

ENERGÍA PARA LA CONTRACCIÓN MUSCULAR

Metabolismo durante el ejercicio

El músculo obtiene su energía mediante la hidrólisis del adenosintrifosfato (ATP), que se transforma en ADP y una molécula de fosfato inorgánico. Como en el músculo normalmente no existen muchas moléculas de ATP, es necesario formar continuamente este elemento para conseguir energía.

Existen tres formas de obtener energía en el músculo, que aunque se analicen por separado participan simultáneamente en mayor o menor medida en función del tipo de ejercicio:

1. El sistema de creatinfosfato (anaeróbico aláctico).

2. La glucólisis (anaeróbico láctico).

3. La oxidación aeróbica de nutrientes, que produce CO₂ y agua.

El sistema de creatinfosfato permite fabricar ATP a partir de una molécula de ADP y una de fosfocreatina sin necesidad de utilizar oxígeno. Es el sistema más rápido, ya que puede proporcionar hasta cuatro moles de ATP por minuto. Sin embargo, como en la célula muscular no existe mucha fosfocreatina, el sistema se agota rápidamente, y hay que buscar otras formas de obtener energía.

En la célula muscular también puede obtenerse energía sin utilizar oxígeno mediante glucólisis, transformando los hidratos de carbono (glucosa o glucógeno) en ácidos láctico o pirúvico, y formando ATP a un ritmo de 2,5 moles por minuto. Cuando se utiliza glucosa como fuente de energía, de cada molécula se obtienen dos moléculas de ATP, y cuando se utiliza glucógeno se obtienen tres moléculas de ATP por cada molécula de glucosa (es decir, que es más rentable utilizar glucógeno que moléculas "aisladas" de glucosa).

Oxidación aeróbica

La oxidación aeróbica de nutrientes se realiza dentro de la mitocondria. Como su nombre indica, necesita oxígeno disponible para llevarse a cabo, y al final del proceso se forman moléculas de ATP (36 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa). Es el sistema más lento de obtención de energía (un mol de ATP por minuto), pero en presencia de oxígeno puede tener una enorme duración. A diferencia de la glucólisis (que sólo puede utilizar glucosa o glucógeno), en la oxidación aeróbica pueden utilizarse carbohidratos, grasas o proteínas para conseguir energía.

La producción de ATP por una u otra vía metabólica está estrictamente controlada. Aparte de los niveles de ATP disponible (si hay mucho ATP disminuye su producción, independiente de la vía por la que se obtenga), el exceso de hidrógeno (es decir, la acidosis intramuscular) disminuye la producción de ATP, y por lo tanto acelera la aparición de fatiga (al no poder obtener energía en los músculos).

A pesar de que solemos hablar de ejercicio aeróbico y ejercicio anaeróbico, en realidad siempre existe una mezcla de ambos sistemas

Durante la actividad física, el organismo activa diferentes vías metabólicas para obtener energía. Estas actúan de forma coordinada en función del tipo de actividad realizada.



Dr. San Miguel Bruck

Centro de Medicina Deportiva y Fisioterapia Oberón -Madrid-



metabólicos, predominando uno u otro en función de diversos factores, el más importante de los cuales es la presencia de mayor o menor cantidad de oxígeno.

En función de cada actividad

En general, cuanto más corta y/o más intensa es la actividad más participarán los sistemas que no necesitan oxígeno (es decir, el creatinfosfato y la glucólisis).

Por el contrario, en ejercicios largos y/o no muy intensos (el triatlón es un buen ejemplo de esto) la energía se obtiene fundamentalmente de la oxidación aeróbica, utilizando grasas e hidratos de carbono.

En los primeros momentos de ejercicio y durante el trabajo de media y alta intensidad se utilizan más los carbohidratos; y, en las fases intermedias, las grasas.

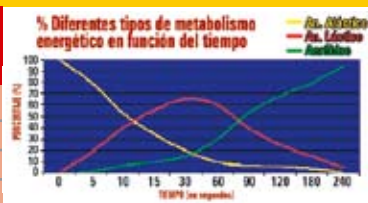
En ejercicios de corta duración (de 5 a 60 segundos) y alta intensidad (como las series de 400 metros) la energía se obtiene principalmente por vías anaeróbicas:

1. En ejercicios muy intensos (de menos de 5-6 segundos) casi toda la energía (aproximadamente un 80%) proviene del sistema de creatinfosfato.

2. En ejercicios de aproximadamente 30 segundos la energía procede en parte del sistema de fosfocreatina y fundamentalmente (aproximadamente un 60-70%) de la glucólisis.

Participación de cada sistema de obtención de energía en función de la duración del ejercicio

| DURACIÓN | Anaeróbico aláctico (creatinfosfato) | Anaeróbico láctico (glucólisis) | Aeróbico |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 5 segundos | 80 | 18 | 2 |
| 30 segundos | 20 | 65 | 15 |
| 45 segundos | 15 | 60 | 25 |
| 60 segundos | 12 | 58 | 30 |



http://www.biolaister.com/rendimiento_deportivo/metabolismo_energetico/integracion_metabolica

Formas de conseguir energía

| Sistema | Fuentes de energía | ¿Necesita oxígeno? | Resultado final | Velocidad (por minuto) |
|--------------------|---|--------------------|---------------------------------|------------------------|
| Fosfocreatina | ADP y fosfocreatina | NO | ATP y creatina | 4 moles de ATP |
| Glucólisis | Hidratos de carbono | NO | ATP y ácidos láctico o pirúvico | 2,5 moles de ATP |
| Oxidación aeróbica | Hidratos de carbono, grasas o proteínas | SI | ATP y agua | 1 mol de ATP |



Entrenar despacio

Al entrenar despacio ritmos bajos mantenidos durante mucho tiempo "enseñamos" al organismo a utilizar las grasas como sustrato energético, y "ahorramos" hidratos de carbono que, utilizados por vías anaeróbicas (glucólisis), pueden ayudarnos a realizar esfuerzos intensos puntuales (esprintar).

3. En ejercicios que duran aproximadamente 45 segundos se utilizan el sistema de fosfocreatina, la glucólisis y la oxidación aeróbica. Por ejemplo, en 60 segundos de ejercicio (una serie de 400 metros "a tope") el 70% de la energía procede de vías anaeróbicas y el 30% de vías aeróbicas.

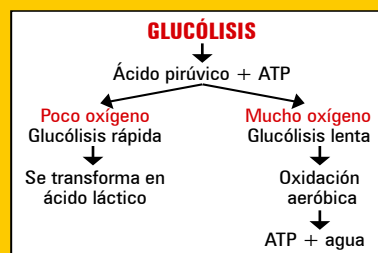
¿Y en el triatlón?

En ejercicios submáximos prolongados (triatlón) la energía se obtiene principalmente por oxidación aeróbica a partir de las grasas y los hidratos de carbono. Utilizar más grasas o más carbohidratos depende de numerosos factores: la intensidad del ejercicio, la dieta, el tipo de entrenamiento realizado y la duración de la actividad. En general, en los primeros momentos del ejercicio y durante el trabajo de media y alta intensidad se utilizan más los carbohidratos; y, en las fases intermedias, las grasas.

Ácido láctico vs ácido pirúvico

¿De qué depende que el final de la glucólisis sea acumular ácido láctico (que provoca más fatiga) o aprovechar el ácido pirúvico (que puede utilizarse para seguir obteniendo energía)?

No existe todavía una respuesta clara, pero seguramente depende de la velocidad de la glucólisis (si es muy alta se acumula ácido láctico) y de la presencia o ausencia de oxígeno muscular (con menos oxígeno se forma más ácido láctico, y con más oxígeno el ácido pirúvico pasa al interior de la mitocondria y se aprovecha en la oxidación aeróbica).



La forma de la energía

Esta es la estructura química de la ATP (adenosintrifosfato), que se transforma en ADP y una molécula de fosfato inorgánico, produciendo así energía.

