EPHEDRA
FORMACIÓN

Introducción al metabolismo de los macronutrientes

Belén Hidalgo Valls

Octubre 2021

El músculo esquelético

El músculo esquelético es un órgano distribuido por casi todo el cuerpo y desempeña funciones importantes:

- Capacidad de contracción:
    1. Tono muscular, sostén
    2. Movimiento
- Funciones homeostáticas:
    1. Genera y acumula calor
    2. Almacena reserves energéticas
    3. Participa en el mantenimiento ácido-base

La contracción muscular

- Para la contracción muscular se necesita un aporte continuado de adenosin trifosfato (ATP)



La contracción muscular

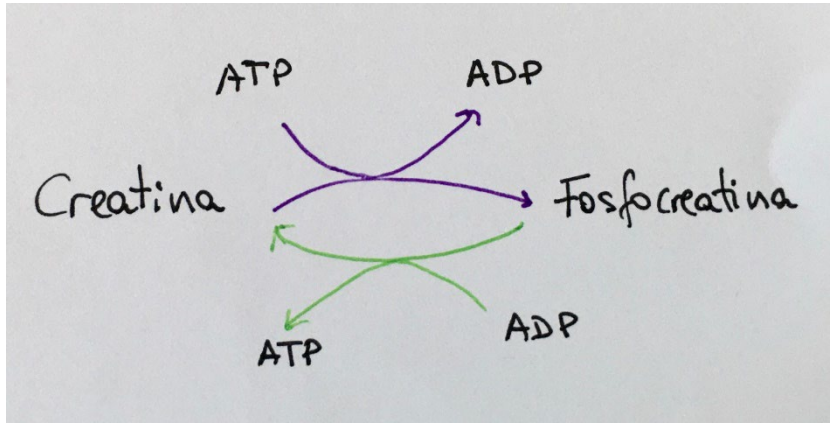
- El ATP es la fuente inmediata de energía para la contracción muscular.

- La célula muscular tiene una cantidad muy limitada de ATP

- Músculo: fuentes de ATP:
    1. Fosfocreatina
    2. Glucólisis anaeróbica
    3. Catabolismo aeróbico

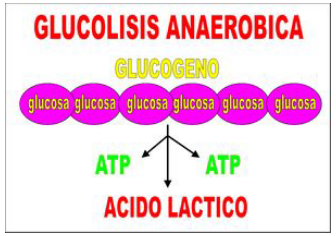
1. Fosfocreatina

- Donante inmediato de enlaces de fosfato ricos en energía
- Las reservas de fosfocreatina del músculo nos permiten mantener esfuerzos intensos durante un corto plazo de 10-20 segundos.



2. Glucólisis anaeróbica

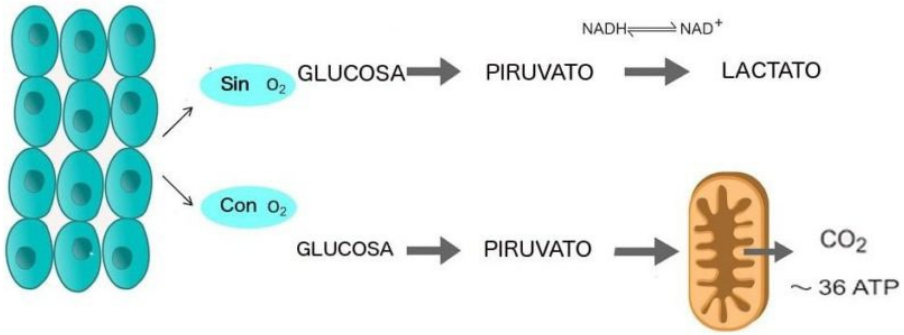
- El glucógeno muscular se convierte en ácido làctico, rindiendo 2 moléculas de ATP por cada glucosa.



- Ambos sistemas actuarían como un motor de arranque del sistema locomotor.

3. Catabolismo aeróbico

- En un ejercicio sostenido se requiere la regeneración aeróbica (en presencia de oxígeno) del ATP a partir de glucosa, ácidos grasos o aminoácidos.
- Vía mucho más eficiente en la obtención de ATP pero también más larga.



3. Catabolismo aeróbico

Esta vía incluye las siguientes fases:

- Glucolisis.
- Ciclo de los ácidos tricarboxílicos o ciclo de Krebs.
- Cadena transportadora de electrones.
- Fosforilación oxidativa.

3. Catabolismo aeróbico

- Los ácidos grasos libres son transformados (β-oxidación) en acetil-CoA, que se incorpora al ciclo de Krebs.
- Los aminoácidos pueden incorporarse como sustratos mediante vías gluconeogénicas (formación de glucosa a partir de aminoácidos) o bien por conversión en ácidos intermediarios del ciclo de Krebs (malato y oxalacetato).

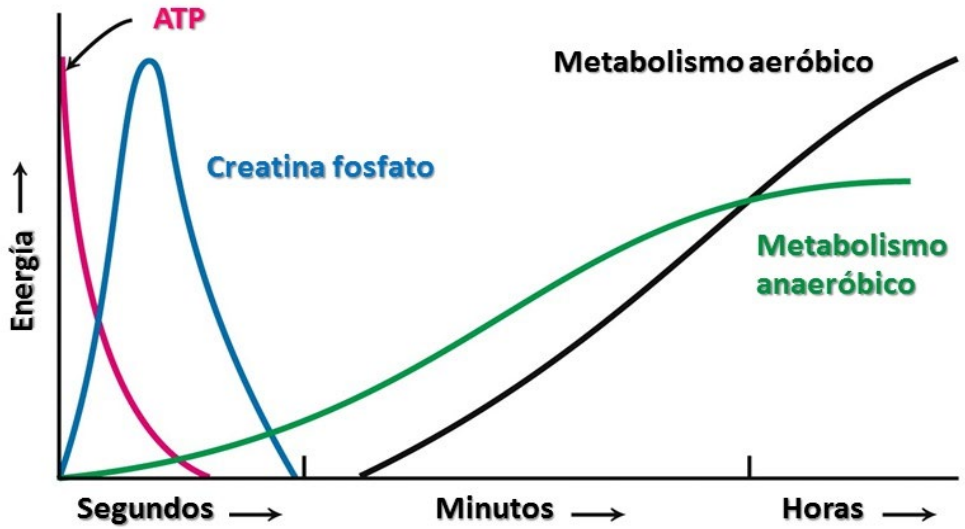
Sustratos utilizados por el músculo

La glucosa (a partir de glucógeno) puede utilizarse tanto por vía aeróbica como anaeróbica.

Los ácidos grasos libres (a partir de las grasas) y **los aminoácidos** (a partir de proteínas) sólo se pueden utilizar mediante el catabolismo aeróbico.

	Sistema de FOSFOCREATINA	Sistema del ÁCIDO LÁCTICO	Sistema AERÓBICO
Metabolismo	Anaeróbico (no utiliza oxígeno)	Anaeróbico (no utiliza oxígeno)	Aeróbico (sí utiliza oxígeno)
Productos de desecho		Ácido láctico	$CO_2 + H_2O$
Substrato energético	Creatínfosfato	Glucógeno	Glucógeno, grasas y proteínas
Modalidad deportiva	Muy alta potencia Mínima duración (5-10 segundos)	Alta potencia Duración corta	Prolongadas o de resistencia

Vías metabólicas durante el ejercicio



Inicio: rutas metabólicas anaeróbicas (reserva local de ATP y fosfocreatina) sin producción importante de lactato (metabolismo anaeróbico aláctico).

Después, el músculo pasa a utilizar glucosa por vías aeróbicas y anaeróbicas (según disponibilidad de O_2 y potencia demandada).

Tipos de fibras musculares

Fibras lentas o Tipo I



Fibras rápidas o Tipo II



Tipos de fibras musculares

LENTAS o TIPO I

- También denominadas rojas por su elevada densidad capilar
- Gran cantidad de mioglobina
- Muy resistentes a la fatiga (consumo lento de ATP)
- Movimientos lentos
- Metabolismo oxidativo

Tipos de fibras musculares

RÁPIDAS o TIPO II

- También denominadas fibras blancas por su baja densidad capilar
- Muy poca mioglobina
- Se fatigan rápidamente
- Movimientos rápidos, explosivos
- Consumen ATP a gran velocidad mediante mecanismos anaeróbicos (sin oxigeno)

¿Cuándo utilizaremos más glucosa?

- Dieta rica en hidratos de carbono y pobre en grasas,
- Si ingerimos hidratos de carbono (y poseemos importantes reservas de glucógeno muscular)
- O si tenemos bajos niveles plasmáticos de ácidos grasos libres.

¿Cuándo utilizaremos más grasa?

- Cuanto mayor sea la duración del ejercicio
- En una dieta rica en grasas y pobre en hidratos
- En estado de ayuno
- Con baja disponibilidad de hidratos o niveles bajos de glucógeno muscular
- En el entrenamiento de resistencia

Flexibilidad metabólica



Capacidad que tiene nuestro organismo de utilitzar las diferentes fuentes de energía según las condiciones externas y su demanda metabólica

El músculo y la flexibilidad metabólica

- El músculo esquelético representa más del 95% de las necesidades energéticas durante el ejercicio de moderado a vigoroso.
- El combustible proviene del glucógeno intramuscular, los triglicéridos, la glucosa plasmática y los ácidos grasos plasmáticos.
- Por lo tanto, el ejercicio requiere una tremenda flexibilidad metabólica para hacer frente a la demanda energética.

EPHEDRA
FORMACIÓN

¿Quién es más flexible?







Flexibilidad metabólica

- El músculo esquelético representa alrededor del 60-80% del aumento del metabolismo de la glucosa en respuesta a la insulina.
- Defectos en la oxidación de los ácidos grasos, la energía mitocondrial alterada y la acumulación de lípidos intramiocelulares se han asociado con la resistencia a la insulina y la diabetes tipo 2.
- Síndrome metabólico
- Enfermedades cardiovasculares

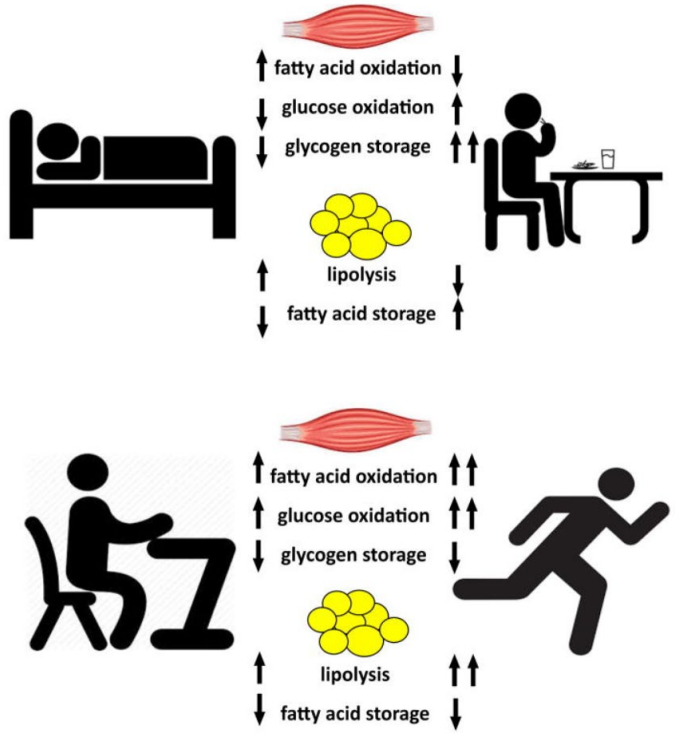
Poca flexibilidad en obesos

- La acumulación de triglicéridos en el músculo esquelético en la obesidad se deriva de la capacidad reducida de oxidación de grasas
- La inflexibilidad en la regulación de la oxidación de grasas, más que la absorción de ácidos grasos, está relacionada con la resistencia a la insulina.

Skeletal muscle fatty acid metabolism in association with insulin resistance, obesity, and weight loss.

Kelley DE, Goodpaster B, Wing RR, Simoneau JA. Am J Physiol. 1999;277:E1130–1141.

Cambios en el metabolismo energético



La flexibilidad metabólica tiene especificidad tisular en respuesta a las condiciones de ayuno y alimentación nocturnas y diurnas

Metabolic Flexibility in Health and Disease. Goodpaster BH, Sparks LM.
Cell Metab. 2017 May 2;25(5):1027-1036. DOI: 10.1016/j.cmet.2017.04.015. PMID: 28467922

EPHEDRA
FORMACIÓN

- Durante la noche, la oxidación de grasas varía según la edad y género. Las mujeres disminuyen la oxidación de glucosa antes, al dormirse
- Habrá menos oxidación de ácido grasos en mujeres con normopeso y grasa abdominal que en las que tiene una distribución de grasa más gluteofemoral
- La lipólisis mediada por catecolaminas tiene una diferencia más pronunciada entre los depósitos de grasa de la parte superior y la parte inferior del cuerpo en mujeres que en hombres.
- Las mujeres tienen una diferencia superior en la lipólisis mediada por catecolaminas de las diferentes grasas.
- La liberación de ácidos grasos libres por los depósitos de grasa subcutáneos de la parte superior del cuerpo es mayor en los hombres que en las mujeres, Los hombres liberan más ácidos grasos libres desde el tejido subcutáneo de la parte superior y les afecta menos el efecto antilipolítico de la ingestión de comida
- La proporción de energía derivada de la grasa durante el ejercicio es mayor en mujeres que en hombres

Metabolic flexibility during sleep. Zhang S, Tanaka Y, Ishihara A, Uchizawa A, Park I, Iwayama K, Ogata H, Yajima K, Omi N, Satoh M, Yanagisawa M, Sagayama H, Tokuyama K. Sci Rep. 2021 Sep 8;11(1):17849. DOI: 10.1038/s41598-021-97301-8. PMID: 34497320
Effect of Fat Mass Localization on Fat Oxidation During Endurance Exercise in Women. Laurie Isacco, Gaël Ennequin and Nathalie Boisseau Front Physiol. 2020; 11: 585137.Published online 2020 Oct 22. DOI: 10.3389/fphys.2020.585137 PMCID: PMC7642265 PMID: 33192597

Casos prácticos

- Halterofilia
- Velocista
- Maratoniano
- Ciclista

EPHEDRA
FORMACIÓN

Gracias ;)