wilmore y Costill, 2004). El descenso de líquido corporal total provoca un descenso del volumen plasmático y, en consecuencia, un descenso de la presión arterial disminuyendo, por tanto, la cantidad de sangre que va a los músculos y la piel. Los músculos van a tener menos O₂ y la piel pierde capacidad para disipar calor. Para compensar esta situación, el organismo aumenta la frecuencia cardíaca. Por tanto, en un deportista deshidratado aumenta el trabajo cardíaco independientemente de la carga, limitando sobre todo la capacidad en esfuerzos aeróbicos.

Referencias

- Lukaski, H. (2004). Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition*, 20(7-8), 632-44.
- Nakagawa, K. (2006). Effect of vitamin D on the nervous system and the skeletal muscle. *Clinical Calcium*, 16, 1182-1187.
- Terrados, N. (1992). Metabolismo energético durante la actividad física. En: González Gallego (Ed.), *Fisiología de la actividad física y el deporte*. Madrid: McGraw Hill Interamericana.
- Thibodeau, G. y Patton, K., (2007). *Anatomía y Fisiología*. Madrid: Elsevier.
- Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del Deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.