

NUTRICIÓN DEPORTIVA

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

Lic. Ximena Janezic
ximenajanezic@gmail.com

Regulación endócrina del metabolismo de H de C

- **Insulina**

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

- **Glucágon**

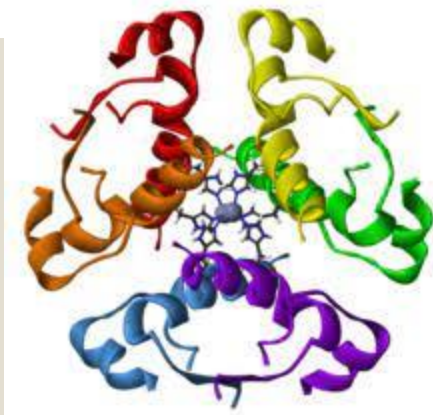
- Catabólico: moviliza reservas de estos nutrientes a la sangre
- Hiperglucemiante

- **Adrenalina y Noradrenalina**

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

Hormona	Es estimulada por:	Su acción es:
Insulina	Aumento de glucosa en sangre	Disminuir la glucosa en sangre
Glucágon	Disminución de glucosa en sangre	Estimula gluconeogénesis del hígado aumentando la glucosa en sangre
Adrenalina	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
Noradrenalina	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

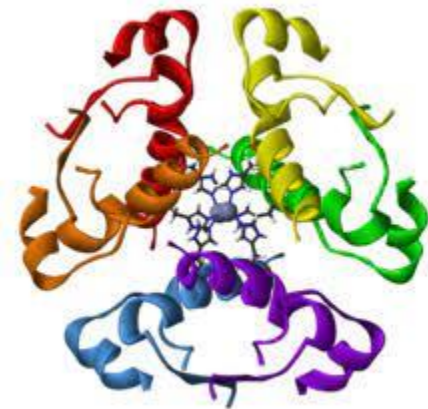


Hormona que facilita la captación y utilización de la glucosa por los tejidos corporales, sobre todo tejido muscular y adiposo

- ✓ 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

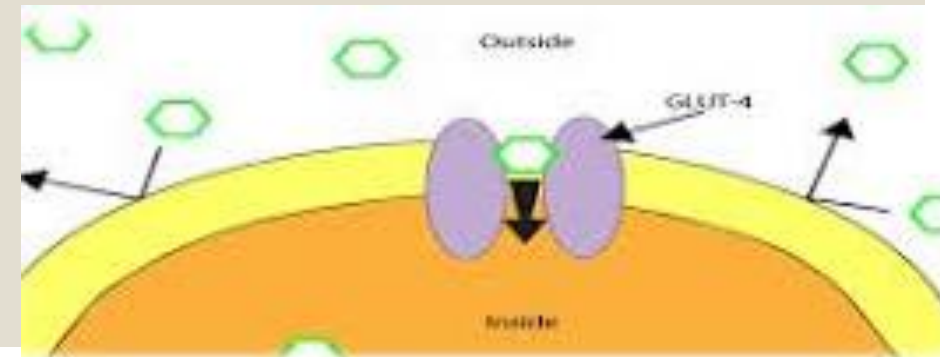
- ✓ Los valores de insulina descienden debido al aumento de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina)
- ✓ La captación de glucosa sanguínea por parte del músculo se produce aún cuando los niveles de insulina son bajos
- ✓ El aumento de Ca intracelular estimula a los Glut 4 que permiten la entrada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

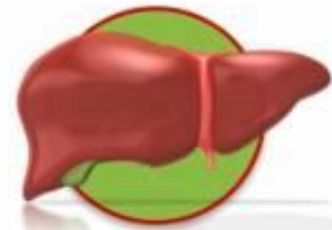


GLUCÓGENO: ¿DÓNDE SE ENCUENTRA EN EL CUERPO HUMANO?

Diseñado por Aitor Viribay Morales - www.glut4science.com



GLUT4
science



HÍGADO

En torno a **100g**:

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



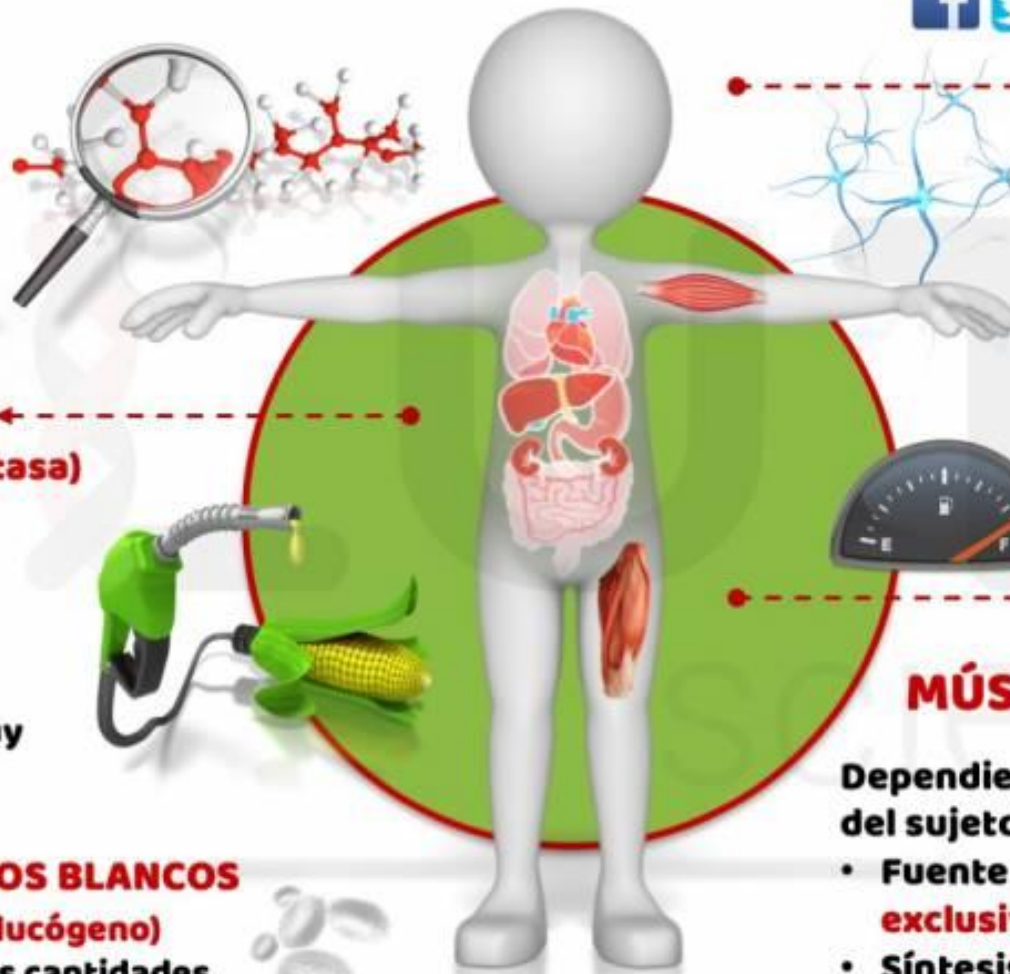
RIÑONES

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:

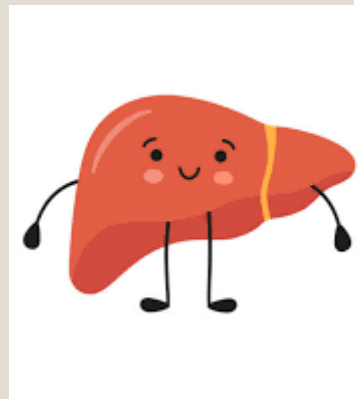
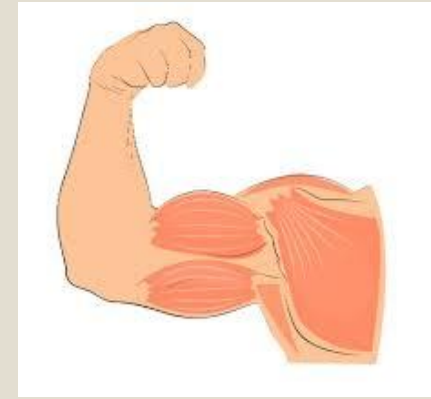
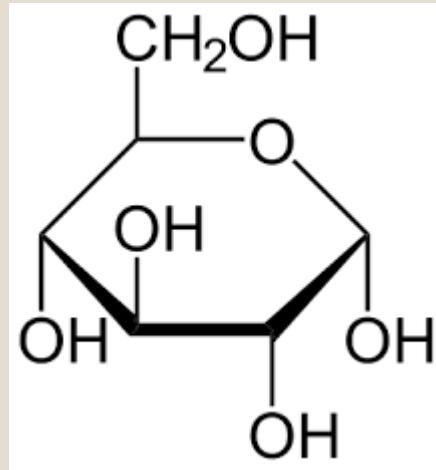
- En los **astrocitos** (recientes descubrimientos).
- ¿Posible relación con la **fatiga central**?

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



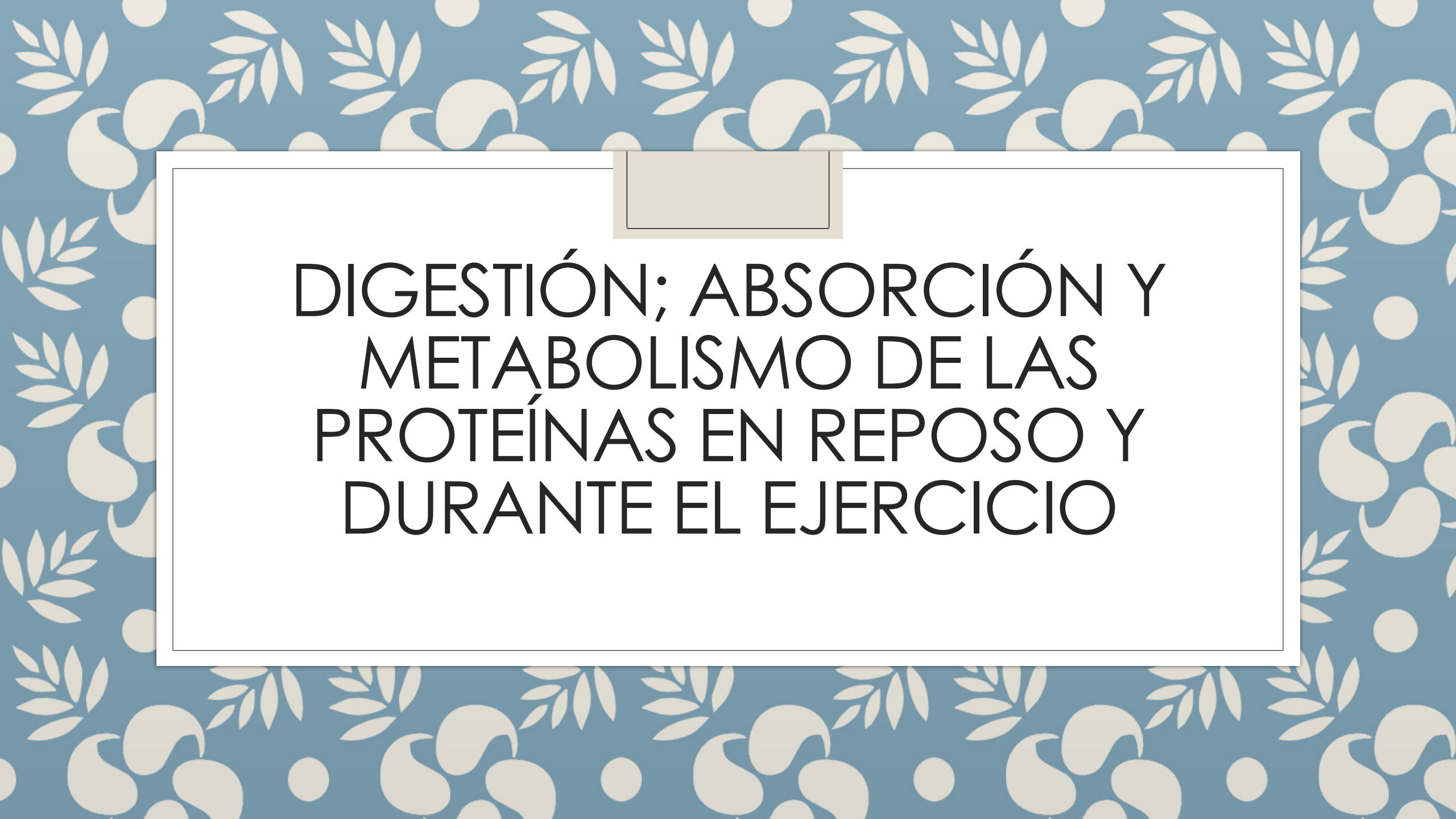
Glucólisis



Energía

Gluconeogénesis





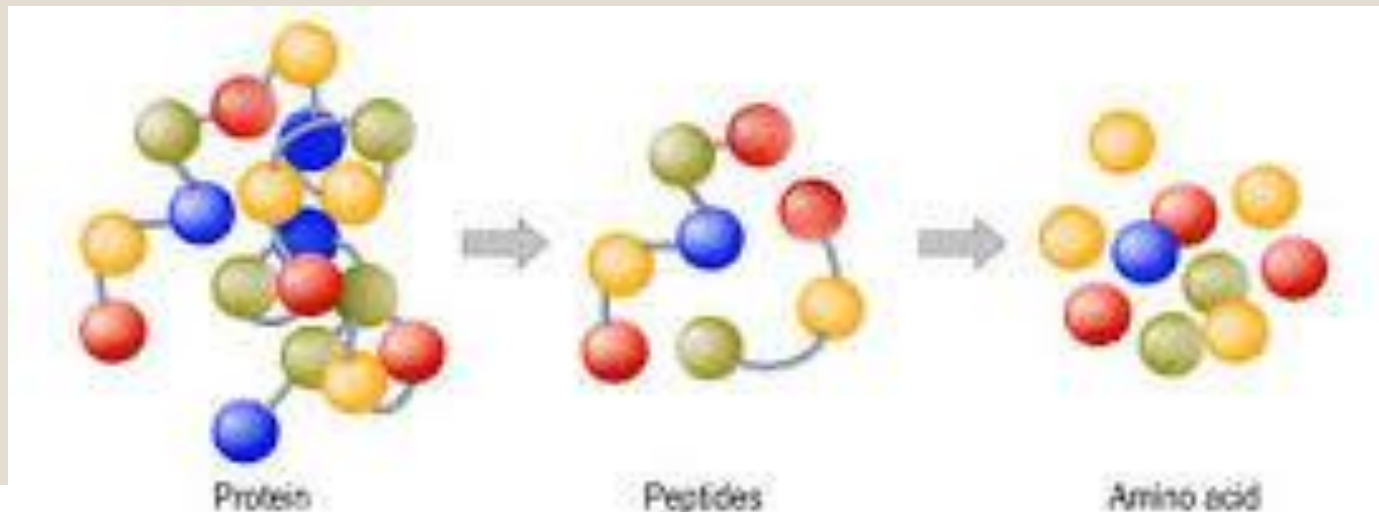
DIGESTIÓN; ABSORCIÓN Y METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS EN REPOSO Y DURANTE EL EJERCICIO

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

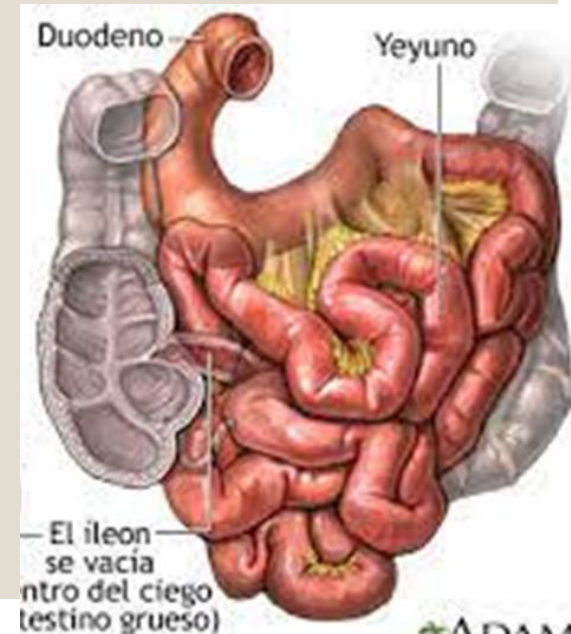
J Sports Sci Med. 2004 Jun; 3(2): 60–63. Published online 2004 Jun 1.
Protein Hydrolysates in Sports and Exercise: A Brief Review. Anssi H.
Manninen



Proteínas

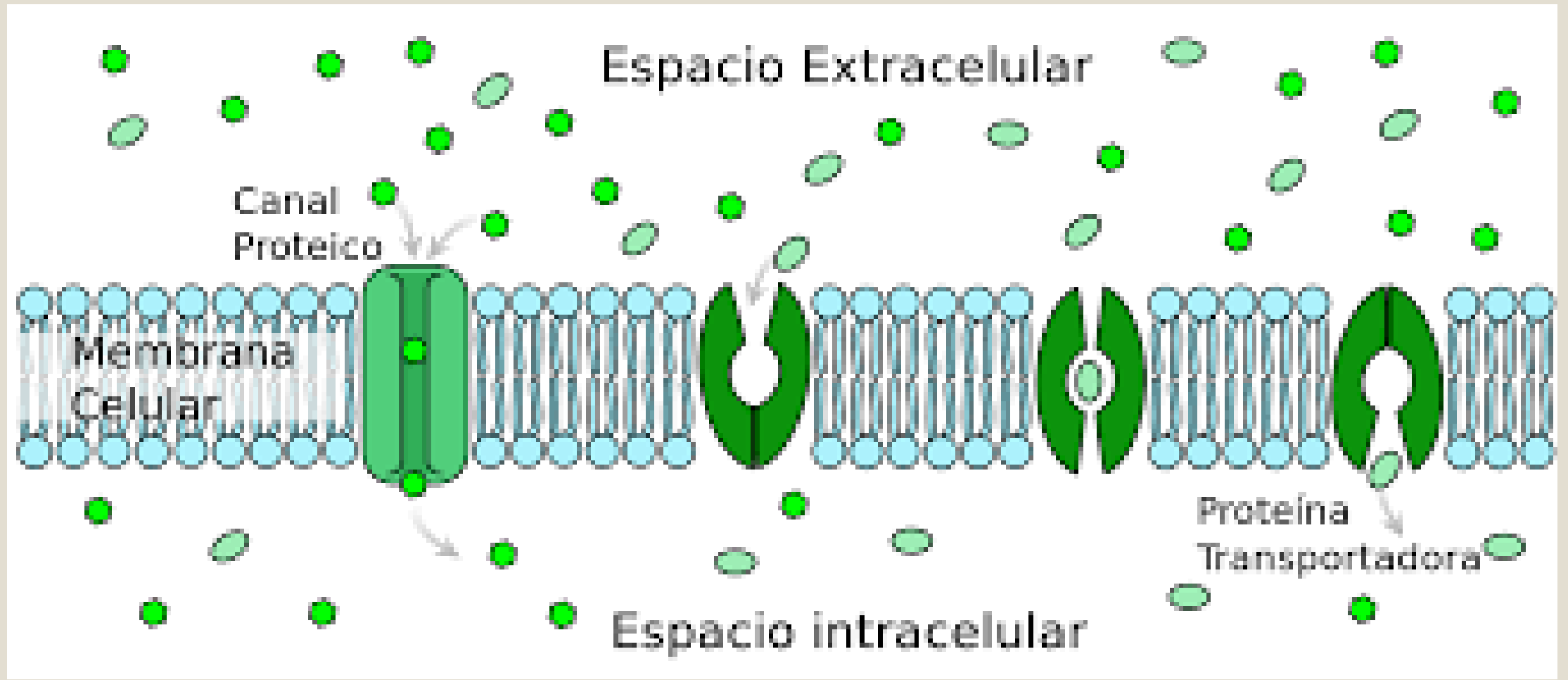
Digestión

- 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



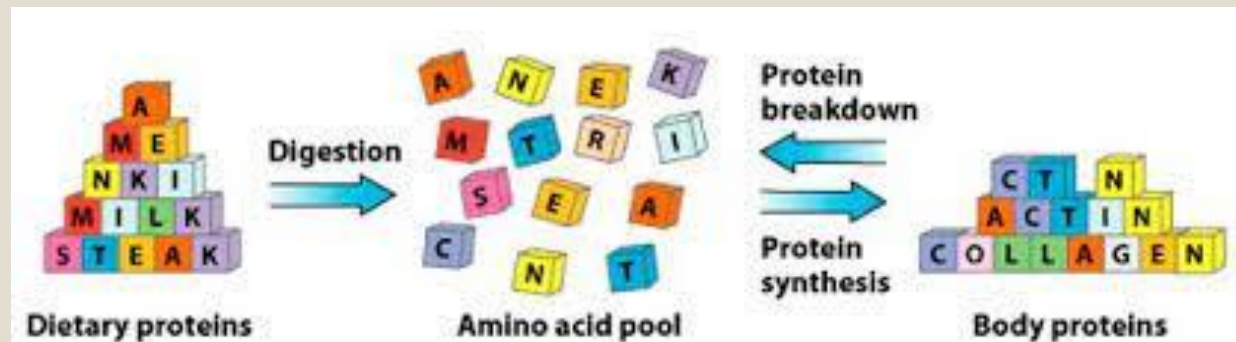
PROTEÍNAS

- 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 el que los aa pueden entrar en ese “pool”

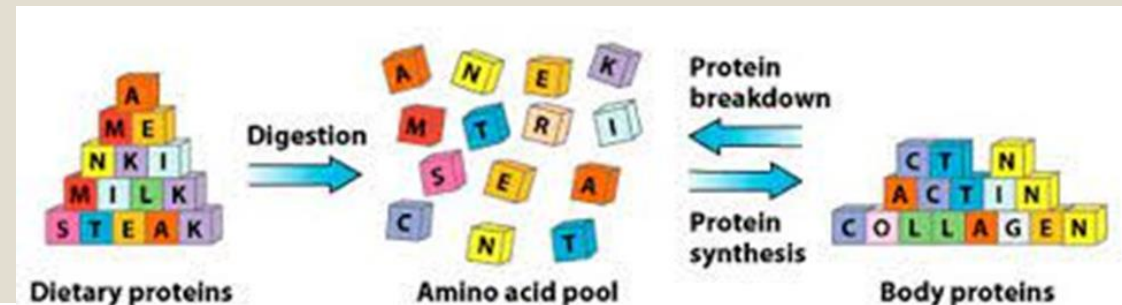
- A través de proteínas alimentarias (digestión)
- Por ruptura de proteínas en los tejidos
- Como **aa** no esenciales formados en el cuerpo



“Pool” dinámico de aa libres

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

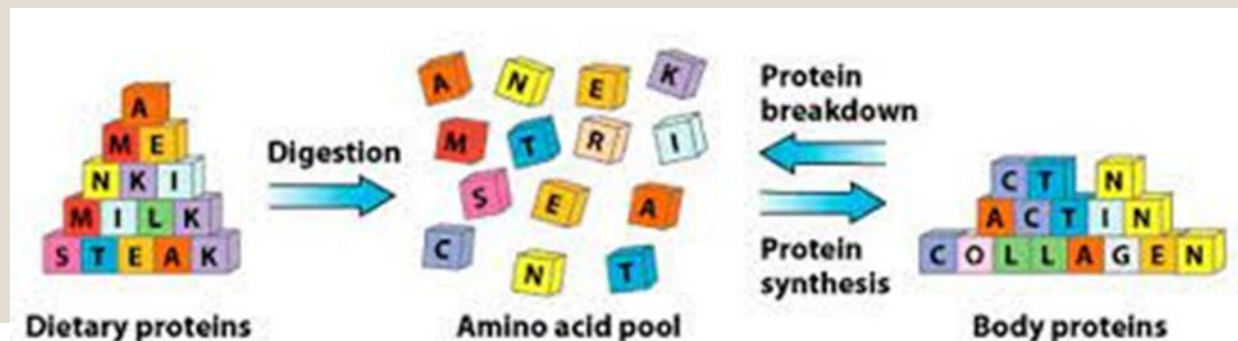
- ✓ Reabsorberse en intestino
- ✓ Convertirse en otras proteínas
- ✓ Convertirse en Acetil CoA o intermediarios del Ciclo de Krebs y ser oxidados en mitocondria
- ✓ Convertirse en glucosa (gluconeogénesis) o grasas (lipogénesis)
- ✓ Eliminarsse en orina y sudor



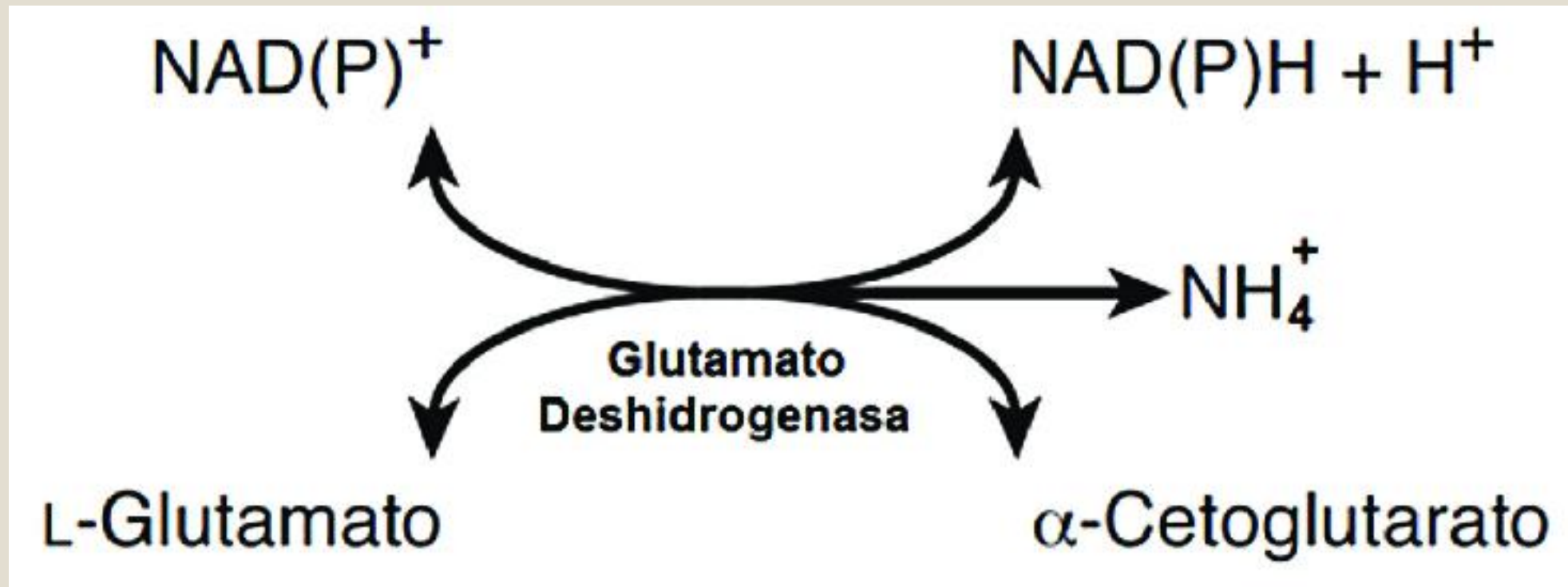
“Pool” dinámico de aa libres

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

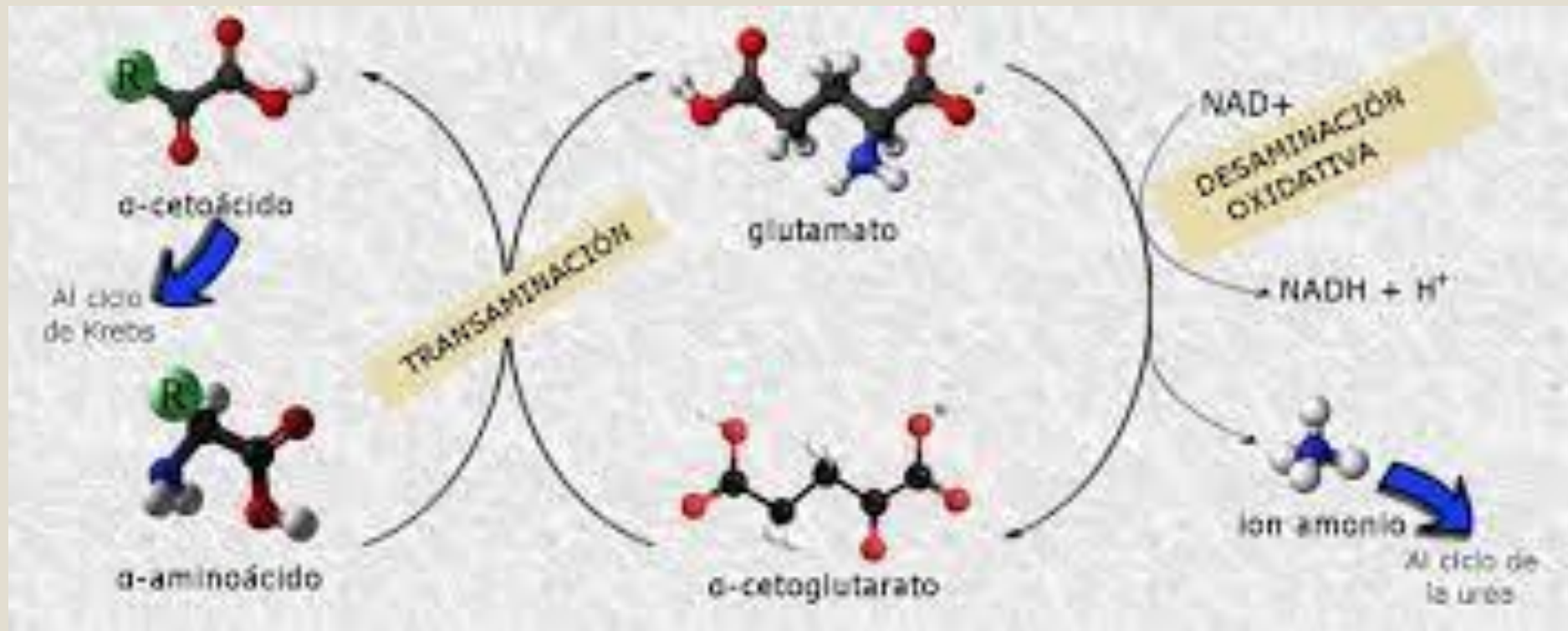
- ✓ Estado nutricional y fisiológico del individuo
- ✓ Ingesta calórica
- ✓ Disponibilidad de todos los aa necesarios para la síntesis de proteínas, en cantidades suficientes (ley del todo o nada)



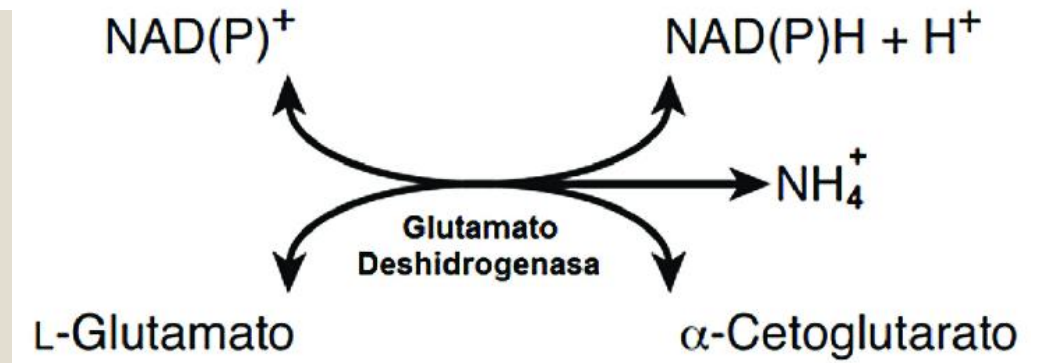
Desaminación



Desaminación - Transaminación



Desaminación

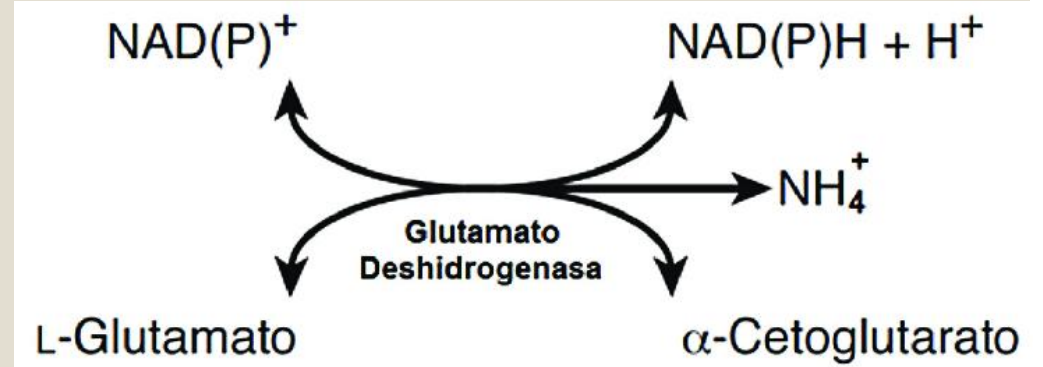


Grupo amino (NH_2) es retirado del **aa**

Hígado detecta aumento de nitrógeno y convierte en 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



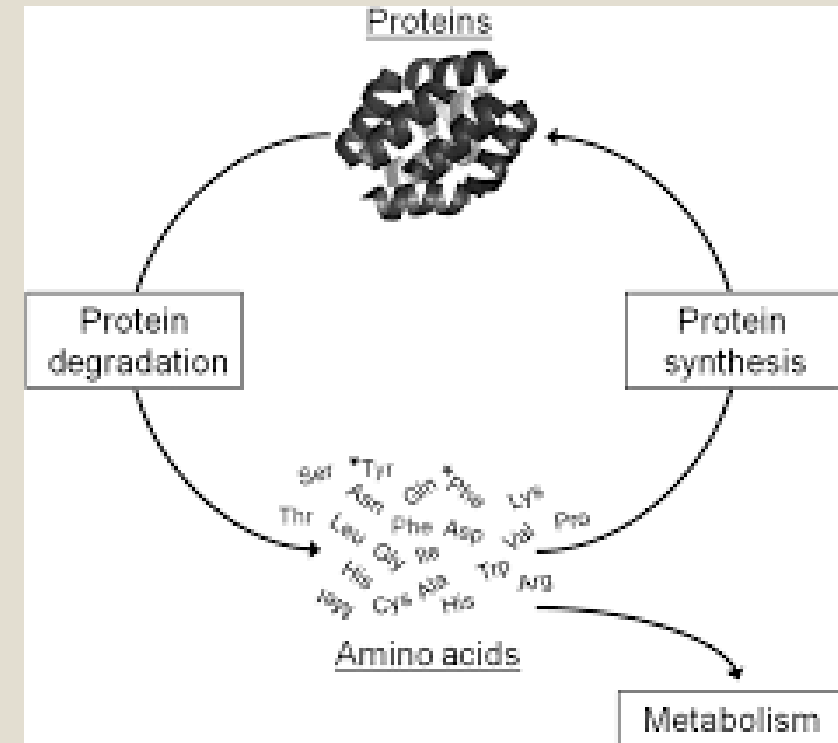
Alfa-cetoácido (aa sin NH_2)

- 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**

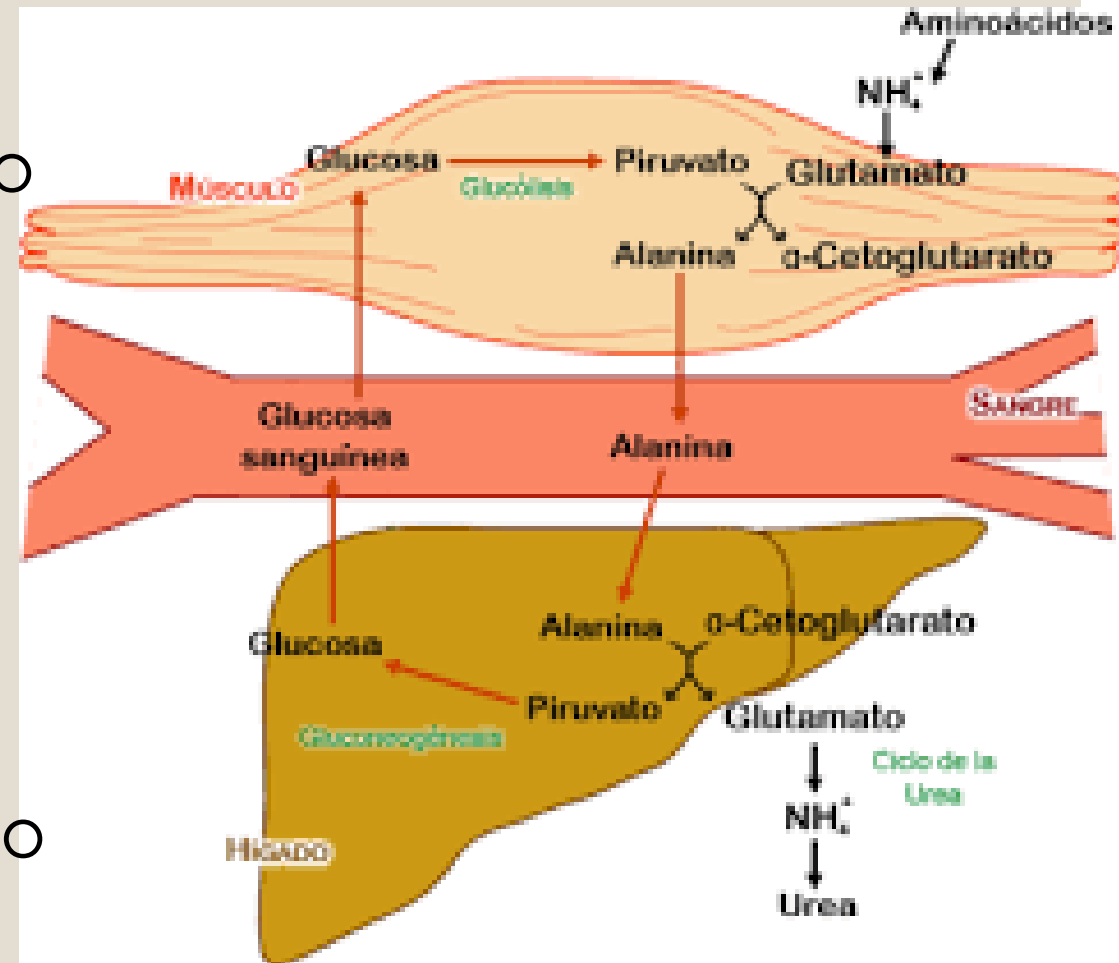
Proteínas y Ejercicio

- 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

