

## TEMA 1: BIOENERGÉTICA Y SISTEMAS ENERGÉTICOS

### Introducción

Los seres humanos requieren de suministro continuo de energía química para mantener tanto sus funciones fisiológicas simples como complejas. Esta energía proviene de la oxidación de los alimentos tras una serie de eventos que acontecen, desde que los consumimos hasta que, en las células tras varios procesos bioquímicos dependientes de energía, los aprovechamos generando a su vez energía y productos de desecho.

### Bioenergética

Existen muchas formas de energía en el universo, en el ser humano principalmente abordaremos dos (en éste y los siguientes módulos): la energía química y la energía mecánica.

La energía química representa igualmente una fuente de energía potencial. Por ejemplo, en el cuerpo humano los alimentos se degradan mediante reacciones químicas liberando energía que a su vez se utiliza para sintetizar otros componentes químicos, estos se dan en los siguientes procesos biológicos principalmente:

- Absorción.
- Almacenamiento.
- Transformación.
- Entrega.

El cuerpo humano para su mejor comprensión lo dividiremos, de mayor a menor complejidad y tamaño, de la siguiente manera: en primer lugar, se dividirá en aparatos y sistemas que son un conjunto de órganos que de manera coordinada trabajará en base a un objetivo o función; tenemos, al sistema nervioso, el sistema endocrino, el sistema respiratorio, el sistema cardiovascular, el sistema digestivo, el sistema renal, el aparato reproductor femenino y masculino. El funcionamiento de éstos, tanto en reposo como en el ejercicio, los revisaremos en los siguientes módulos.

A su vez, los aparatos y sistemas están compuestos por órganos como el corazón, los pulmones, los riñones, el cerebro, por nombrar algunos; cada órgano estará formado por tejidos como son el tejido epitelial, tejido conectivo, tejido nervioso, etc. Cada tejido está conformado por distintos tipos de células y otros elementos estructurales. Las células son la unidad fundamental del ser humano y, aunque algunas muy especializadas, todas con características físicas y funcionales muy similares. En este módulo nos centraremos principalmente en los procesos bioquímicos y la generación de energía dentro de la célula.

Todos estos procesos de absorción, almacenamiento, transformación y entrega de energía, cuando realizamos ejercicio físico, tienen como protagonistas a los siguientes tejidos: tejido graso, tejido muscular, tejido hepático.

La célula animal tiene una membrana (la membrana celular o membrana citoplasmática o en el caso de la célula muscular la membrana sarcoplasmática),

posee además un **citoplasma** o **citósol** que se encuentra rodeado por la membrana celular, en éste encontramos al núcleo y al resto de organelos. En el citósol se lleva a cabo dos de los **sistemas energéticos anaeróbico alactácidos y lactácidos**.

Las **mitocondrias** son organelos que se encuentran en el citósol, son las que principalmente nombraremos por darse dentro de éstas la **respiración celular (sistema energético oxidativo)**, proceso clave en nuestra bioenergética.

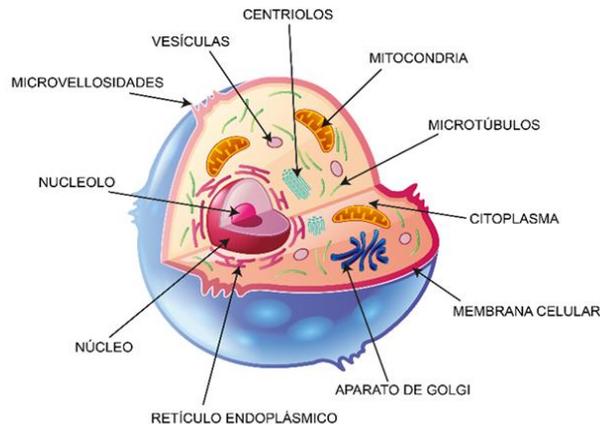


Fig. 1. La célula animal, identifique la membrana celular, el citósol y la mitocondria.

La energía química, se encuentra atrapada en los enlaces de carbono, las grasas y las proteínas.

La unidad de medida más común de la energía es la caloría (cal). Una caloría es la cantidad de energía calórica requerida para elevar la temperatura de un gramo de agua en 1°C. Una kilocaloría (kcal) o (Cal) es igual a 1.000 calorías y es la unidad que se utiliza con mayor frecuencia para describir el contenido energético de los alimentos y los requerimientos energéticos de diversas actividades físicas (generalmente cuando las personas hablan de la cantidad de calorías que tiene un alimento en realidad se están refiriendo a kilocalorías).

## Metabolismo

El organismo animal oxida carbohidratos, proteínas y grasas produciendo H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y energía necesaria para los procesos vitales:

- Anabolismo: La energía se almacena en el cuerpo en forma de compuestos de fosfato ricos en energía como proteínas y grasas, así como compuestos complejos. Entonces requerirá de energía para sintetizar nuevos compuestos.
- Catabolismo: Proceso lento y gradual que LIBERA ENERGÍA en cantidades pequeñas y utilizables, o sea se degradan a compuestos más simples con liberación de energía (caso de los sistemas energéticos que serán abordados más adelante).

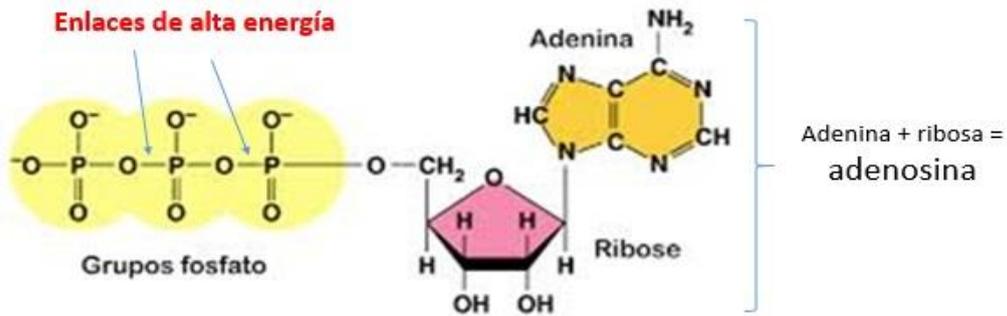


Fig.2.Reacciones anabólicas y catabólicas

### Adenosin Trifosfato ATP

Es un compuesto de alta energía, es *donador - receptor* de energía. Representa dos actividades transformadoras de energía de la célula:

- Extraer energía potencial del alimento y conservarla dentro de los enlaces de ATP.
- Extraer y transferir la energía química del ATP para impulsar el trabajo fisiológico.

La célula tiene otros compuestos de alta energía (fosfoenolpiruvato, fosfocreatina, etc.) pero el principal es el ATP.



Fig. 3 Estructura del Adenosina Trifosfato o ATP

Su aporte energético es limitado, por ello se resintetiza en todo momento en la célula. Este desequilibrio entre su uso y producción estimula la degradación de otros compuestos almacenados que también contienen energía.

En reposo, en una persona normal, el cuerpo podría almacenar de 80 a 100 g de ATP para que, en cualquier momento, pueda proporcionar suficiente energía intramuscular almacenada para impulsar algunos segundos de actividad física explosiva al máximo.

### **Sistemas energéticos**

Son los diferentes sistemas por los cuales el organismo, obtiene la energía para realizar el ejercicio. Puede definirse también como las diferentes maneras que los músculos obtienen el ATP.

#### **1. Sistema anaeróbico alactácido o sistema de la Fosfocreatina**

La energía (ATP) la obtiene de manera inmediata de la Fosfocreatina (PCr), en el citosol o citoplasma de las células musculares para la contracción. Provee de energía muy limitada, útil para un ejercicio muy intenso y de poca duración (de 5 a 30 segundos), no generando producción de lactato (por tal motivo se le conoce como sistema anaeróbico alactácido). Su reposición dependerá de un periodo de recuperación, que puede ser de escasos minutos.



En la reacción se ve que el ATP proviene de romper el enlace de la Fosfocreatina (PCr), por la enzima *Creatina Fosfoquinas*,



La segunda reacción para generar ATP, estaría mediada por la enzima Adenilato cinasa o Miocinasa por encontrarse en el músculo.

Tenemos algunos ejemplos de gestos o ejercicios muy cortos o explosivos que utilizan éste sistema predominantemente: una carrera de 100 metros planos, un salto alto, un arranque en levantamiento de pesas, un sprint durante un partido de futbol o rugby, lanzamiento de la jabalina.

#### **2. Sistema glicolítico no oxidativo o anaeróbico láctico**

Se da principalmente en el citosol de la célula. Dependerá de la intensidad de la actividad muscular, aportará energía aproximada en gestos deportivos que van desde 30 segundos a 2 minutos.

El sustrato principal es el glucógeno almacenado en el músculo, en cual pasará a glucosa (que es una hexosa por poseer 6 carbonos) ésta es fracturada por una serie de enzimas y dará lugar a la formación de 2 piruvatos (2 triosas por estar formado de 3 carbonos) y ésta a su vez a 2 lactatos, por un proceso conocido como **glicolisis anaeróbia** o **glicólisis rápida** o **Vía de Embden – Meyerhof**.



La glicolisis rápida o anaeróbica con 2 lactatos provenientes de dos piruvatos son fuente de ATP, muy limitada. Como vemos en la reacción se formará lactato e iones hidrogeno H<sup>+</sup>, con las consecuencias fisiológicas de ésta disminución de pH o acidosis intracelular. El metabolismo oxidativo es necesario para recuperar y restaurar inmediatamente a esta vía glicolítica anaeróbica.

Como ejemplos de ejercicios donde predomina este sistema energético tenemos: carreras de 200, 400 y 800 metros planos, los desplazamientos en el baloncesto, tenis y hockey.

La formación de piruvato a partir de glucosa se conoce como **glicólisis aeróbica**, por la cual el piruvato formado ingresa a la mitocondria dando lugar al Sistema Aeróbico o Sistema oxidativo.

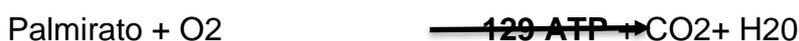
### 3. Sistema Aeróbico

La energía proviene de fuentes como carbohidratos, grasas y aminoácidos. La glucosa principalmente se almacena como glucógeno en músculo e hígado, el cual será fuente permanente de energía para la contracción de la célula muscular. El Sistema aeróbico u oxidativo es entonces el sistema energético que más ATP o energía aporta, dependiendo de la intensidad y el tiempo, predomina en ejercicios que duran desde dos minutos hasta horas.

#### Metabolismo Oxidativo



#### Metabolismo Oxidativo



En las reacciones vemos como sustrato tanto a la **glucosa** (carbohidrato simple) provenientes del glucógeno muscular y el **palmirato** (un ácido graso) el cual se acumulará en el musculo como triglicéridos intramusculares, éstos son las principales fuentes de energía en este sistema aeróbico u oxidativo, y su utilización dependerá de la duración del ejercicio.

Los carbohidratos serán utilizados como fuente cuando el esfuerzo es moderado de

larga duración, mientras que, en ejercicios más largos y ligeros, se utilizarán las grasas como fuente principal.

Este es el sistema energético se realiza en la mitocondria y proviene de los 2 piruvatos de la vía anterior. Lo que nos deja ver que existe una conexión entre los tres sistemas energéticos pero que en base a la intensidad y duración del ejercicio predominará uno sobre los otros dos, dando lugar al concepto llamado continuum energético.

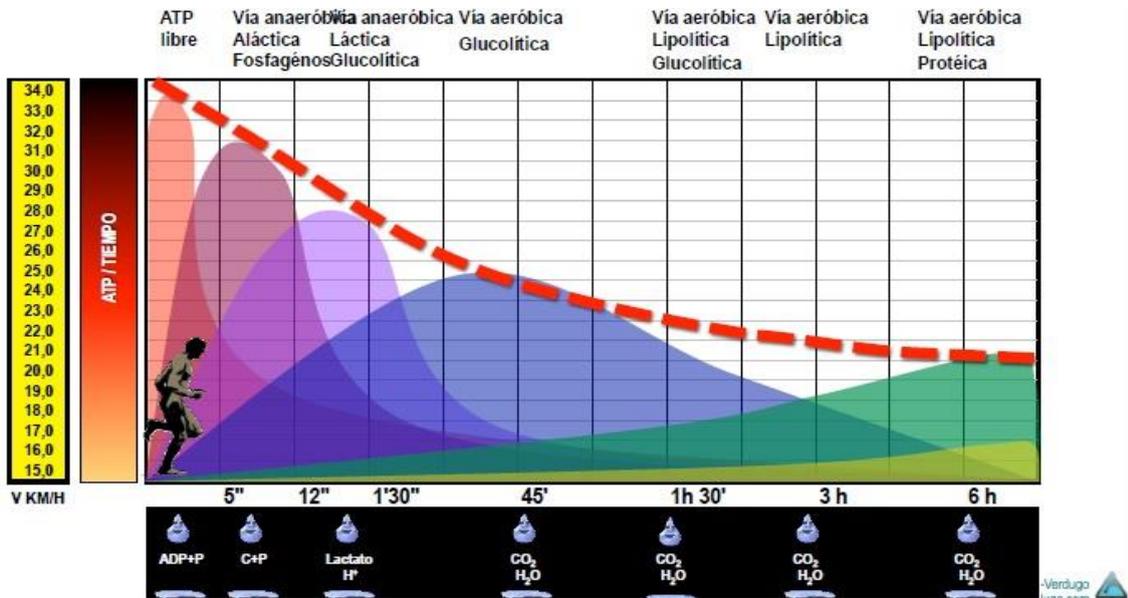


Fig. 4. Continuum energético (Mariano Garcia-Verdugo)

### **Fuentes Bibliográficas**

- Williams D. McArdle “Exercise Physiology: nutrition, energy, and Human performance” 8th edition. Editorial Wolters Kluwer Health Lippincott Williams and Wilkins. 2015.
- Brooks G. “Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its applications”. Fourth edition. Editorial Mc Graw Hill. New York. 2005.
- Murray R, Martin D, Rodwell V, Mayes P. “Bioquímica de Harper”. 14 ava. Edición. Editorial Manual Moderno. México. 1997.