

# NUTRICIÓN DEPORTIVA

DIGESTIÓN; ABSORCIÓN Y METABOLISMO DE  
LOS H DE C Y PROTEÍNAS

Lic. Ximena Janezic  
[ximenajanezic@gmail.com](mailto:ximenajanezic@gmail.com)

# Regulación endócrina del metabolismo de H de C

- **Insulina**

- Anabólica: aumenta almacenamiento de glucosa, aa y ácidos grasos
- Hipoglucemiante

- **Glucágon**

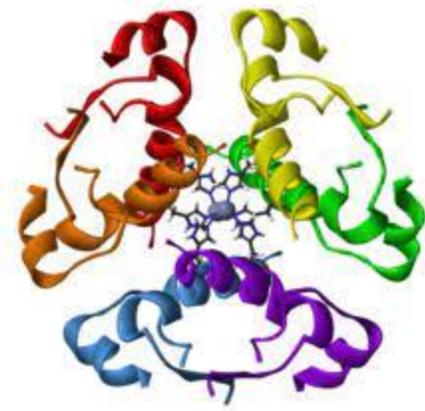
- Catabólico: moviliza reservas de estos nutrientes a la sangre
- Hiperglucemiante

- **Adrenalina y Noradrenalina**

# Hormonas que participan en la regulación de los niveles de glucosa en sangre

Hormona	Es estimulada por:	Su acción es:
<b>Insulina</b>	Aumento de glucosa en sangre	Disminuir la glucosa en sangre
<b>Glucágon</b>	Disminución de glucosa en sangre	Estimula gluconeogénesis del hígado aumentando la glucosa en sangre
<b>Adrenalina</b>	Esfuerzo debido al ejercicio Disminución de glucosa en sangre	Estimula degradación del glucógeno y la liberación de glucosa por el hígado, aumentando niveles en sangre
<b>Noradrenalina</b>	Esfuerzo debido al ejercicio Disminución de glucosa en sangre	Estimula la degradación de las proteínas la gluconeogénesis, aumenta la glucosa en sangre

# Rol de la Insulina

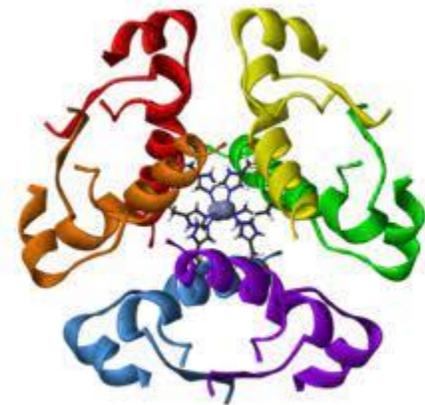


Hormona que facilita la captación y utilización de la glucosa por los tejidos corporales, sobre todo tejido muscular y adiposo

- ✓ Reduce concentración de glucosa plasmática
- ✓ Inhibe liberación de glucosa hepática
- ✓ Promueve síntesis de glucógeno muscular y hepático
- ✓ Promueve síntesis de grasa
- ✓ Inhibe liberación de ácidos grasos por parte del tejido adiposo
- ✓ Incrementa el ingreso de aminoácidos al músculo y aumenta la síntesis proteica.

# Durante el ejercicio

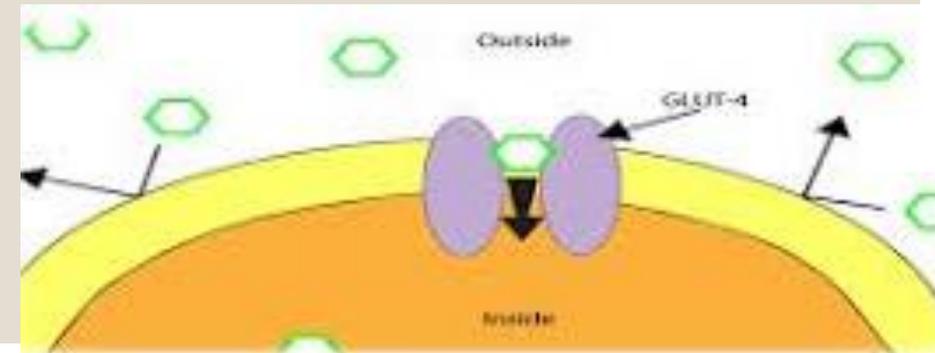
- ✓ Los valores de insulina descienden debido al aumento de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina)
- ✓ La captación de glucosa sanguínea por parte del músculo se produce aún cuando los niveles de insulina son bajos
- ✓ El aumento de  $Ca$  intracelular estimula a los Glut 4 que permiten la entrada de glucosa al músculo activo



# Regulación del transporte de la glucosa al músculo

La glucosa entra a la fibra por difusión facilitada a través del sarcolema. Mediadores, transportadores: GLUT

- ✓ GLUT 4 es reclutado a superficie de membrana en respuesta a insulina y a la contracción muscular
- ✓ Fibras tipo I contienen más cantidad de GLUT 4 que las tipo II (1/4)
- ✓ GLUT 1 en menor cantidad (5-10%)



# Metabolismo de glucógeno hepático y glucosa sanguínea

**En reposo:** liberación de glucosa por parte del hígado a la sangre

- 150 mg/minuto
- 60% deriva de glucógeno - 40% de gluconeogénesis

**Durante ejercicio** ( $\geq 75\% \text{VO}_{2\text{máx}}$ )

- Aumenta a 1 g/min
- 90% proviene del glucógeno

**En condiciones normales y ejercicios de intensidad constante:**

- glucosa estable x 2 hs.
- Se equipara tasa de liberación de glucosa hepática con la tasa de consumo de glucosa muscular

**Ejercicios prolongados**

- Tasa de consumo de glucosa muscular se mantiene constante, pero tasa de liberación de glucosa hepática disminuye – depleción gradual de glucógeno
- Se incrementa gluconeogénesis hepática, pero no alcanza a compensar
- Fatiga

- Son muchos los mecanismos fisiológicos que operan para mantener la **glucemia estable**, pero en práctica deportiva puede afectarse en dos situaciones:

### **Deportes cortos de alta intensidad (menos de 60 seg.)**

- Aumento de glucosa sanguínea por encima de valores normales
- Aumento de catecolaminas que promueven glucógenolisis hepática = aumento de glucosa en sangre
- El músculo utiliza su propia reserva



## Deportes largos de moderada intensidad ( $\geq 60$ minutos)

- Disminución de insulina
- Aumento de glucágon y catecolaminas
- Se incrementa glucogenólisis hepática para mantener glucemia
- Cuando el glucógeno hepático se depleciona, sino ingiero H de C = hipoglucemia



# Metabolismo del glucógeno muscular durante el ejercicio

- Se incrementa de forma exponencial según se vaya incrementado intensidad de la actividad

## Tasa de ruptura de glucógeno muscular

- 50%  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  = 0.7 mmol/kg/min
- 75%  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  = 1.4 mmol/kg/min

**A intensidades  $\geq 60\% \text{VO}_{2\text{max}}$**  puede comenzar fatiga consecuencia de factores como deshidratación, hipertermia, incluso aburrimiento

**A intensidades  $\geq 90\% \text{VO}_{2\text{max}}$**  fatiga producto de la depleción de glucógeno muscular

- El tiempo que transcurra hasta la fatiga es directamente proporcional a la concentración de glucógeno muscular
- Manipulación dietética = consumo de hidratos exógenos, sobrecarga de glucógeno

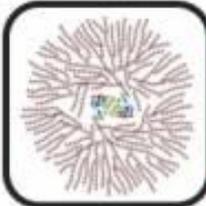
# Reserva de glucógeno

## Muscular

- 300 – 600 gramos
- Función : Brindar energía durante la actividad moderada e intensa

## Hígado

- 80 – 110 gramos
- Función: Mantener constante glucosa en sangre

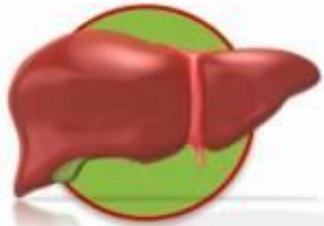


# GLUCÓGENO: ¿DÓNDE SE ENCUENTRA EN EL CUERPO HUMANO?

Diseñado por Aitor Viribay Morales – [www.glut4science.com](http://www.glut4science.com)



**GLUT4**  
science



## HÍGADO

En torno a **100g**:

- Regulación Glucemia (enzima **Glucosa 6 Fosfatasa**)
- Síntesis dependiente de **Glucosa y Fructosa**.



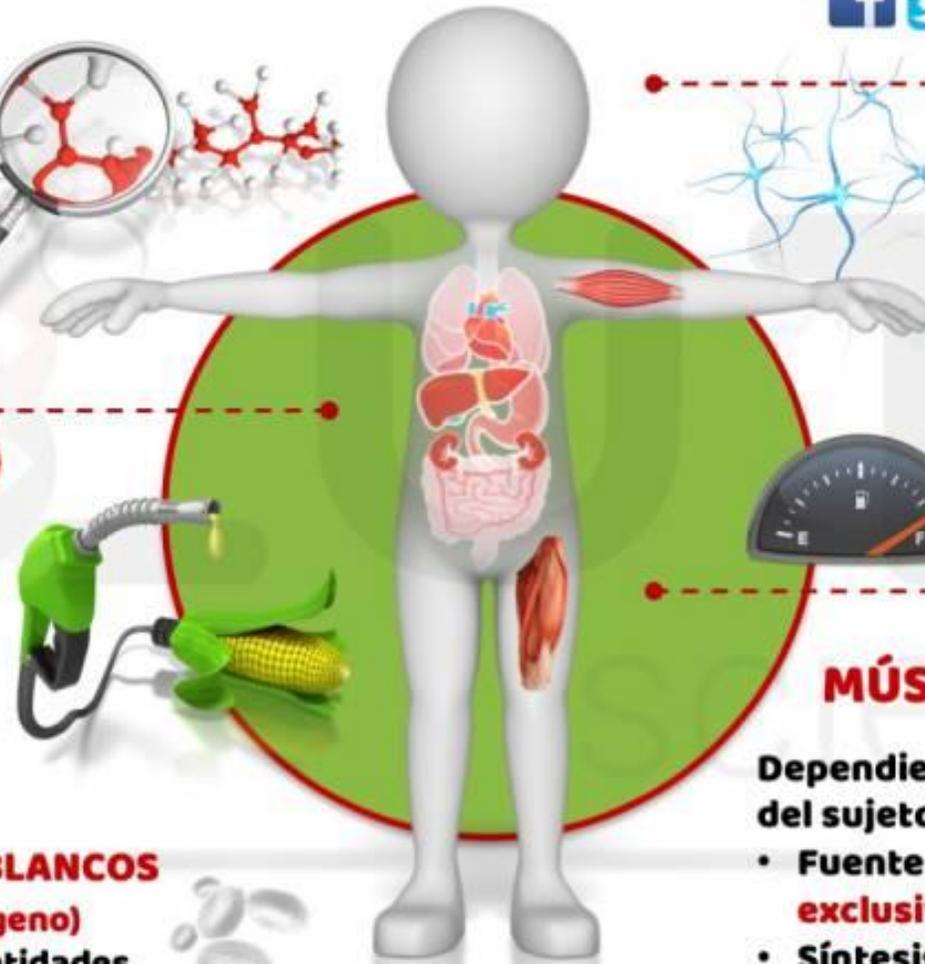
## RIÑONES

Pequeña cantidad muy poco significativa.



## SANGRE Y GLÓBULOS BLANCOS

**5 g de GLUCOSA** (no glucógeno) sanguínea + pequeñas cantidades en glóbulos blancos



## CEREBRO

Por determinar cantidad:

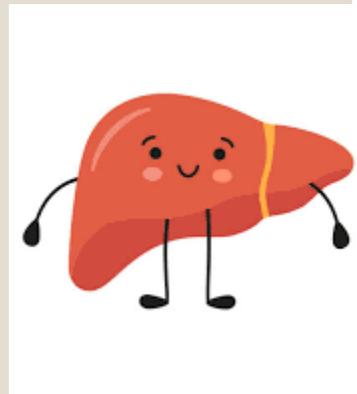
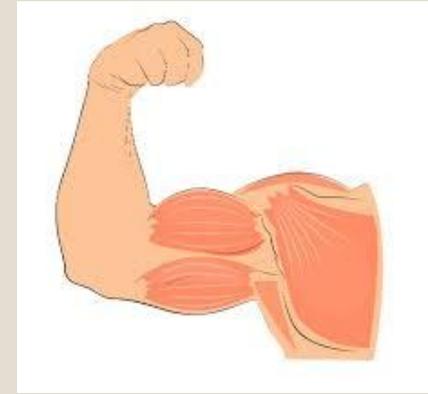
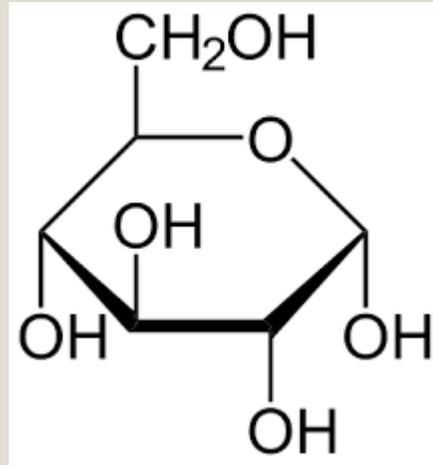
- En los **astrocitos** (recientes descubrimientos).
- ¿Posible relación con la **fatiga central**?

## MÚSCULO

Dependiendo de la masa muscular y nivel del sujeto: aprox. **400g**:

- Fuente energética biodisponible **exclusivamente** del músculo.
- Síntesis **dependiente de glucosa**.
- Función extra: **señalizador y regulador**.

Hidratos de Carbono → Glucosa → Glucogenogénesis



Glucógenolisis



Glucosa



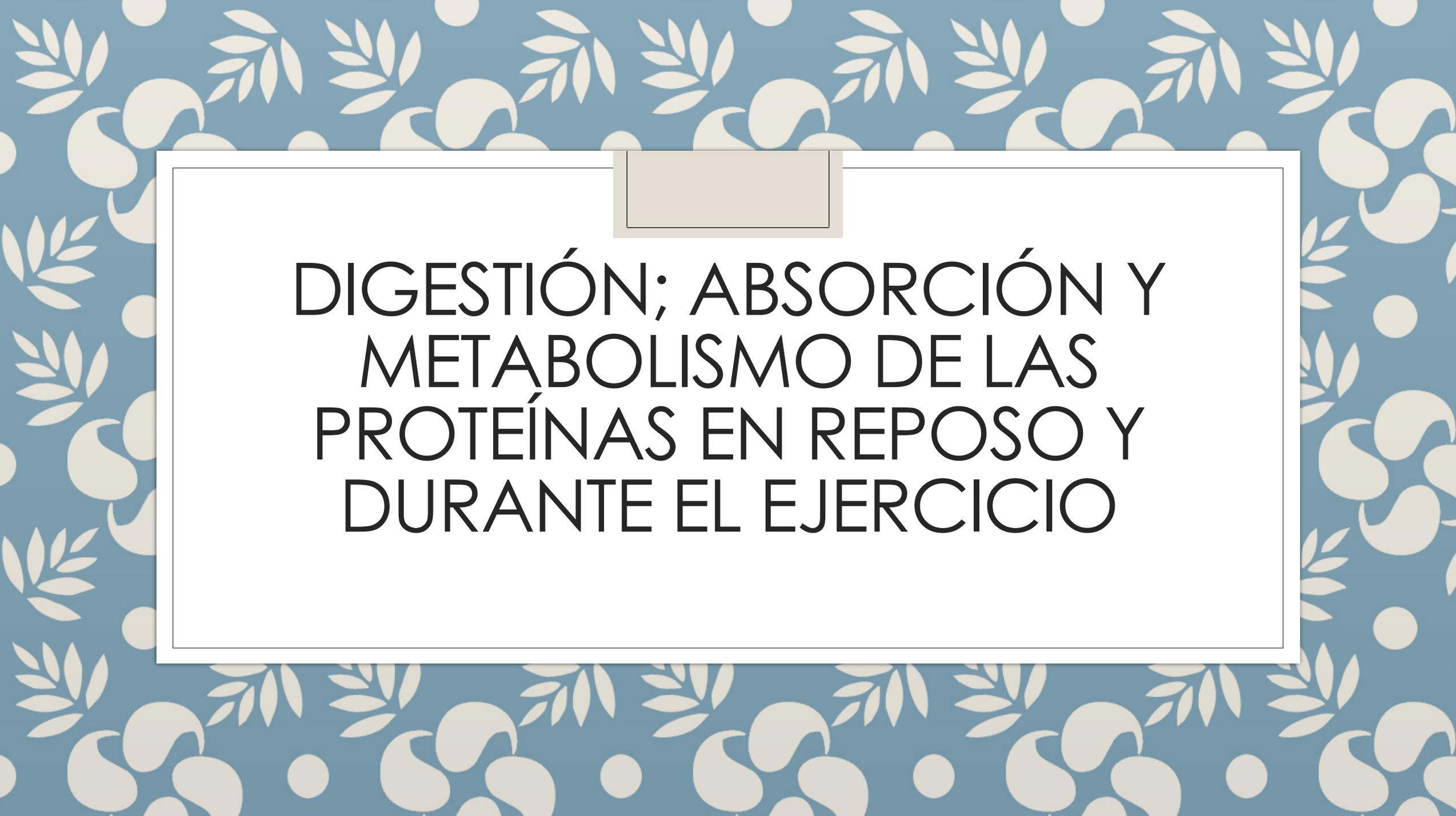
Glucólisis



Energía

Gluconeogénesis





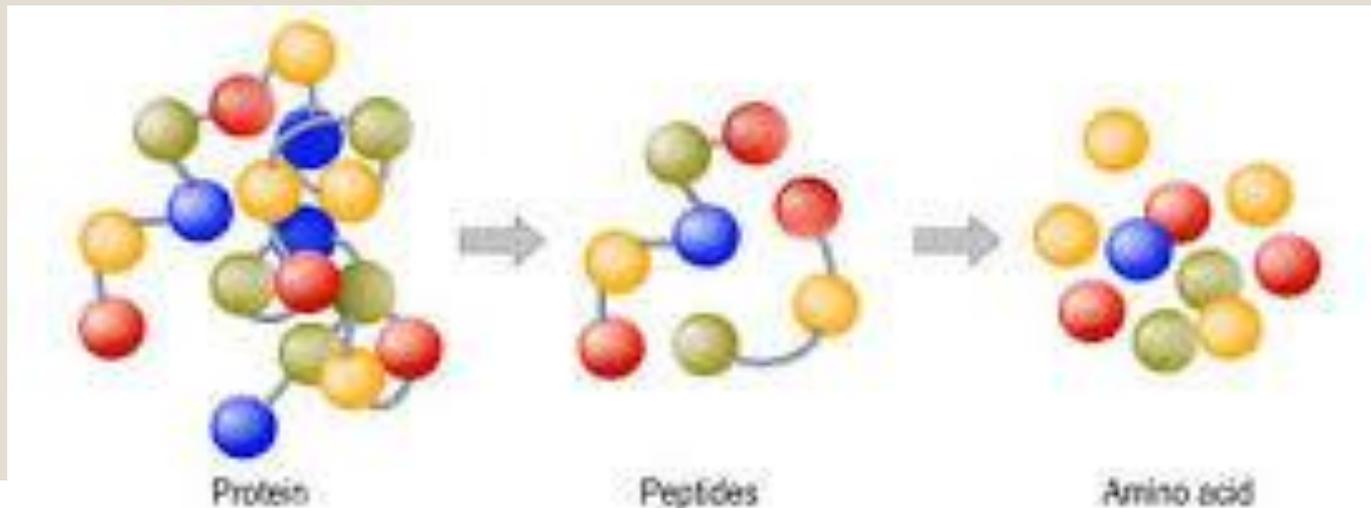
DIGESTIÓN; ABSORCIÓN Y  
METABOLISMO DE LAS  
PROTEÍNAS EN REPOSO Y  
DURANTE EL EJERCICIO

# PROTEÍNAS

Las unidades simples que componen a las proteínas: las denominamos:

## Aminoácidos (aa)

- Los aa se unen y forman péptidos
- Los péptidos se unen y forman proteínas



# Proteínas

## Digestión

- Comienza en el estómago = se activa la pepsina (hidroliza a cadenas cortas de péptidos)
- 15% de las proteínas de la ingesta se hidrolizan aquí

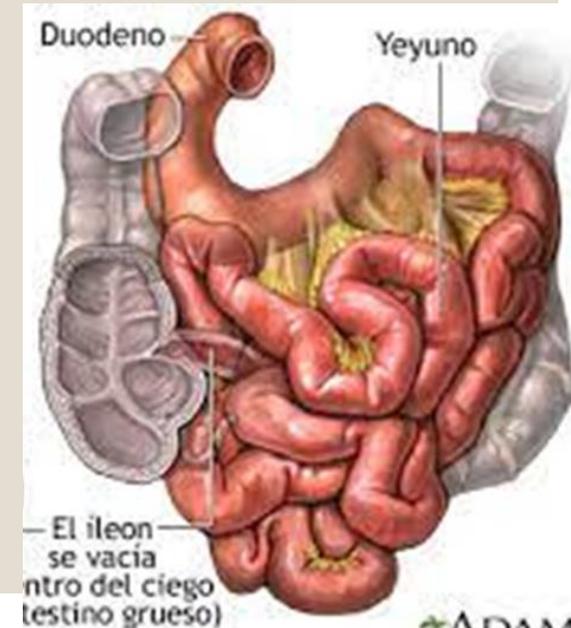
J Sports Sci Med. 2004 Jun; 3(2): 60–63. Published online 2004 Jun 1.  
Protein Hydrolysates in Sports and Exercise: A Brief Review. Anssi H.  
Manninen



# Proteínas

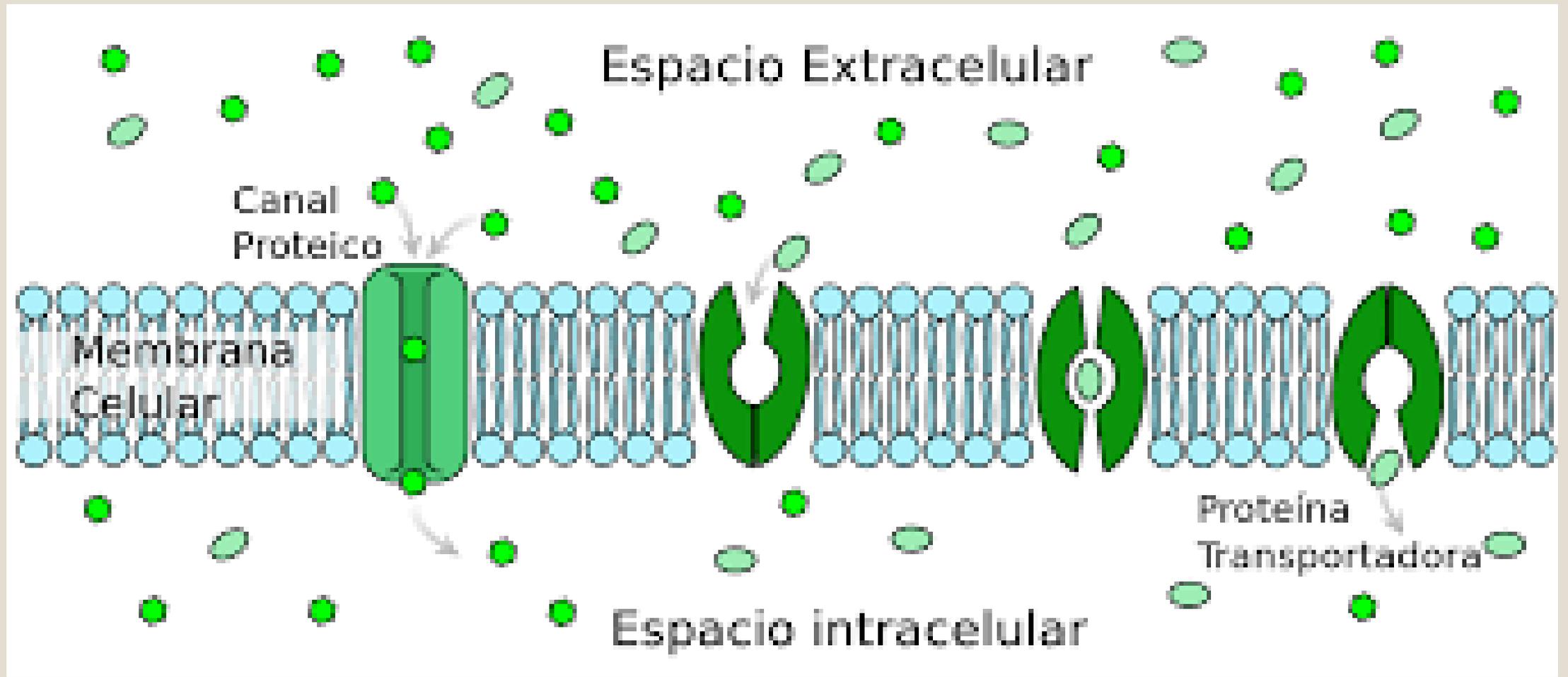
## Digestión

- La mayor parte se produce en duodeno  
=tripsina= hidroliza en tripéptidos, dipéptidos y aa libres
- La digestión se completa en el ribete en cepillo de células intestinales
- Una pequeña parte de péptidos puede pasar hacia el interior de la célula por medio de transportadores
  - Muchos estudios demostraron que por esto se pueden absorber más rápido que aa libre



J Sports Sci Med. 2004 Jun; 3(2): 60–63. Published online 2004 Jun 1.

Protein Hydrolysates in Sports and Exercise: A Brief Review. Anssi H. Manninen



# PROTEÍNAS

## Absorción

- La mayoría de los **aa** y péptidos se absorben en intestino delgado, antes de llegar al final del yeyuno
- Algunos **aa** permanecen en células epiteliales y se utilizan para formar enzimas y nuevas células
- Los **aa**, dipéptidos y tripéptidos se absorben por transporte activo acoplado al sodio.
- **Requiere energía y transportador**
  - Hay 4 tipos de transportadores: **aa** neutros, **aa** básicos, **aa** ácidos y uno específico para prolina e hidroxiprolina
  - Los **aa** libres , una vez absorbidos, viajan a hígado por vena porta
  - Los tripéptidos y dipéptidos una vez hidrolizados, pasan al torrente sanguíneo

# PROTEÍNAS

## Metabolismo

- ✓ Hígado = rol fundamental = sintetiza mezcla equilibrada de **aa** para los diversos requerimientos de proteínas del organismo
- ✓ Luego se liberan al torrente sanguíneo como **aa** libres o como proteínas plasmáticas
- ✓ 5 - 10 minutos los **aa** libres desaparecen por el intercambio constante entre tejido



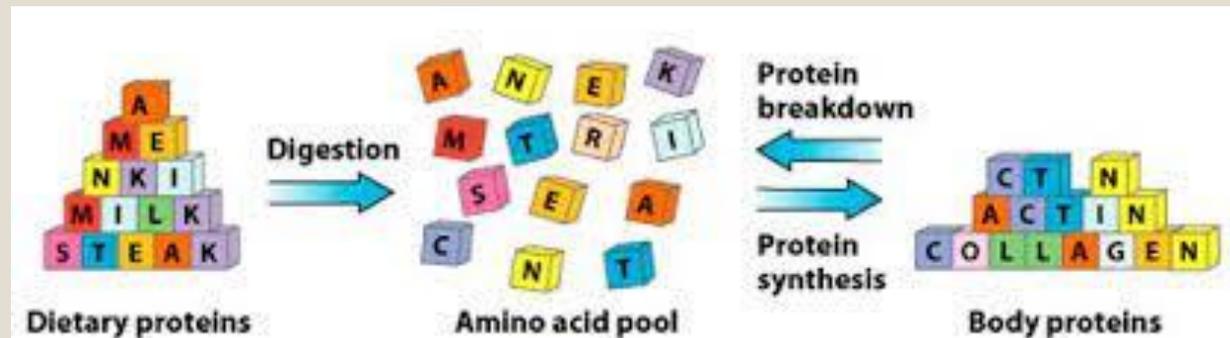
# PROTEÍNAS

- Las proteínas **no se almacenan** = nitrógeno
- Los niveles en sangre se regulan por equilibrio entre síntesis y degradación
- Destino metabólico más importante de **aa** = formación de proteínas específicas
  - Estructurales = tejido muscular
  - Funcionales = enzimas, hormonas, etc.
- Los **aa** también son precursores de neurotransmisores, de catecolaminas y de la síntesis de creatina y carnitina

# “Pool” dinámico de aa libres

Camino fisiológico por los que los aa pueden entrar en ese “pool”

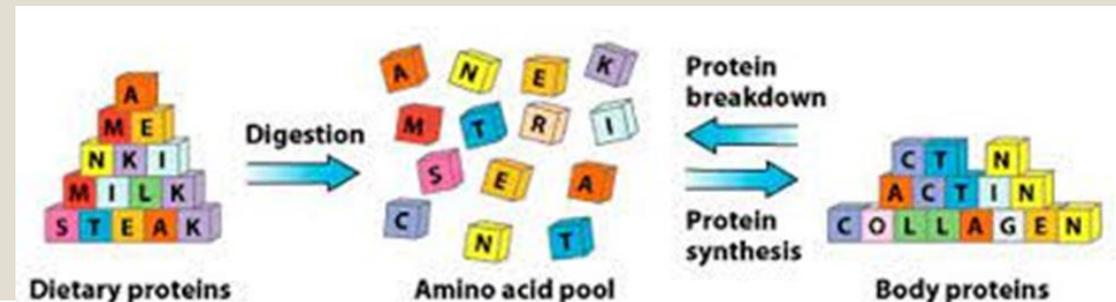
- A través de proteínas alimentarias (digestión)
- Por ruptura de proteínas en los tejidos
- Como **aa** no esenciales formados en el cuerpo



# “Pool” dinámico de aa libres

Una vez en el “pool” pueden metabolizarse por diferentes vías:

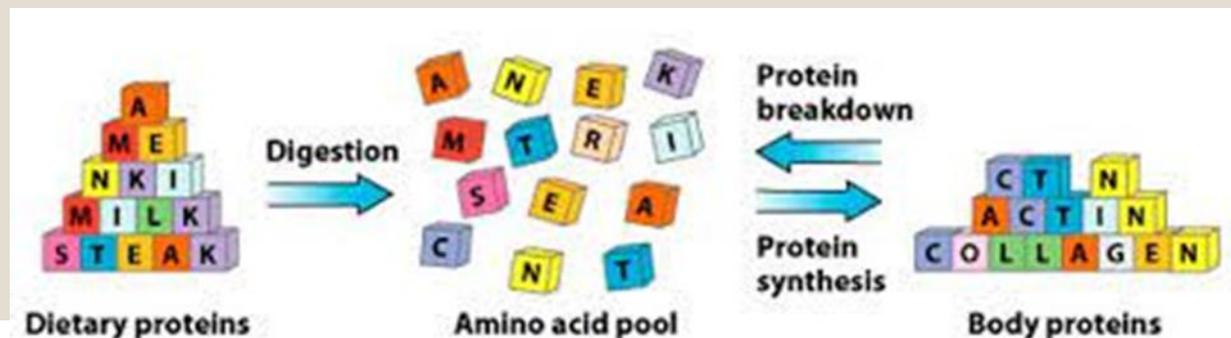
- ✓ Reabsorberse en intestino
- ✓ Convertirse en otras proteínas
- ✓ Convertirse en Acetil CoA o intermediarios del Ciclo de Krebs y ser oxidados en mitocondria
- ✓ Convertirse en glucosa (gluconeogénesis) o grasas (lipogénesis)
- ✓ Eliminarsse en orina y sudor



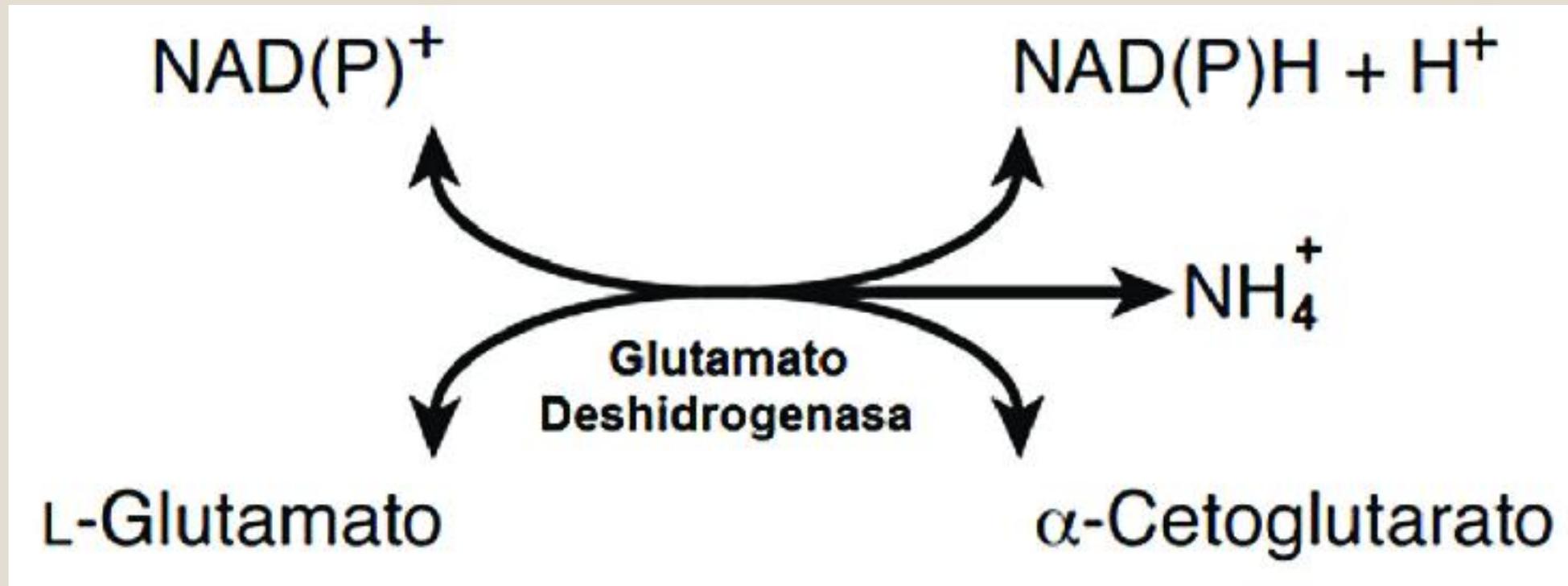
# “Pool” dinámico de aa libres

Son varios los factores que regulan el destino metabólico de los **aa**

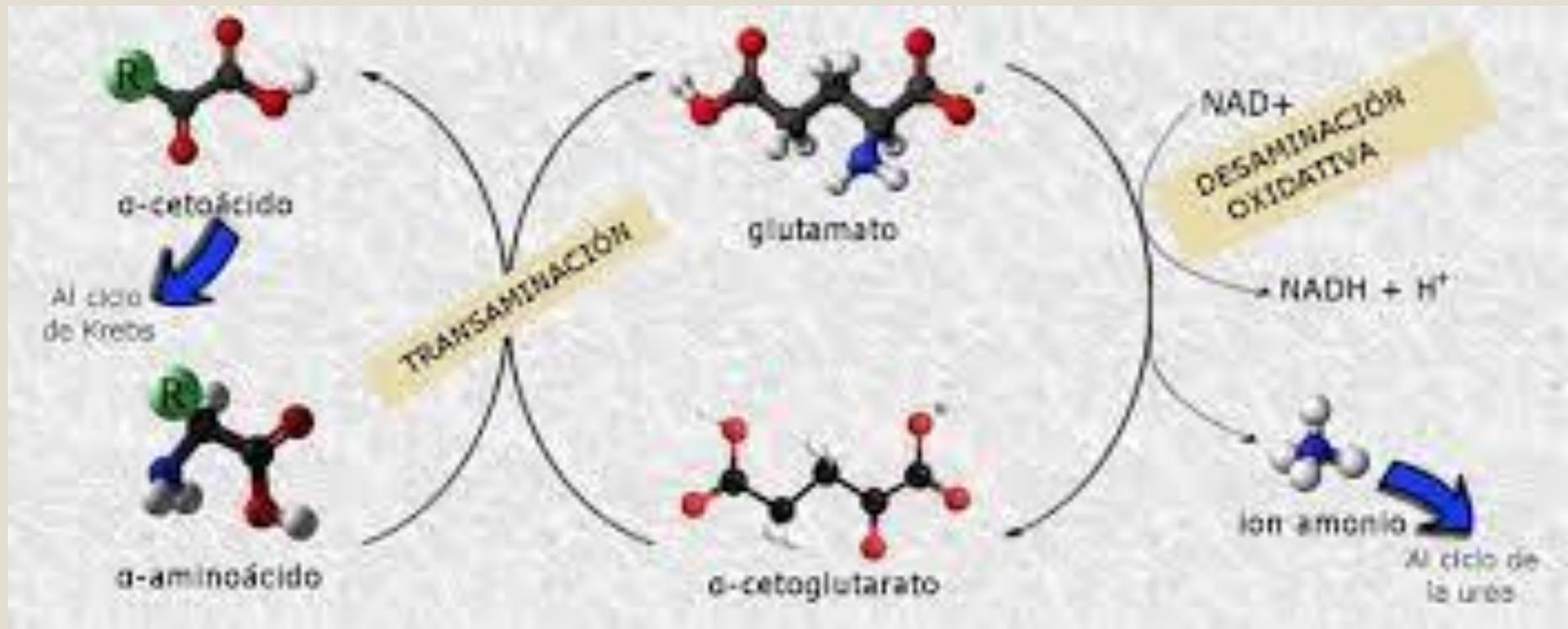
- ✓ Estado nutricional y fisiológico del individuo
- ✓ Ingesta calórica
- ✓ Disponibilidad de todos los aa necesarios para la síntesis de proteínas, en cantidades suficientes (ley del todo o nada)



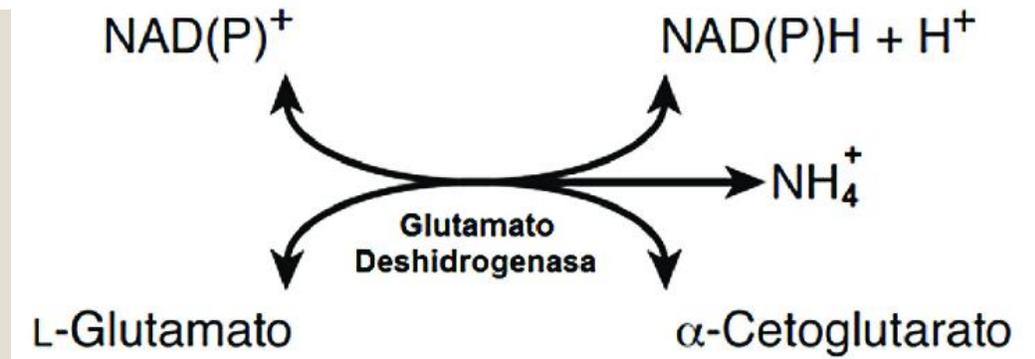
# Desaminación



# Desaminación - Transaminación



# Desaminación

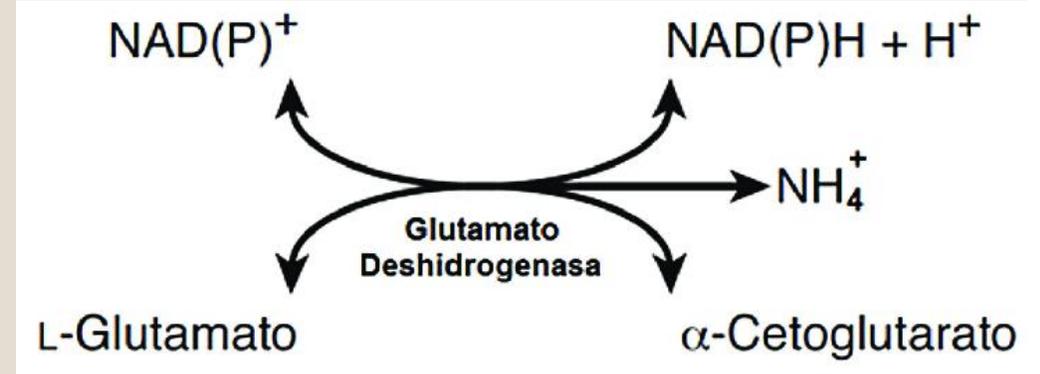


Grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) es retirado del **aa**

Hígado detecta aumento de nitrógeno y convierte en  $\text{NH}_4$  :

- Convertirse en urea en hígado y ser excretado por riñón
- Utilizarse para producción de compuestos no proteicos: creatina, creatinina, ácido úrico o purinas
- Formar otros **aa** dispensables por transaminación
- Ser tomado por otro **aa** para producir una amina

# Desaminación



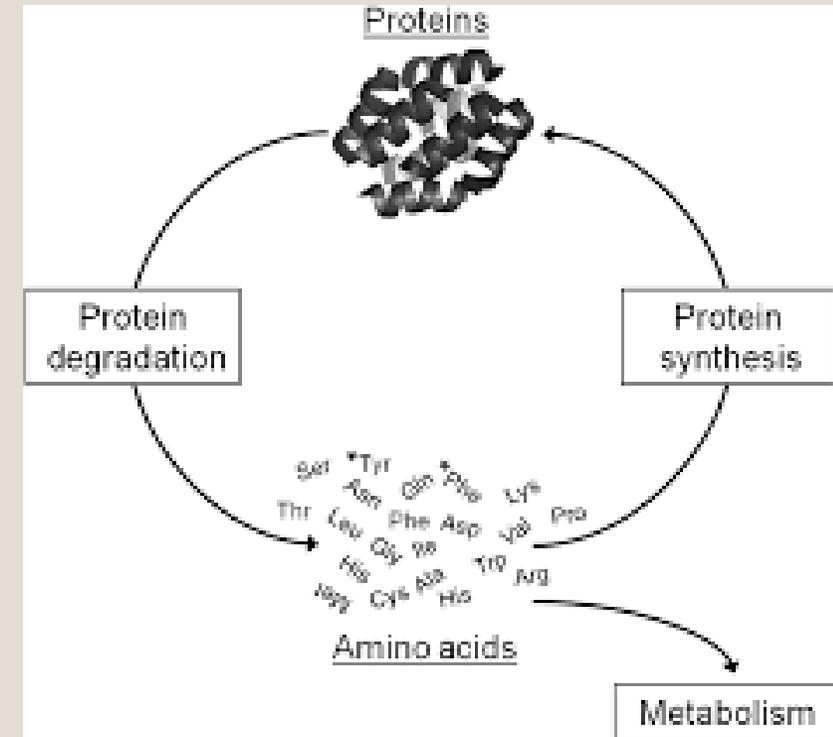
## Alfa-cetoácido (aa sin NH<sub>2</sub>)

- Convertirse nuevamente en aa (transaminación)
- Convertirse en glucosa
- Oxidarse para energía
- Convertirse en grasa

# “Turnover” proteico

## “Recambio”

- Procesos de síntesis y degradación proteica que se producen permanentemente en el músculo
- Relación entre estos = Balance neto de proteínas
  - Balance Neto Positivo = > anabolismo (síntesis)
  - Balance Neto Negativo = > catabolismo (degradación)



# Proteínas y Ejercicio

- ✓ No son fuente de energía, pueden aportar entre 5-10%
- ✓ Cuando glucógeno muscular disminuye aumenta entre 35-55% catabolismo proteico.
- ✓ Mientras la tasa de degradación proteica se incrementa moderadamente durante ejercicio, cuando la actividad cesa se estimula marcadamente la síntesis proteica
  - **Excepción a esta regla: deportista que consume inadecuada cantidad de energía o de CHO**

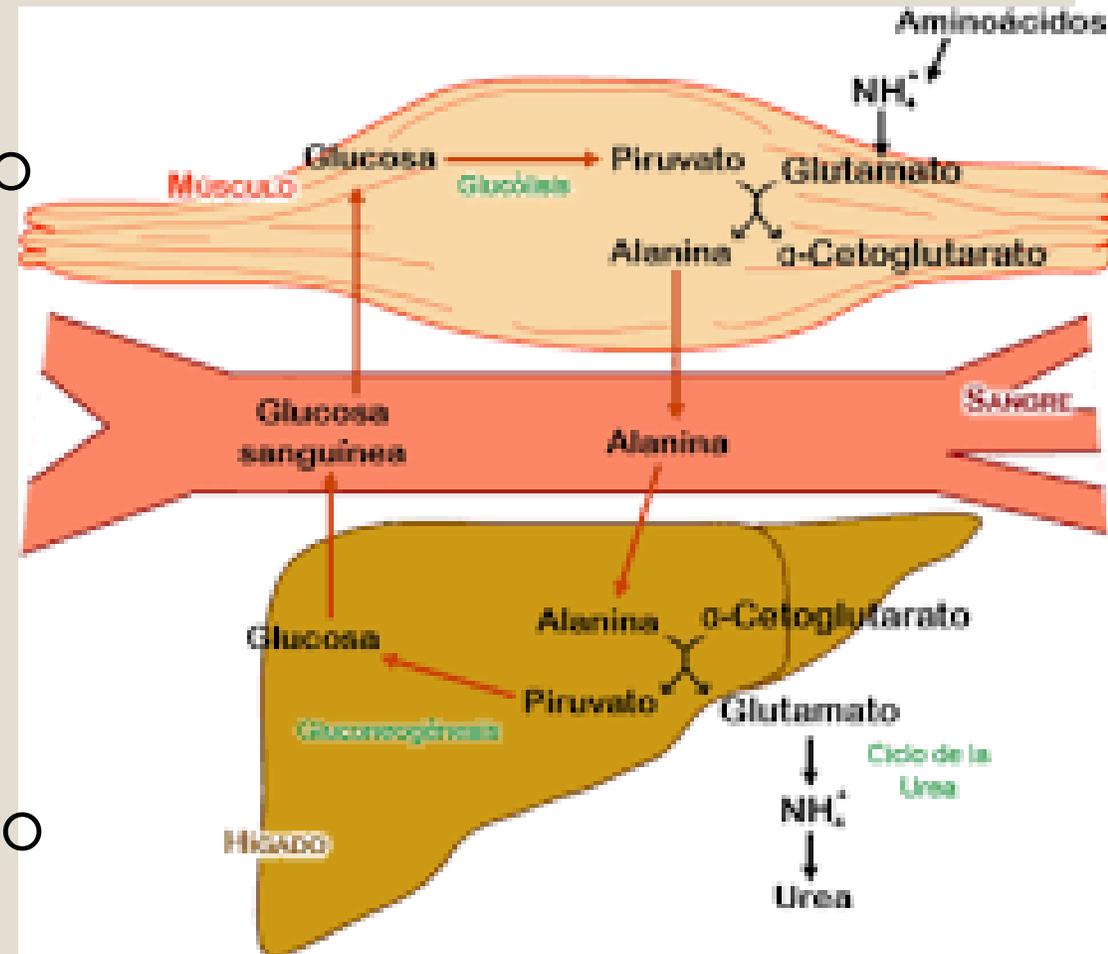
# Proteínas y Ejercicio

- Hígado puede oxidar mayoría de los 20 **aa**
- Músculo sólo 6: asparagina, aspartato, glutamato, AACR (leucina, isoleucina y valina). Los últimos, los más abundantes en músculo (20%)
  - Leucina: su tasa de oxidación es la que más se incrementa con el ejercicio
- Los **aa** utilizados durante el ejercicio provienen de la degradación de proteínas tisulares, principalmente del propio músculo: Actina y miosina (66%)

# Ciclo Glucosa - Alanina

Tasa de oxidación de leucina aumenta:

- Productos intermedios del catabolismo de leucina se combinan con piruvato en célula muscular para ser convertidos en alanina y alfa-cetoácido
- Alfa-cetoácido entra a ciclo de Krebs para generar energía
- Alanina: viaja hacia hígado para:
  - Unirse al alfa-cetoácido => piruvato
  - formar urea y ser excretada



# Proteínas y Ejercicio

- El aumento de alanina es directamente proporcional a la disponibilidad de AACR e inversamente proporcional a la disponibilidad de glucógeno
- El ejercicio incrementa pérdidas de proteínas por orina
  - $A > \text{intensidad} > \text{pérdida}$

Esto enfatiza rol importante de H de C en la **protección** de las proteínas musculares

# Proteínas y Ejercicio

## Deportes de fuerza

Cambios en el tamaño del músculo resultado de la relación entre síntesis y degradación de proteínas

## Después de ejercicio de fuerza:

- Medio hormonal estimula síntesis
- Aumenta tasa de degradación
- Menor si hay disponibilidad de energía y **aa** post esfuerzo

En los ejercicios de fuerza: aumento de proteínas miofibrilares



# Proteínas y Ejercicio

## Deportes de resistencia

- ✓ Oxidación de proteínas se incrementa
- ✓ Necesidades de proteínas pueden incrementarse para reparar daño muscular producto de actividades de alta intensidad
- ✓ Ejercicios de resistencia: formación de proteínas para biogénesis mitocondrial



# Protein metabolism step by step

## Protein intake

Proteins are made up of 20 amino acids (AA) of which 11 are essential (EAA) so we need to eat enough protein to get the EAA.

1



## Stomach

Proteins will start to be broken down into amino acids in the stomach.

2



## Circulation

Amino acids are transported to the muscle via the blood.

5



## Intestine

After protein digestion the amino acids will be absorbed and sent to the liver.

3



**Liver** extracts a significant portion of the AA letting only ~30% of AA we ingest into the circulation

4



## Muscle

AA are  
1. Used for protein synthesis  
2. Converted to other amino acids  
3. Oxidized

6

