



Universidad de Oviedo

” Novetats en la recuperació fisiològica dels esportistes”.

Nicolás Terrados Cepeda

*-Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-
Fundación Deportiva Municipal de Avilés.*

-Dpto. de Biología Funcional. Universidad de Oviedo.

Manresa, Noviembre, 2008

” Novetats en la recuperació fisiològica dels esportistes”.

Los conceptos más nuevos sobre ayudas fisiológicas para la recuperación, basan esas ayudas en:

- el conocimiento de los factores limitantes de cada deporte.**
- El conocimientos de los mecanismos de fatiga principales.**

FACTORES LIMITANTES DEL RENDIMIENTO

FUENTES ENERGÉTICAS

FOSFATOS

GLUCÓGENO

LIPIDOS
CHO
(PROTEINAS)

VIAS METABÓLICAS

ROTURA DE FOSFATOS

GLUCOLISIS

CICLO DE KREBS
B-OXIDACION

CUALIDAD FÍSICA

COORDINACIÓN

FUERZA

VELOCIDAD

RESISTENCIA

FACTORES PSICOLÓGICOS

SISTEMA NERVIOSO

coordinación
reclutamiento

MÚSCULO:
Tipo de fibra

O₂

Densidad capilar

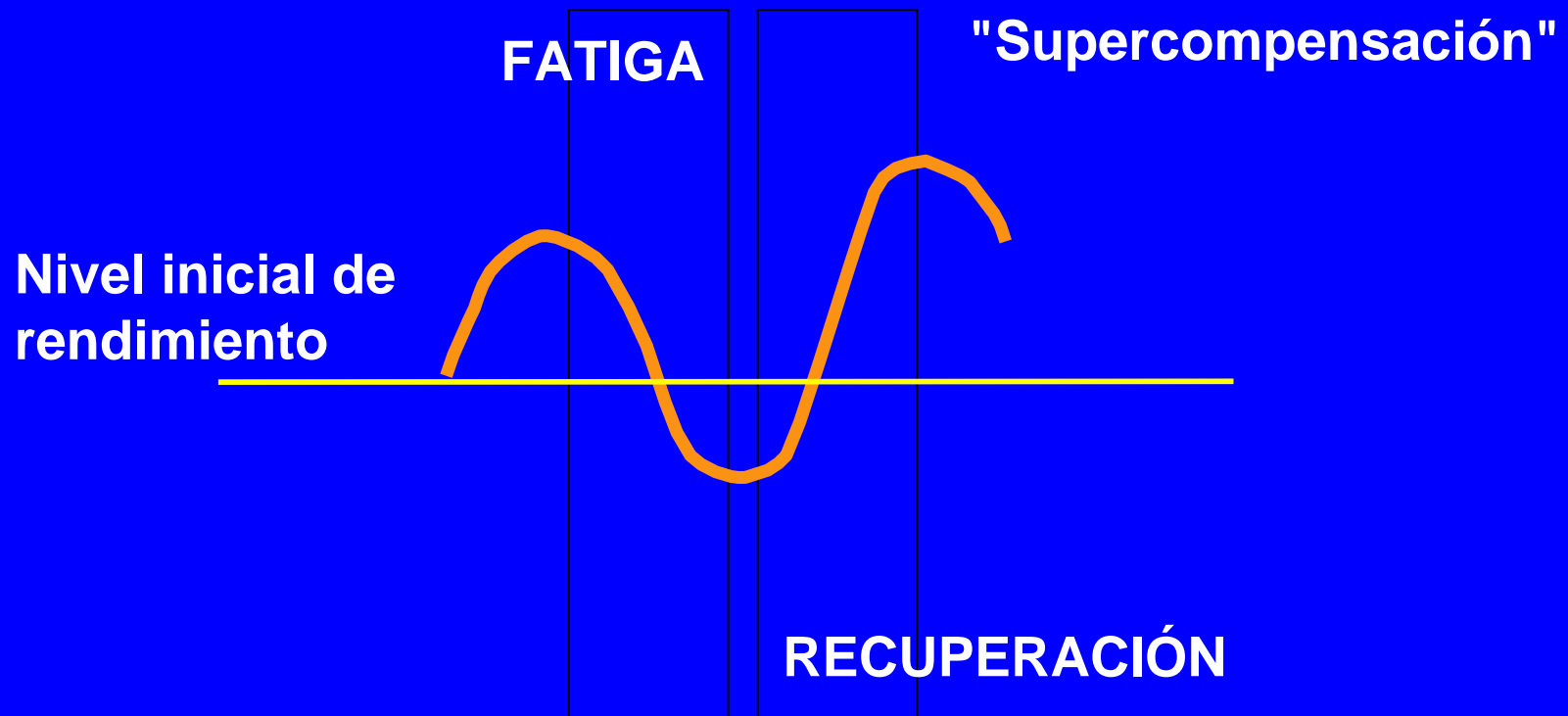
PULMÓN

SISTEMA CVS

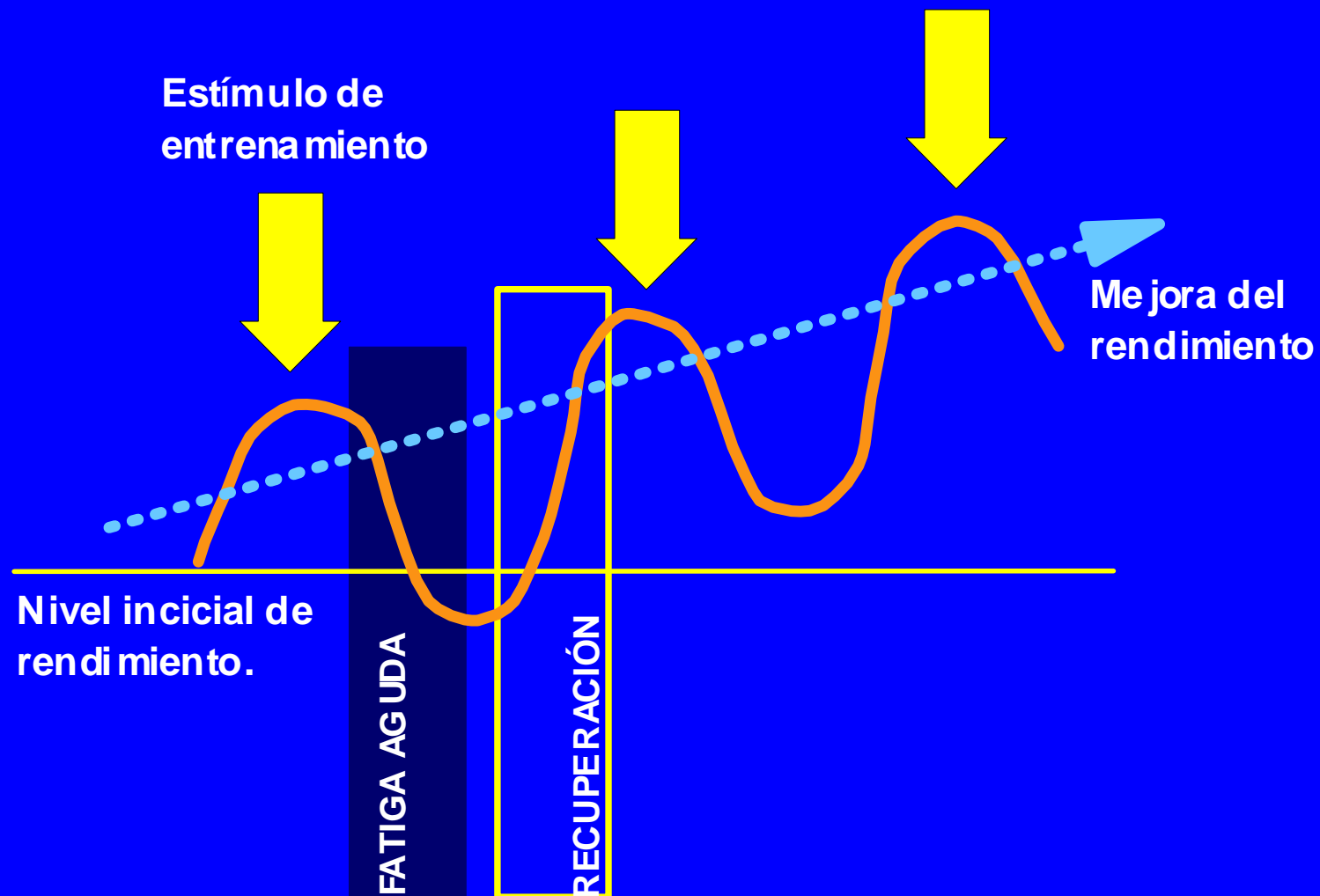
MECANISMOS GENERALES DE FATIGA

1. Deplección de sustratos energéticos.
2. Acúmulo de metabolitos.
3. Temperatura.
4. Alteraciones hidro-electrolíticas.
5. Captación de Aminoácidos Ramificados.
6. Alteración de las enzimas quinasas.
7. Radicales libres.
8. Flujo sanguíneo.

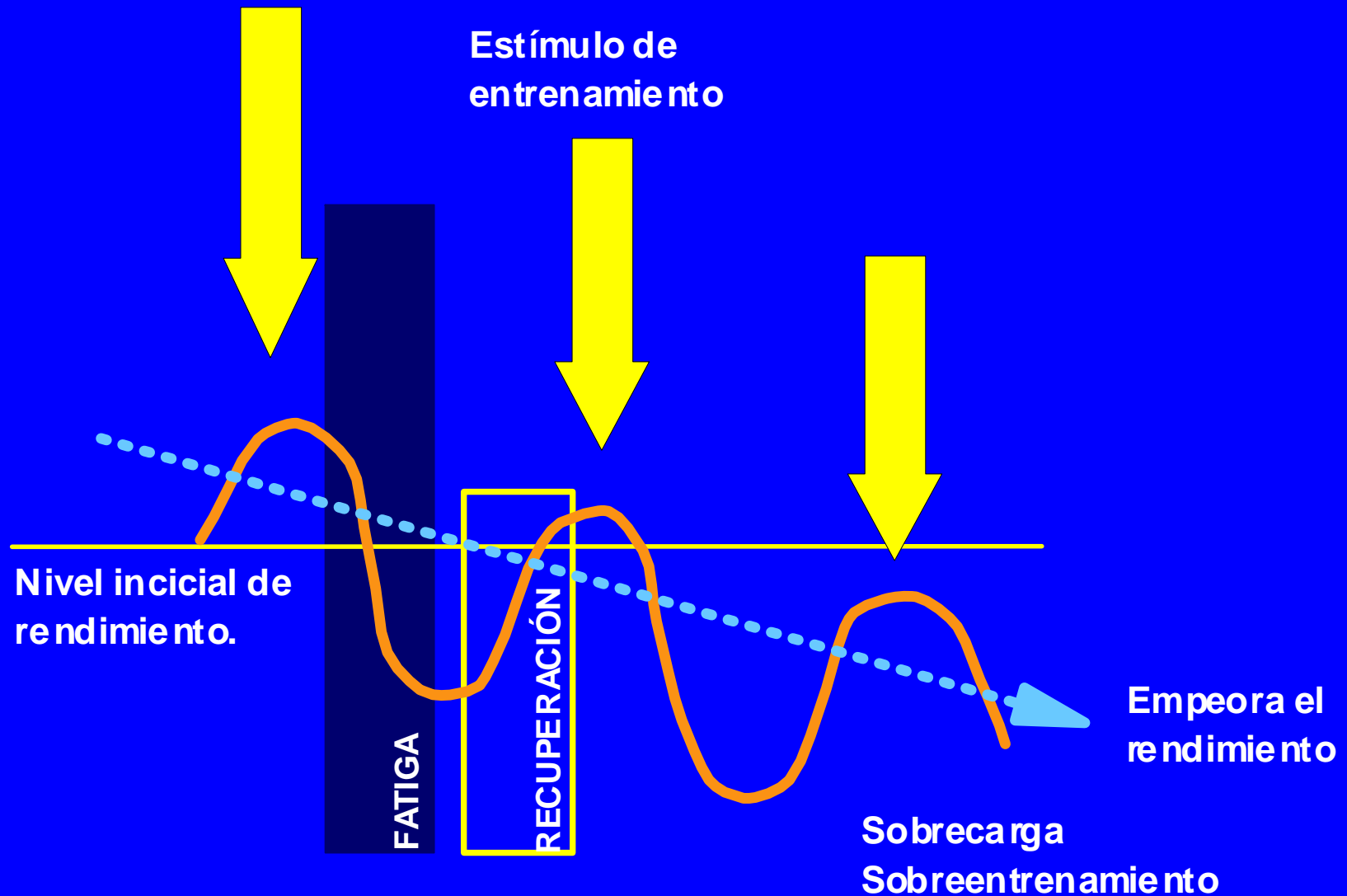
FASES DE LA ADAPTACIÓN



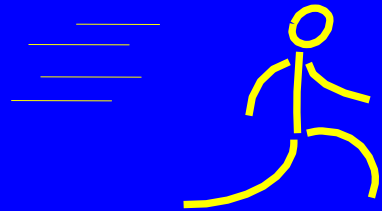
ADAPTACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO



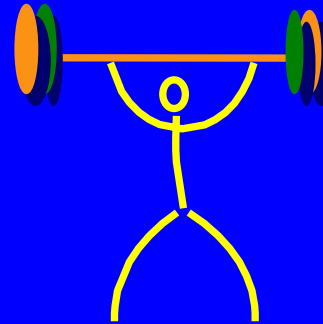
ADAPTACIÓN EN EL ENTRENAMIENTO



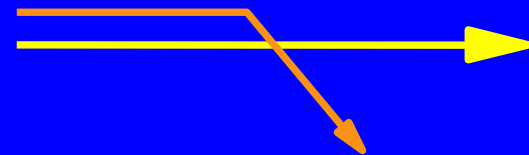
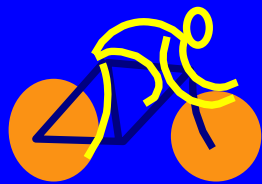
CONCEPTOS de fatiga



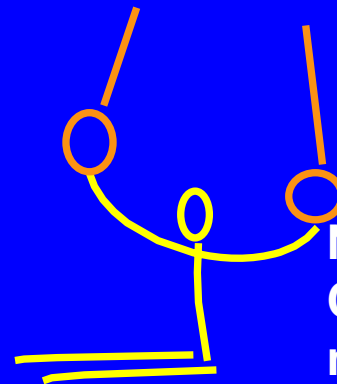
No MANTIENE la
velocidad ...



No MUEVE los
mismo kilos.

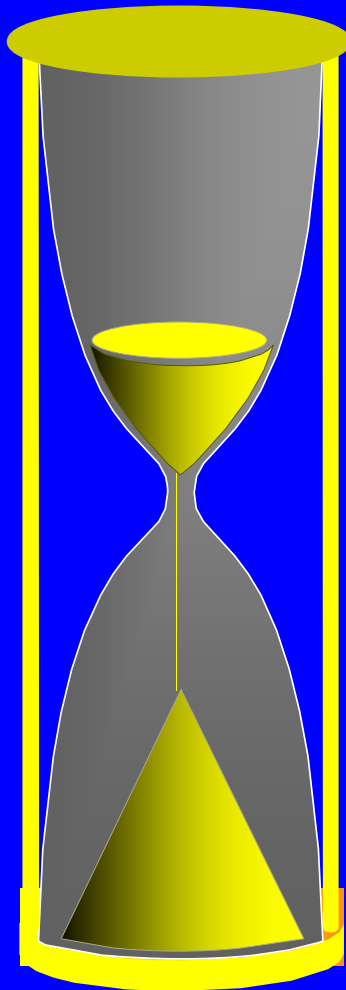


No RESISTE lo mismo



No ejecuta con
CORRECCION el
movimiento.

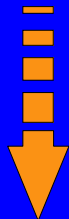
CLASIFICACIÓN DE LA FATIGA EN EL TIEMPO



Sesión



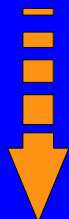
Fatiga Aguda



Microciclo



Fatiga Subaguda



Mesociclo



**Fatiga Crónica ó
Sobreentrenamiento**

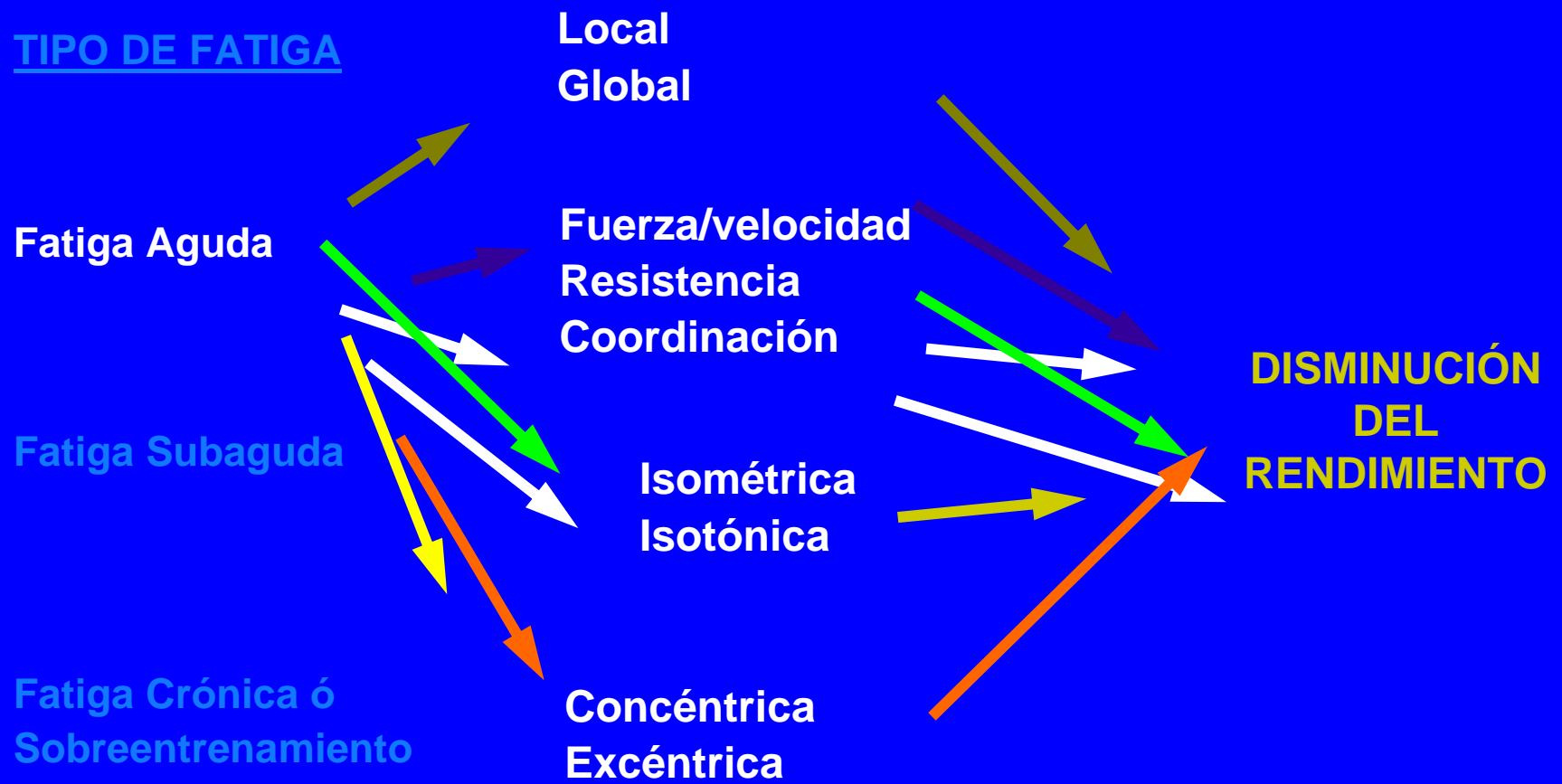
CARACTERISTICAS DE LA FATIGA



CARACTERÍSTICAS DE LA FATIGA



CARACTERÍSTICAS DE LA FATIGA



REPOSO



FATIGA MUSCULAR

L	M	M	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32			

FATIGA AGUDA

FATIGA SUBAGUDA ó SOBRECARGA

FATIGA CRÓNICA SOBREENENTRENAMIENTO

+

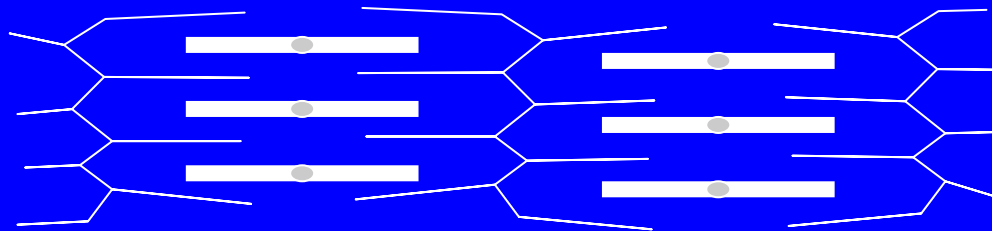


INFLAMACIÓN MUSCULAR RETARDADA

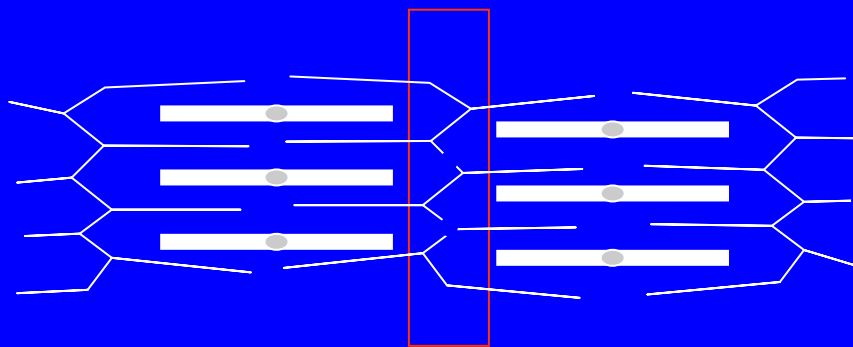
- Ruptura de tejido conectivo.
- Desestructuración líneas Z.
- Ruptura de membrana de la célula muscular.
- Vacuolización.
- Nucleización central.
- Alteración en el patrón de estriación.
- Infiltración de monocitos.
- Necrosis segmentaria.

DOMS
DOMS
DOMS
DOMS
DOMS
DOMS
DOMS

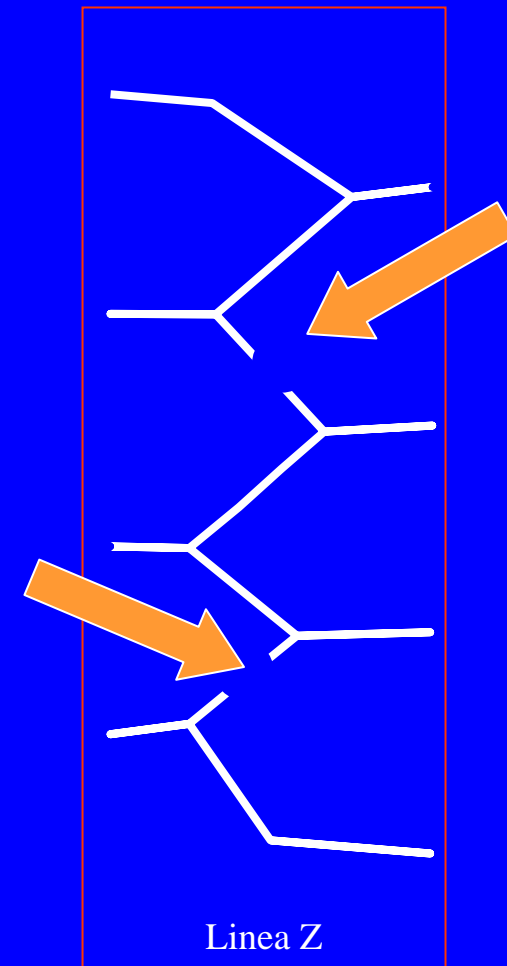
Esquema de ruptura de las líneas Z por un sobreesfuerzo muscular agudo.



Relajación

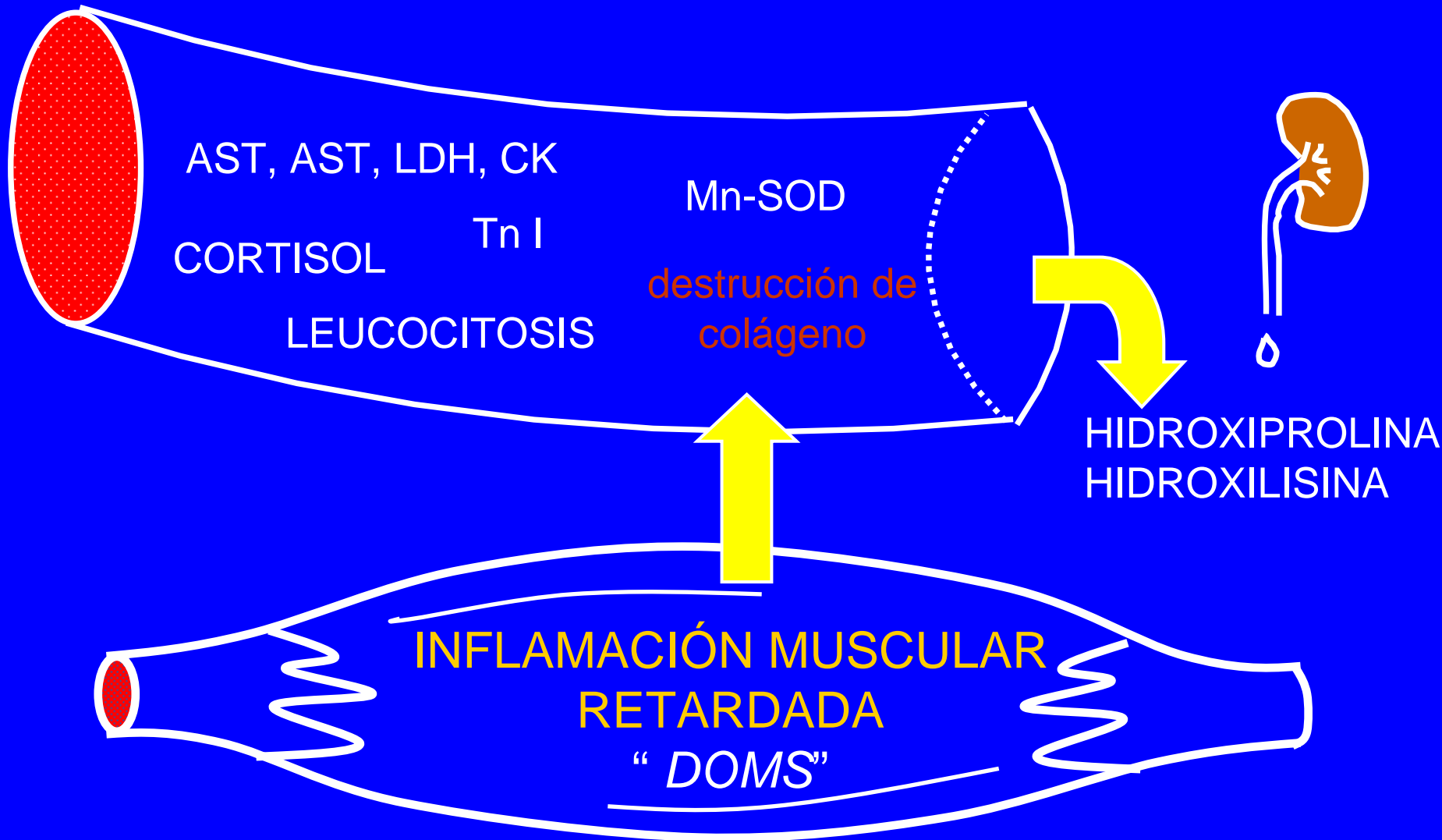


Contracción

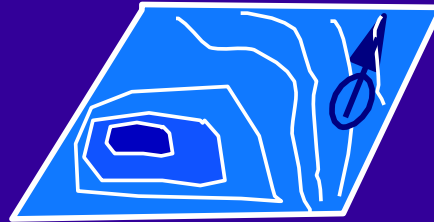


Linea Z

Modificado de Goldspink et al. 1991

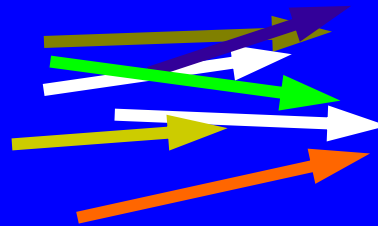


CLASIFICACIÓN DE LA FATIGA



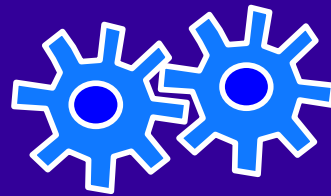
Lugares

FATIGA



DISMINUCIÓN
DEL
RENDIMIENTO

Mecanismos

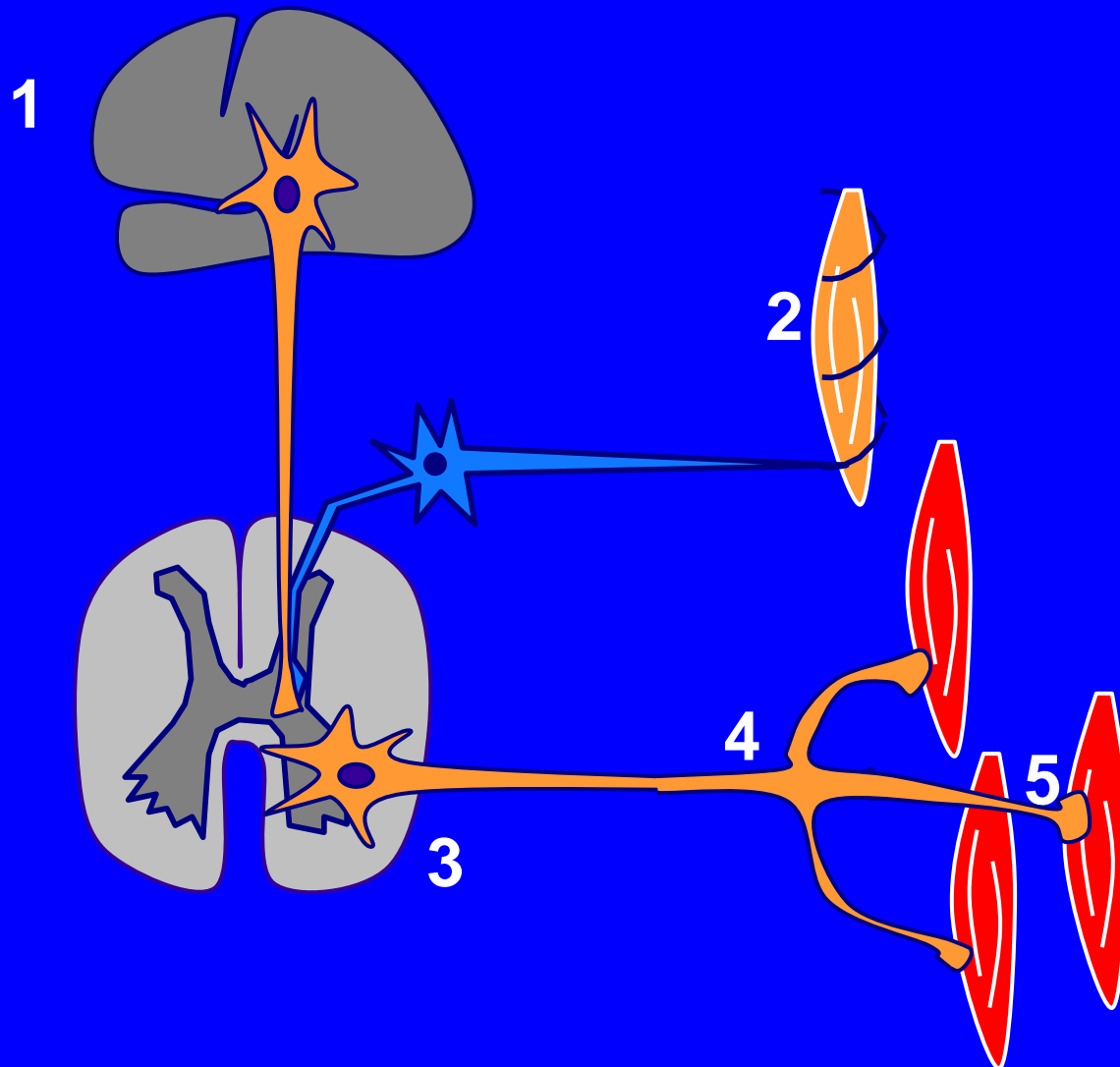


LUGARES DE APARICION DE LA FATIGA

- **Central:** cuando afecta a estructuras por encima de la placa motora.
- **Periférica:** afecta a los mecanismos contráctiles musculares por debajo de la placa motora.



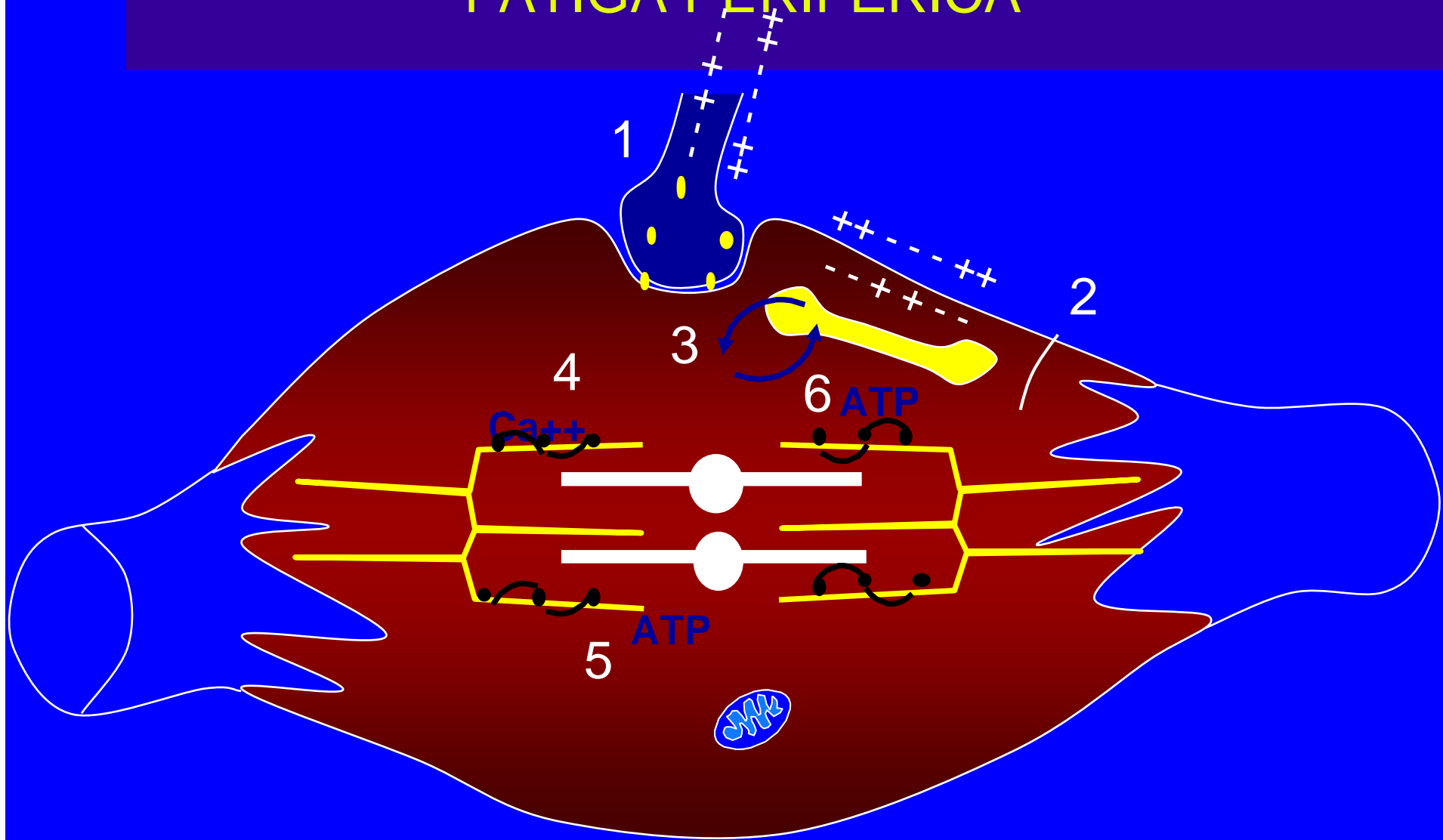
LUGARES DE APARICION DE LA FATIGA CENTRAL



FATIGA CENTRAL

- 1. Fallo supraespinal.
- 2. Inhibiciones segmentarias aferentes.
- 3. Disminución de la excitabilidad de la motoneurona.
- 4. Pérdida de excitación en las ramas.
- 5. Fallo presináptico.

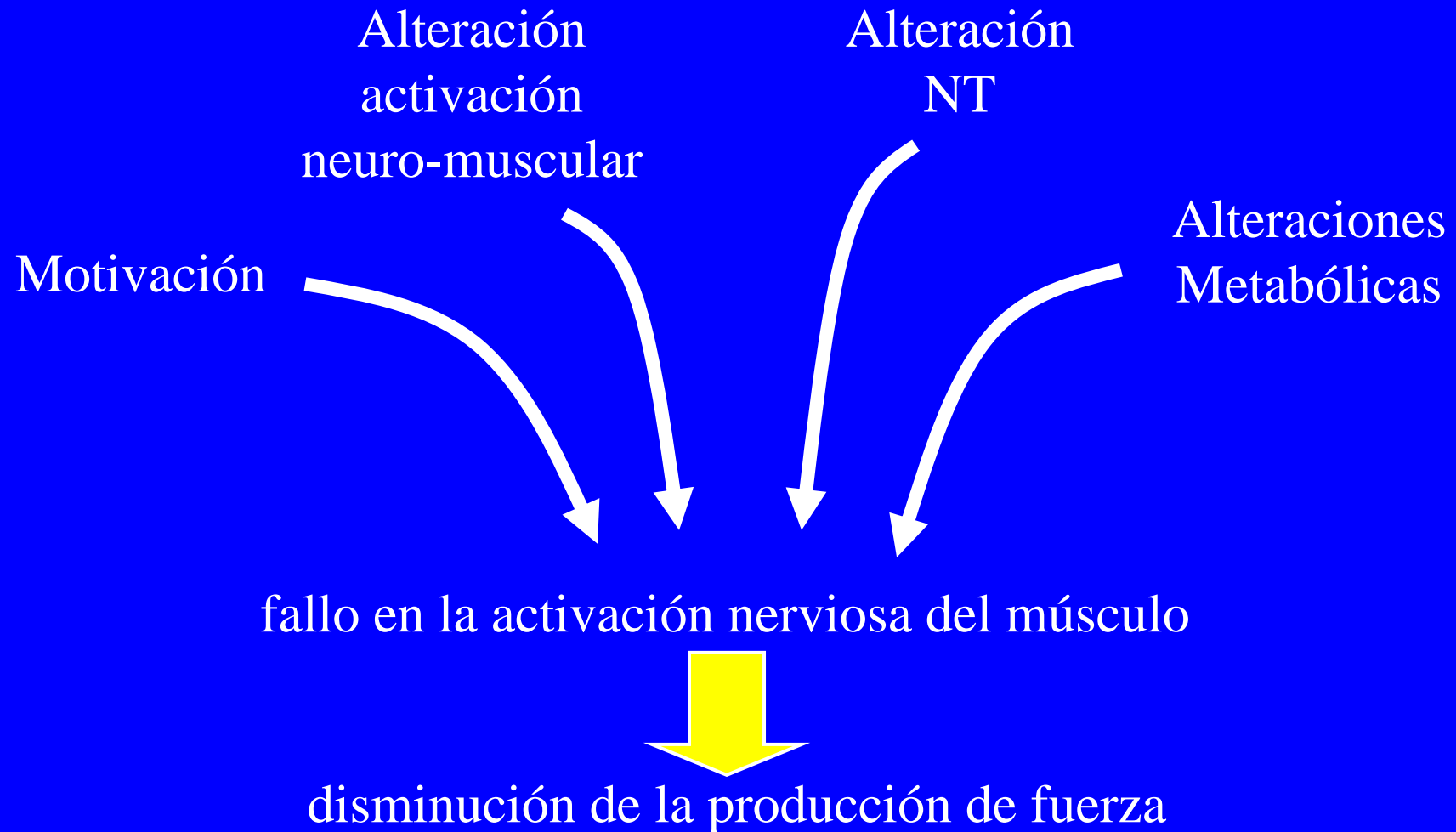
FATIGA PERIFÉRICA



FATIGA PERIFÉRICA

- 1. Sarcolema: Propagación del impulso nervioso desde la placa motriz.
- 2. Tubos en T. Diseminación y paso del impulso nervioso al RS.
- 3. RS. Cambios la permeabilidad: liberación de Ca^{++} .
- 4. Unión del Ca^{++} citoplasmático a la proteína inhibidora Troponina.
- 5. Esto permite el acople Actina-Miosina. Necesita energía.
- 6. Relajación recaptación de Ca^{++} al RS. Necesita energía.

MECANISMOS DE LA FATIGA CENTRAL: Introducción:



MECANISMOS GENERALES DE FATIGA

1. Deplección de sustratos energéticos.
2. Acúmulo de metabolitos.
3. Temperatura.
4. Alteraciones hidro-electrolíticas.
5. Captación de Aminoácidos Ramificados.
6. Alteración de las enzimas quinasas.
7. Radicales libres.
8. Flujo sanguíneo.

MECANISMOS GENERALES DE FATIGA

1. DEPLECCIÓN o DÉFICIT:

ATP.
PCr.
Glucógeno.
Iones.
Agua.
AAR.
Flujo sanguíneo

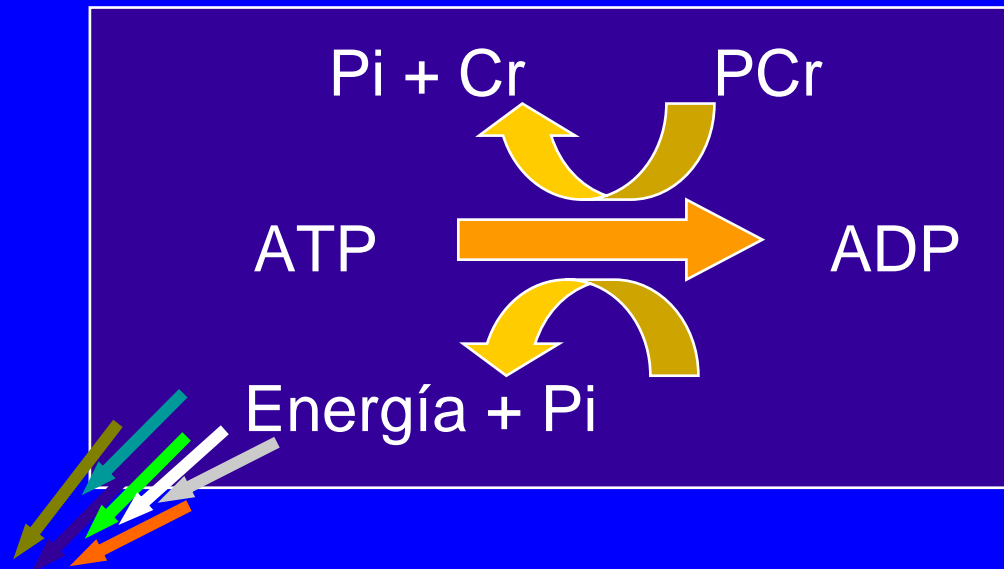
2. ACÚMULO:

Hidrogeniones.
Pi.
Amonio.
K⁺ extracelular.
Radicales libres.
Temperatura.

Fernández-García y Terrados. "La Fatiga del Deportista", 2004.

MECANISMOS DE FATIGA DEPLECCIÓN DE SUSTRATOS: ATP Y PCr.

a. Disminución de los Depósitos celulares de ATP y PCr.



Funcionamiento de la actividad celular:

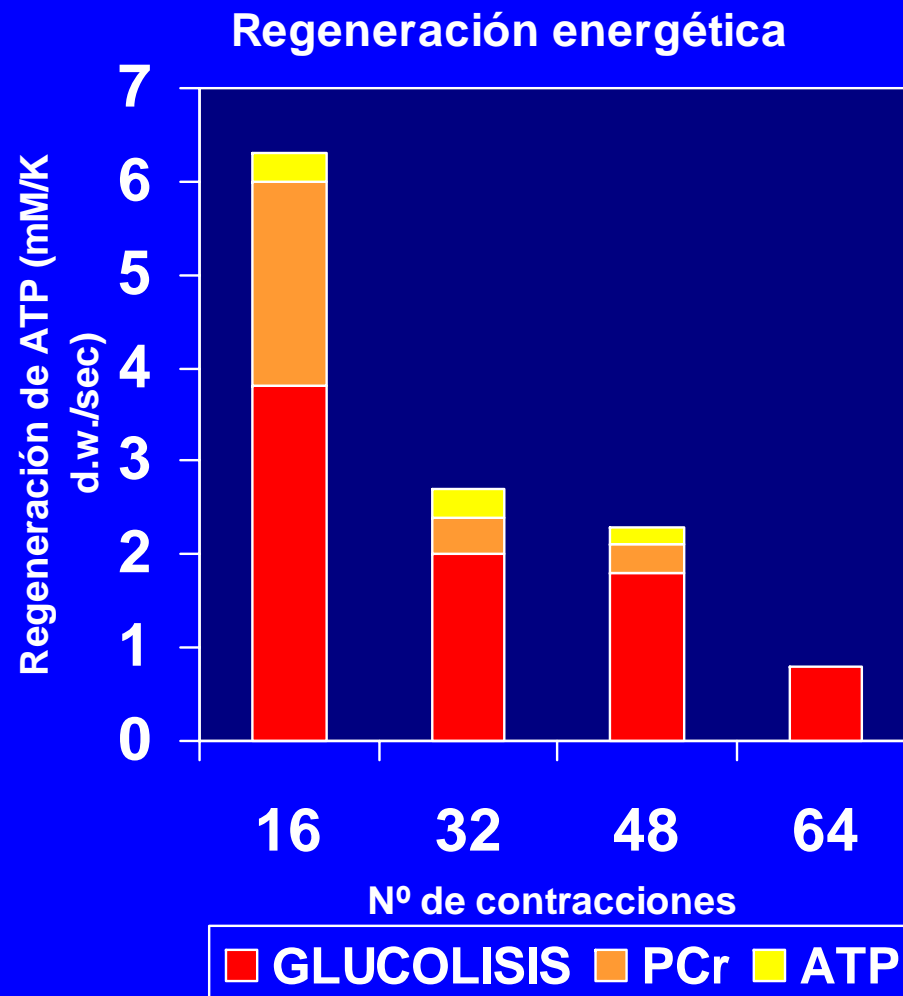
Puentes Actina-Miosina

Bombas Na/k

Bombas de Ca⁺⁺,etc.

MECANISMOS DE FATIGA DEPLECIÓN DE SUSTRATOS.

Hultman y col. 1990



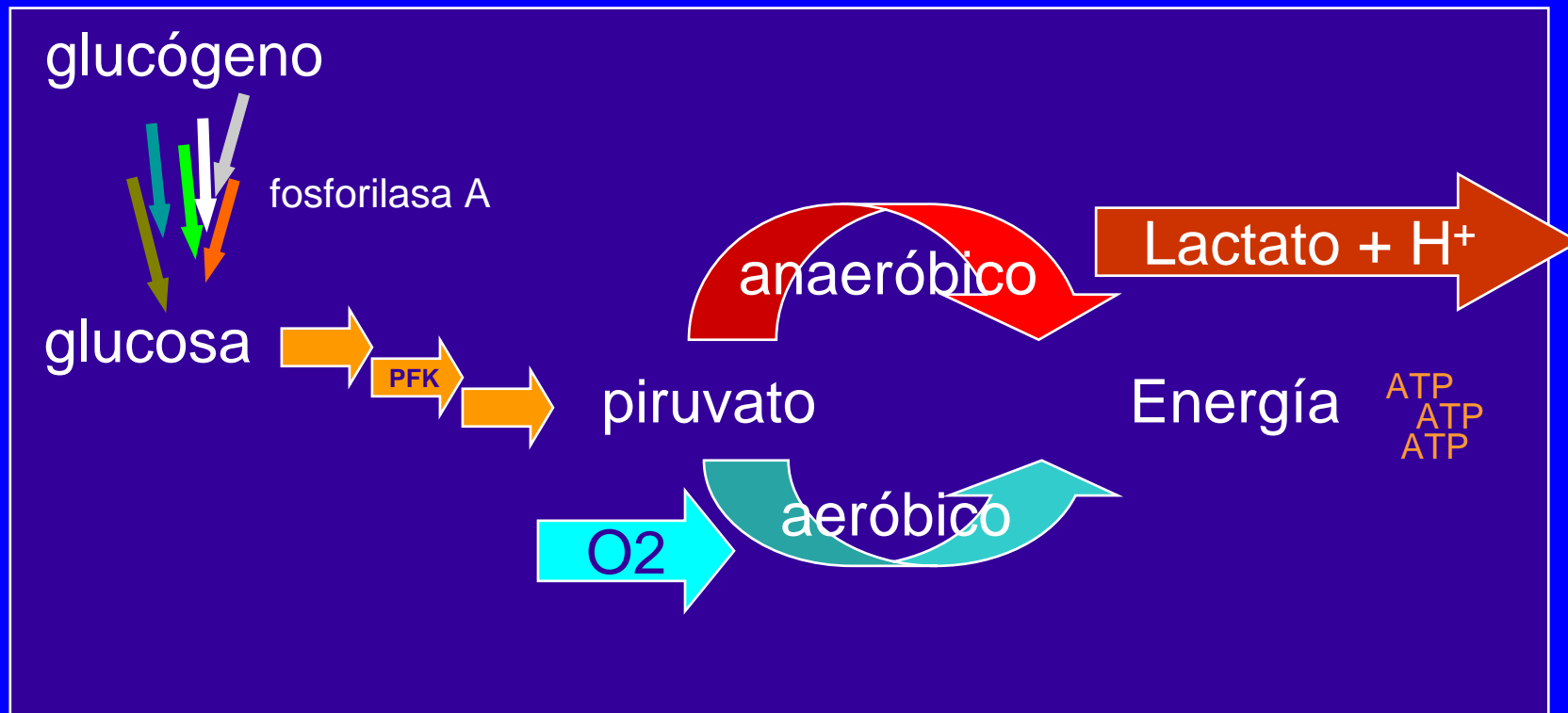
MECANISMOS DE FATIGA DEPLECCIÓN DEL GLUCÓGENO MUSCULAR.

b. Disminución de los depósitos de GLUCÓGENO muscular y hepático.



MECANISMOS DE FATIGA ACÚMULO DE METABOLITOS: HIDROGENIONES.

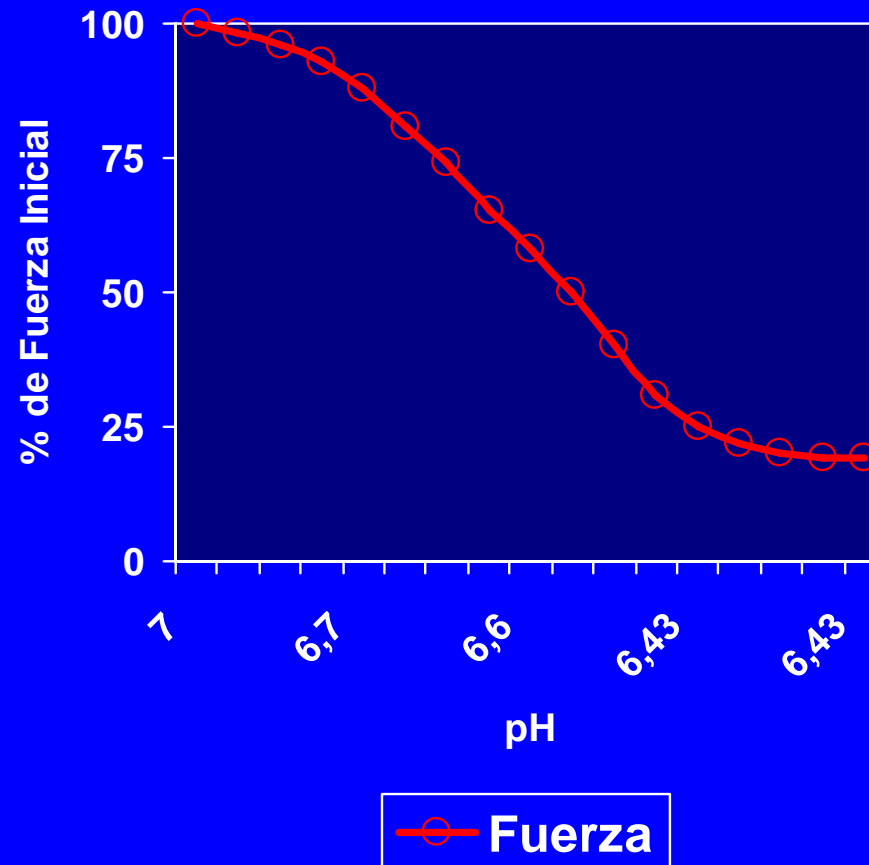
a. Acúmulo de H^+ procedentes de metabolismo anaeróbico.



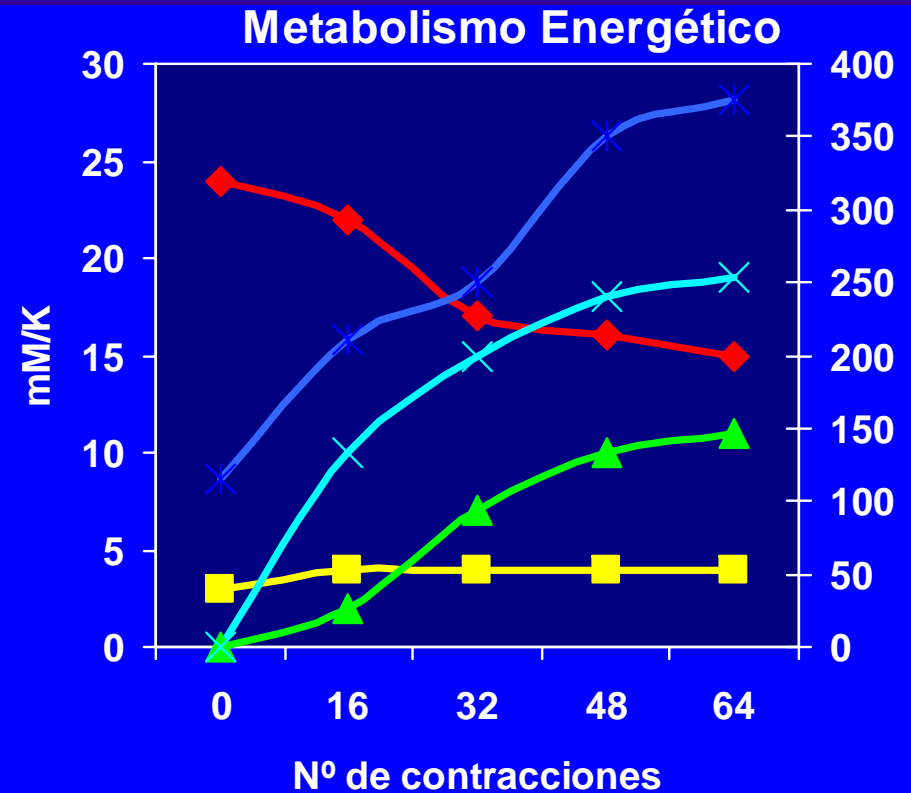
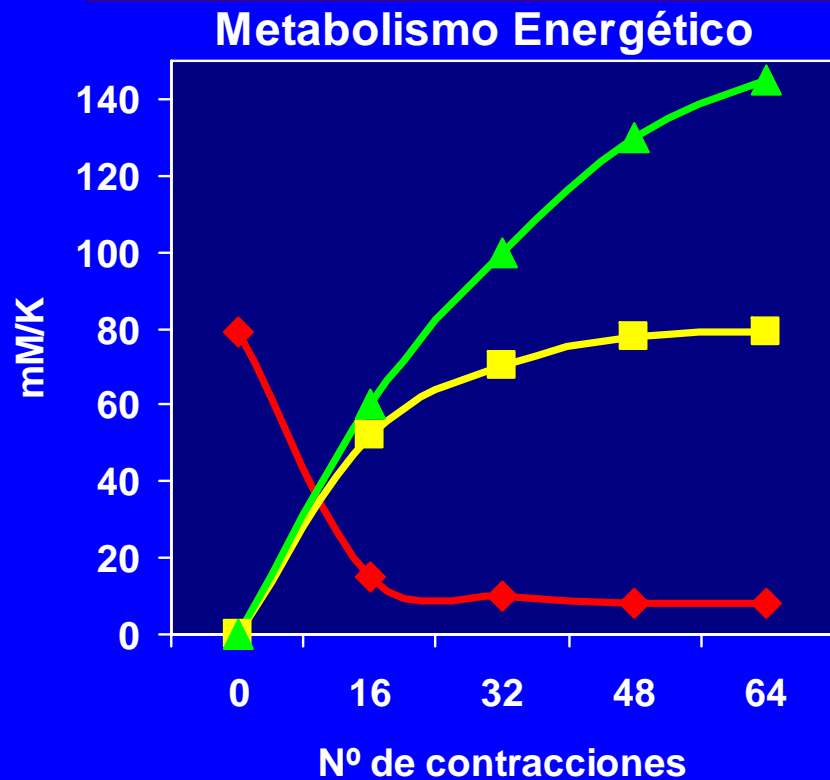
MECANISMOS DE FATIGA ACÚMULO DE METABOLITOS: HIDROGENIONES.

Hultman y col. 1990

Relación pH y Fuerza



MECANISMOS DE FATIGA ACÚMULO y DEPLECCIÓN.



◆ PCr ■ Pi ▲ Lact.

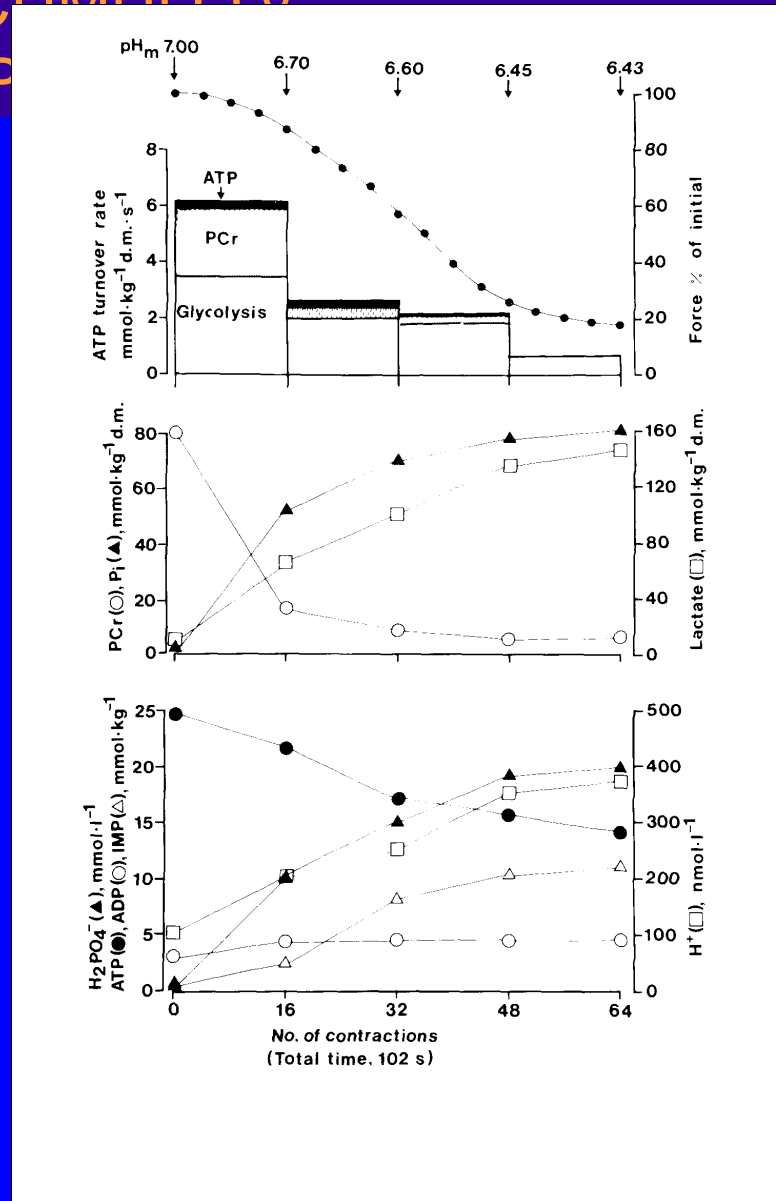
◆ ATP ■ ADP ▲ IMP × PO4H2 * H+

Metabolismo energético en músculo cuádriceps femoral, estimulado intermitentemente con 20 Hz, con 1,6 s. de tétanos y 1,6 s. de reposo. Izda: PCr y Pi: mmol/kg d.m.; Lact: mmol/kg d.m. Dcha: PO4H2: mmol/l; ATP, ADP, IMP: mmol/kg; H+: mmol/l.

MECANISMOS DE FATIGA

ACÚMULO DE

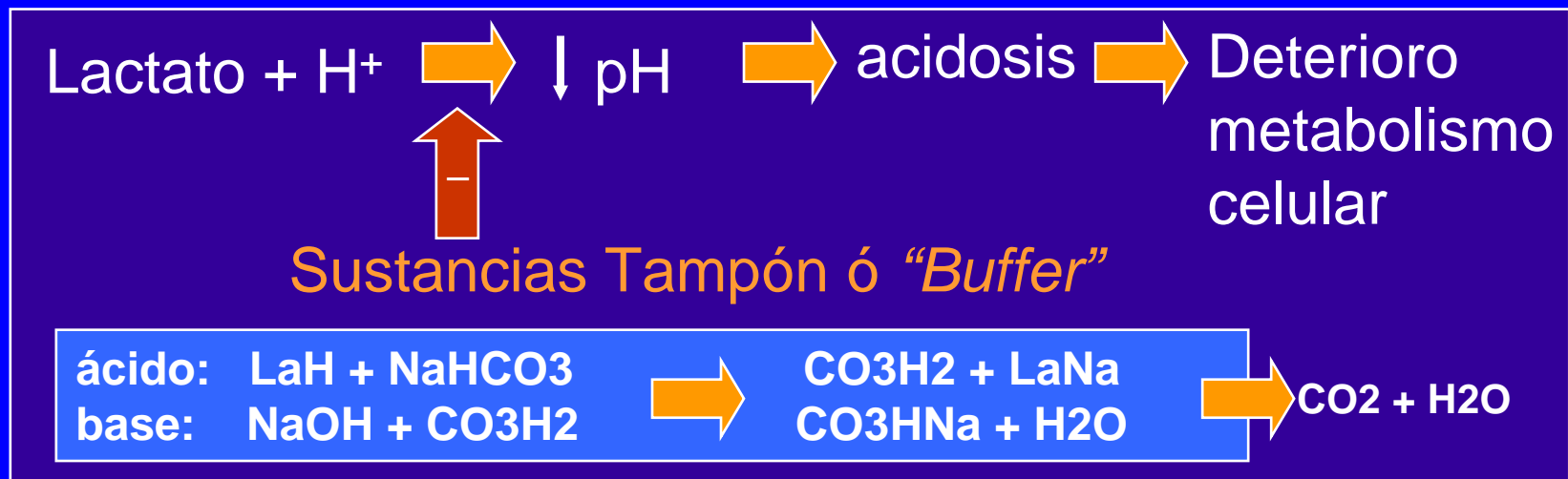
Hultman y col. 1990



MECANISMOS DE FATIGA

ACÚMULO DE METABOLITOS: HIDROGENIONES.

a. Hidrogeniones.



1. Bicarbonato: pK 6,1. No es muy potente. Se pueden regular sus componentes (bicarbonato y CO₂).

2. Fosfatos. pK 6,8. Importancia intracelular.

3. Proteínas: pK +/- 7,4. Son los mas importates.

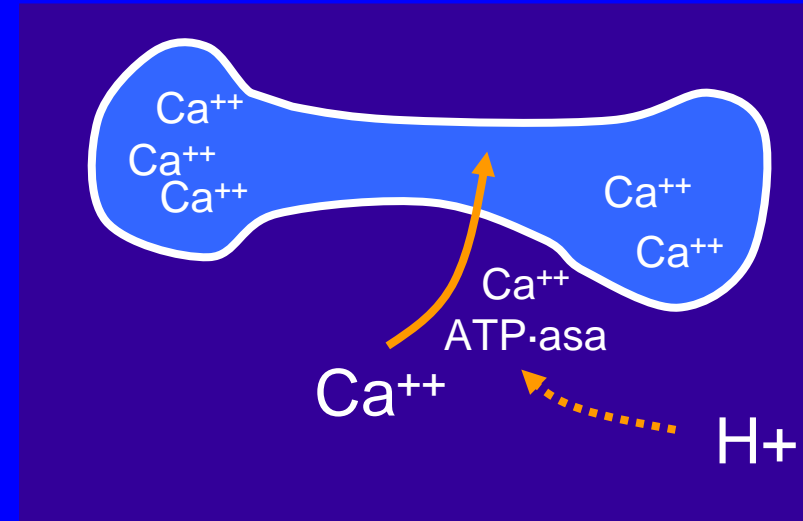
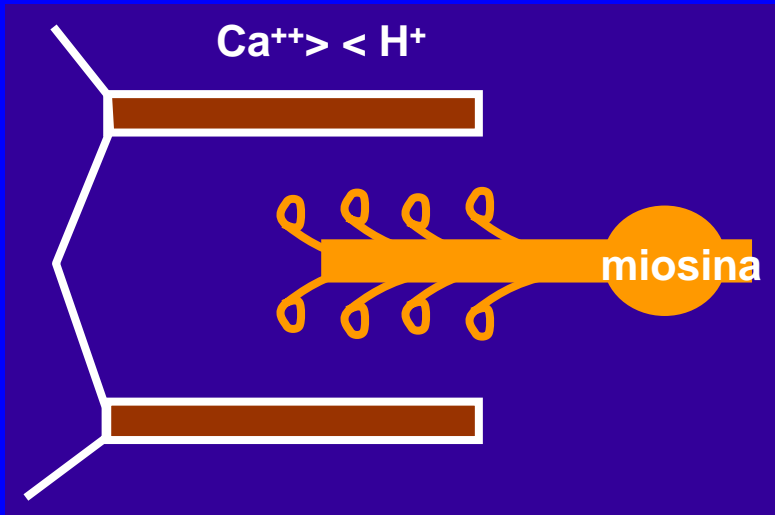
MECANISMOS DE FATIGA: ACÚMULO DE METABOLITOS: HIDROGENIONES.

a. Efectos del aumento de Hidrogeniones.

1. Disminución del pot. de acción (excitabilidad).
2. En el RS: Aumenta la necesidad de Ca para la misma tensión.
3. Inhibición de la fosforilasa.
4. Inactivación de la PFK a pH 6,5.
5. Limita la liberación de ácidos grasos desde el tejido adiposo.
6. Activa la CK.



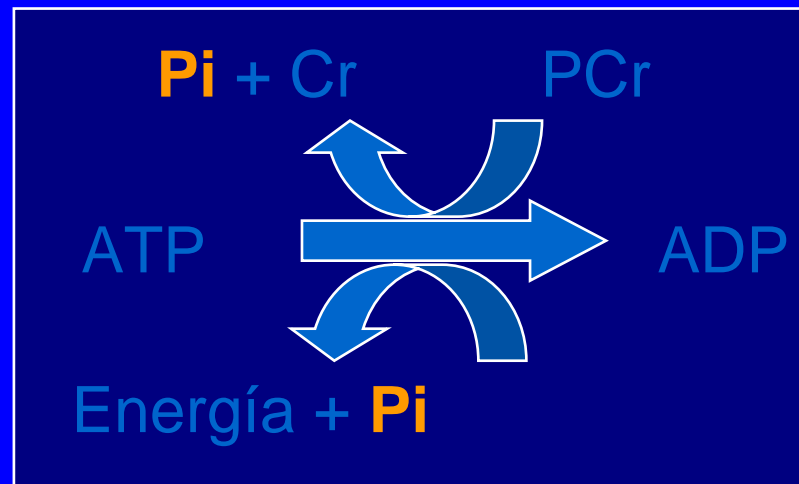
MECANISMOS DE FATIGA: Aumento de H^+ .



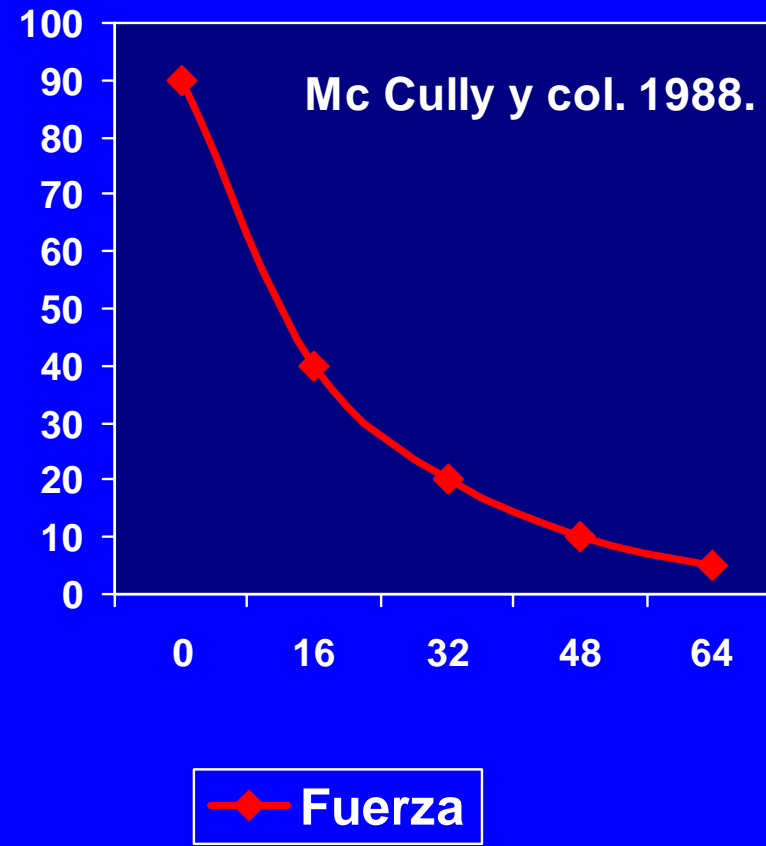
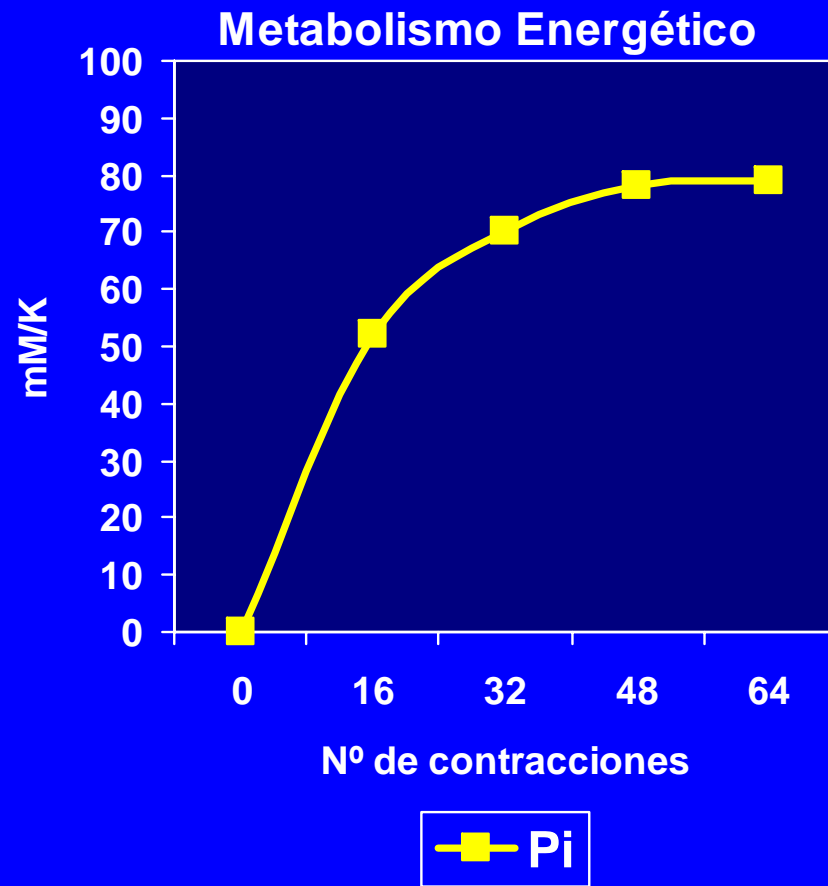
Los H^+ Limitan la producción de fuerza al:

- Competir con el Ca^{++} en su unión a la Troponina.
- Inhibir la PFK.
- Reducir la recaptación de Ca^{++} al RS, al inhibir la Ca^{++} -ATPasa.

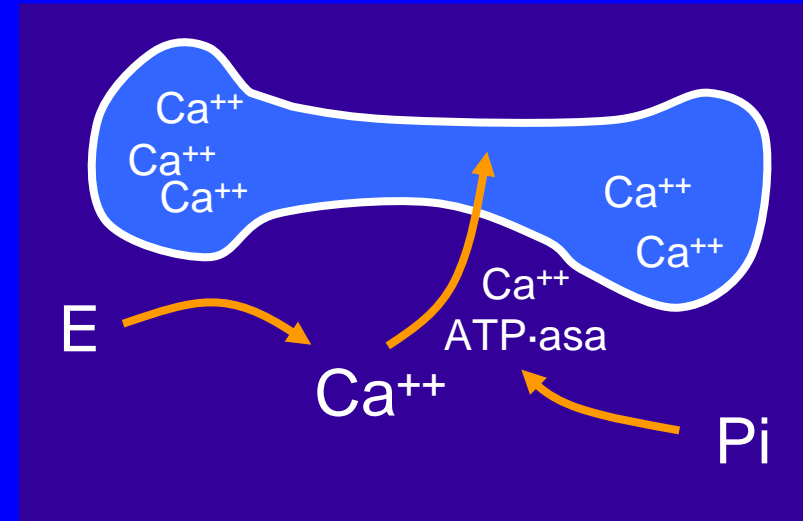
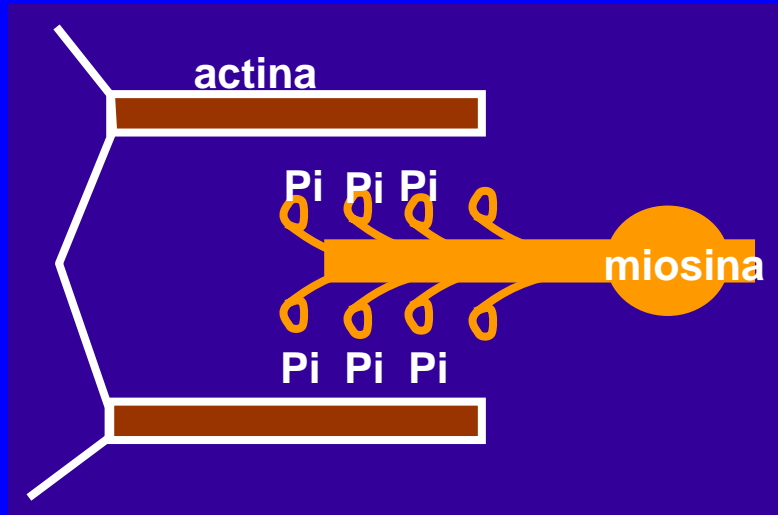
MECANISMOS DE FATIGA:
Aumento de Pi.



MECANISMOS DE FATIGA: Aumento de Pi.



MECANISMOS DE FATIGA: Aumento de Pi.



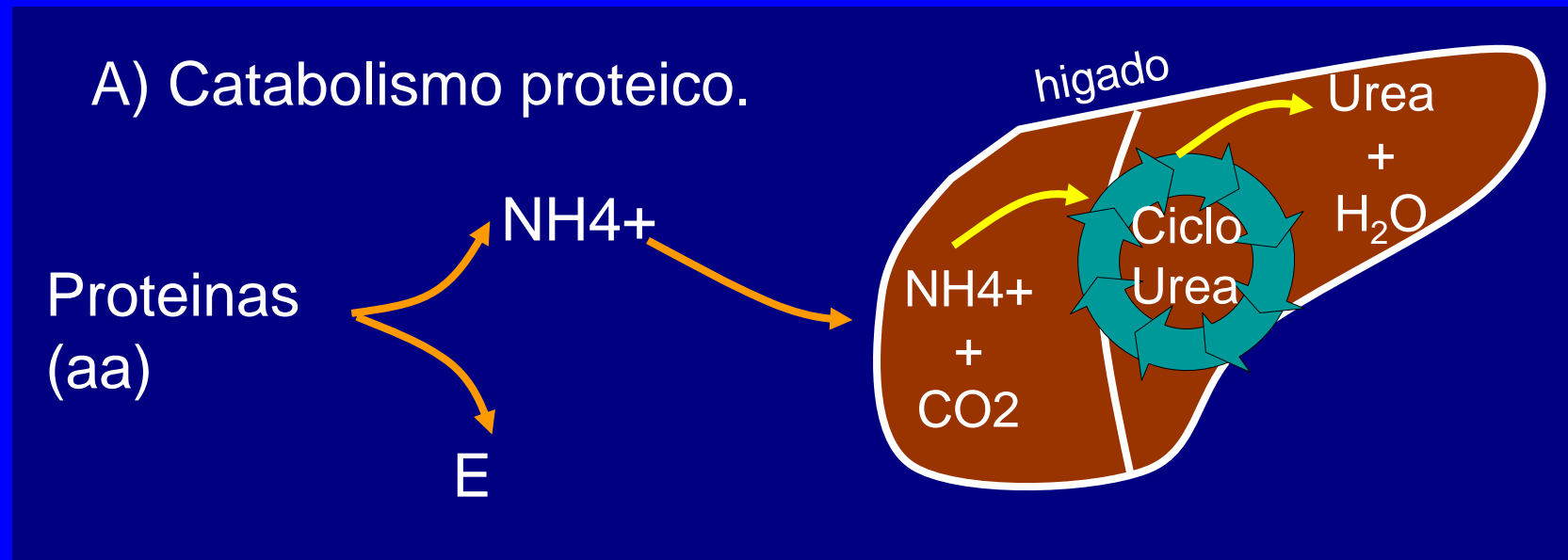
Limita la producción de fuerza al:

- Unirse a la cabeza de la miosina.
- Inhibir la Ca ATPasa.

MECANISMOS DE FATIGA: Aumento del NH_4^+ .

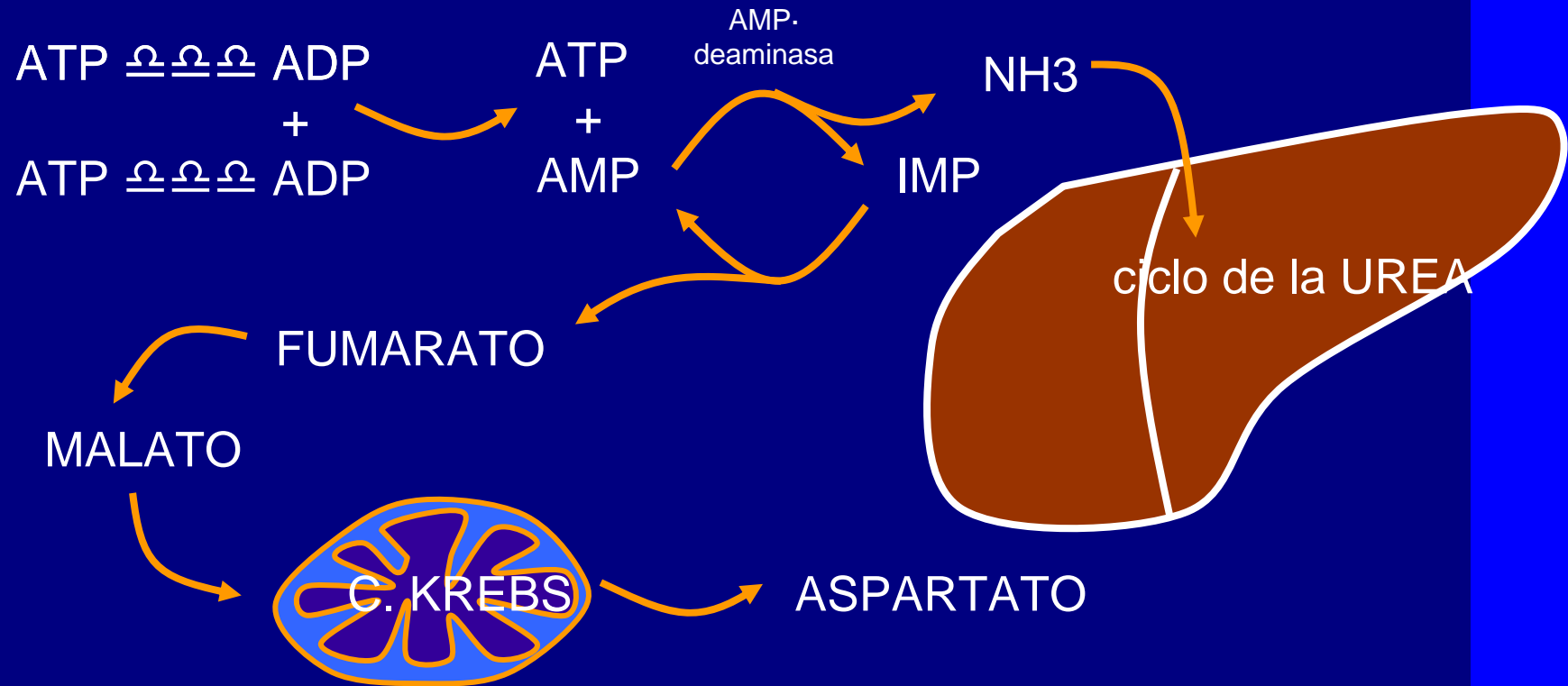
El ión amonio se produce en dos vías metabólicas: :

- Catabolismo proteico.
- Ciclo de las purinas.

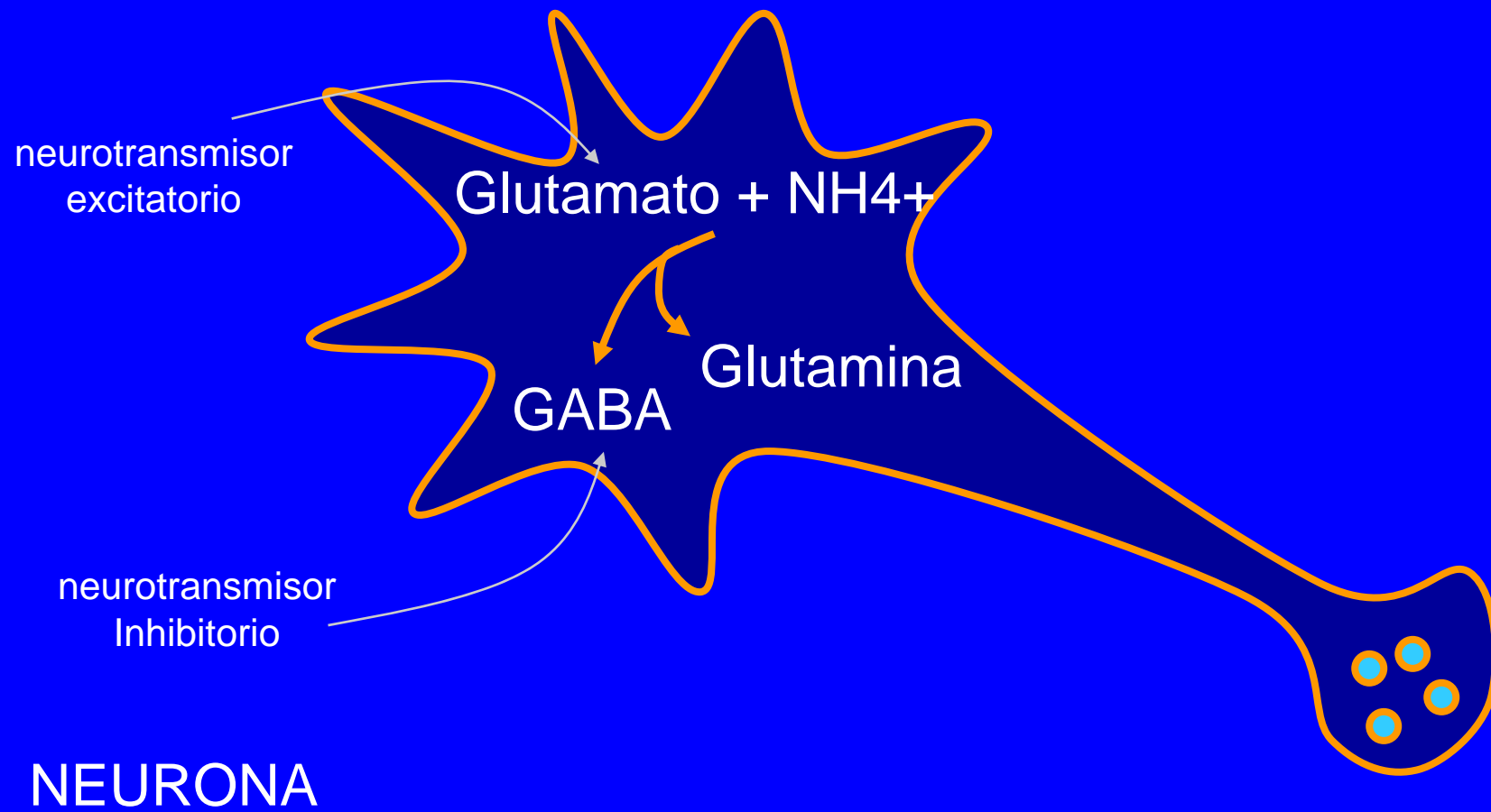


MECANISMOS DE FATIGA: Aumento del NH_4^+ .

B. CICLO DE LAS PURINAS, .. en el músculo



MECANISMOS DE FATIGA:
Acúmulo de NH_4^+ :



MECANISMOS DE FATIGA:
Acúmulo de NH_4^+ :

- Limita la función de la membrana: reduce el número de fibras activas.
- Aumenta la PFK.
- Inhibe el ciclo de Krebs.
- Inhibe la gluconeogénesis.
- Inhibe la oxidación en la mitocondria.
- Depresor neuronal.

MECANISMOS DE FATIGA: TEMPERATURA.

RIESGO TERMICO



Deshidratación



Hemoconcentración



Alteraciones
iónicas



Hipertermia



Alteraciones en la
actividad eléctrica



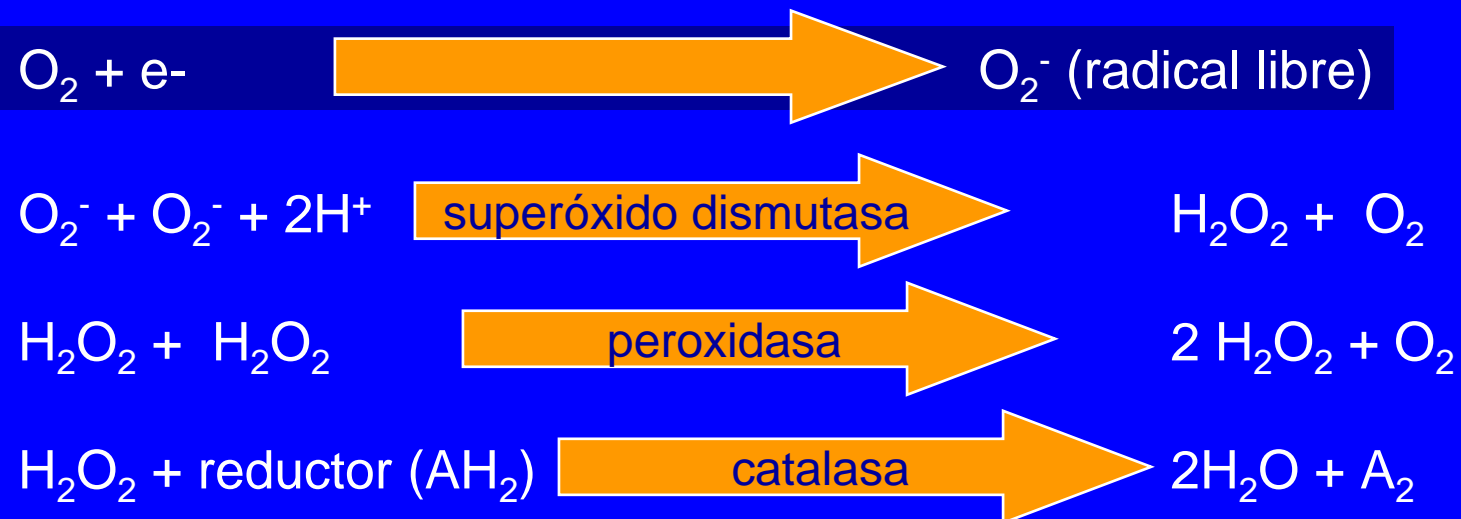
□ RENDIMIENTO



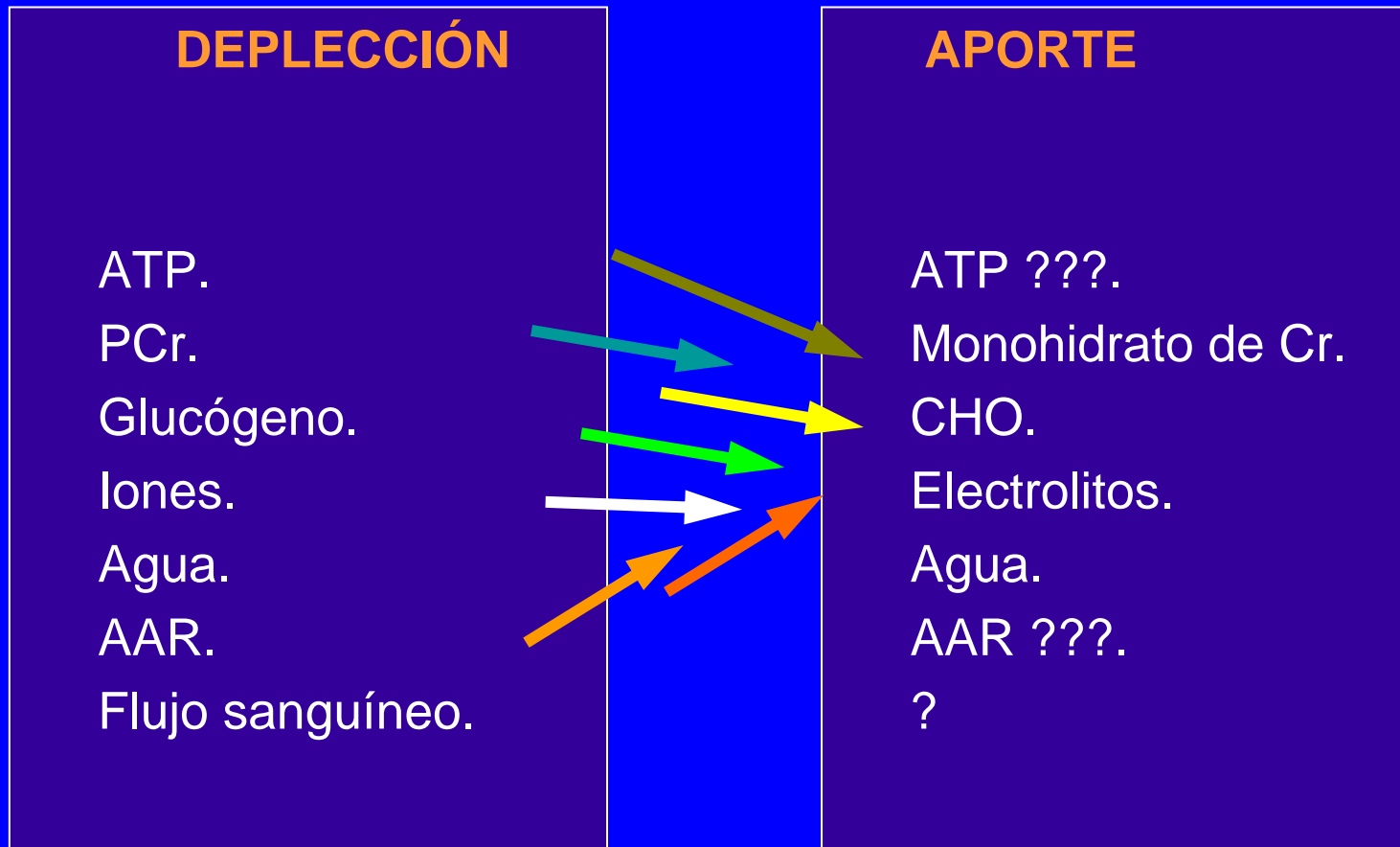
Temperatura central de 40-40,5 °c imposibilita mantener el ejercicio.

MECANISMOS DE FATIGA: RADICALES LIBRES.

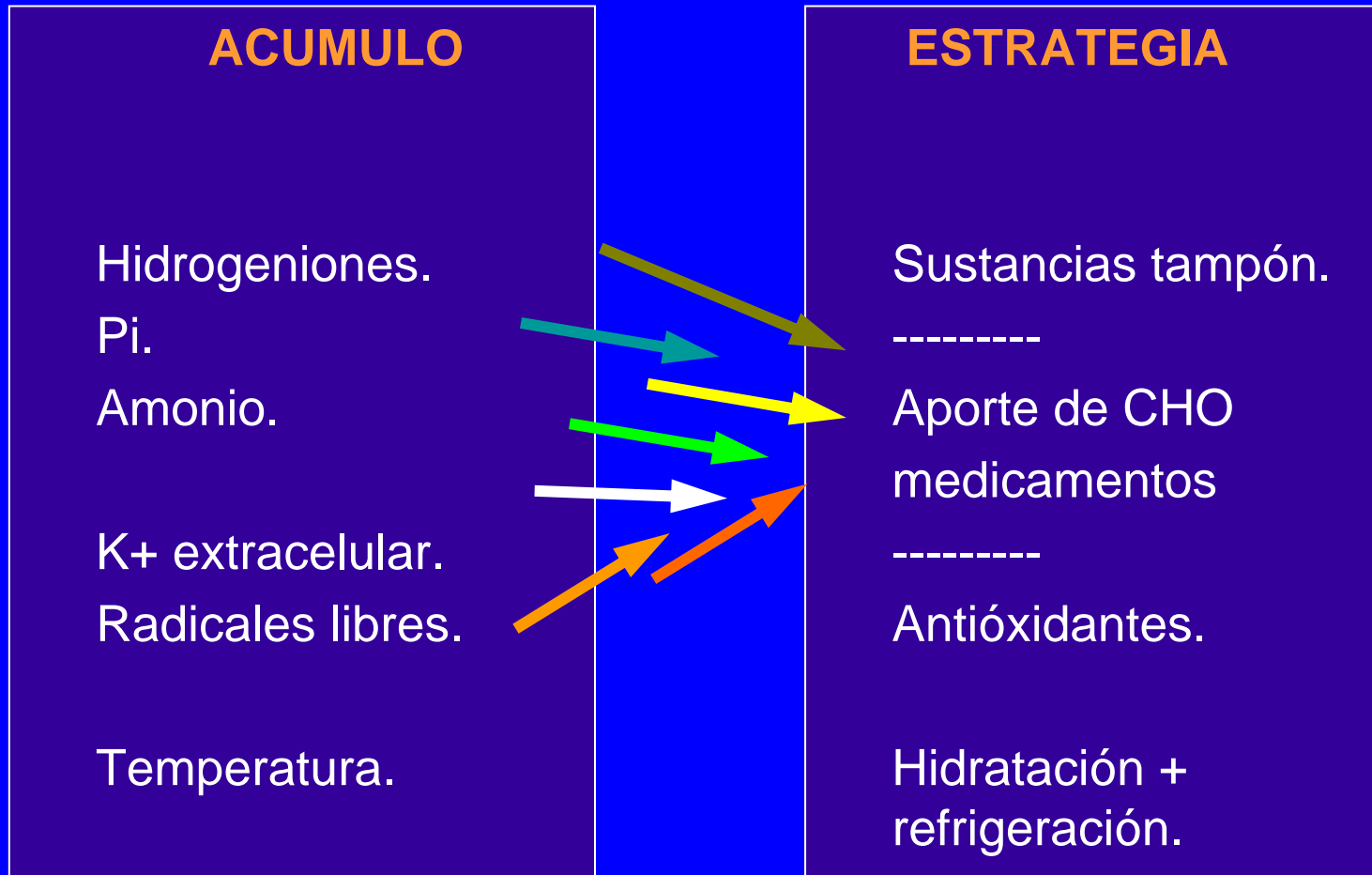
El elevado nivel de utilización de O₂ por las células en ejercicio, ocasiona la producción de radicales libres.



ESTRATEGIAS PARA RECUPERAR tras LA FATIGA



ESTRATEGIAS PARA RECUPERAR tras la FATIGA



Monohidrato de Creatina

¿Cuándo lo
necesitamos?

Sprines



Series repetidas alta intensidad



Amortigua [H⁺]

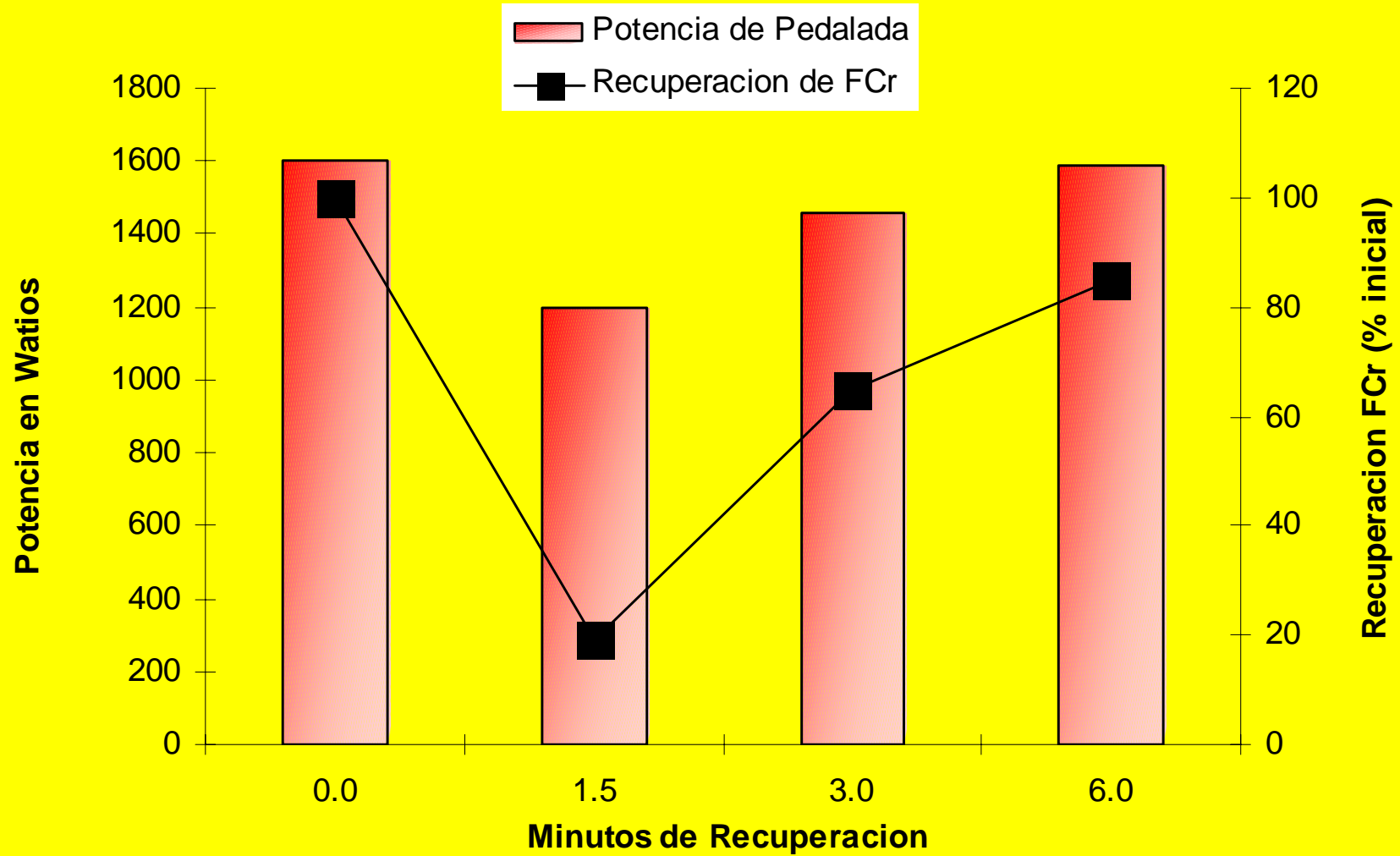
Reduce acumulación de amonio e hipoxantina (menor degradación de nucleotidos)

¿Retrasa la acumulación de lactato y [H⁺]?, No, lactato post-ejercicio

Volek et al., 1996; Mujika et al., 1996

¿Se relaciona con el rendimiento?

Potencia y FCr



Dawson y cols., 1997

Fosfato de Creatina

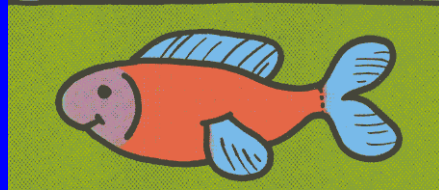
¿Podemos acelerar su
recuperación?

¿Podemos aumentar su
almacenamiento?

Fosfato de Creatina

Con suplementos de CREATINA
MONOHIDRATO

Creatinina; ¿qué es?



98% creatina en el músculo (40% libre)

Hígado, páncreas sintetiza (arginina, glicina y metionina) 1 gr/día

5 gr creatina por kg de carne o pescado

Excretada como creatinina por los riñones

¿Quién necesita este suplemento?



Deportistas entrenamiento de potencia

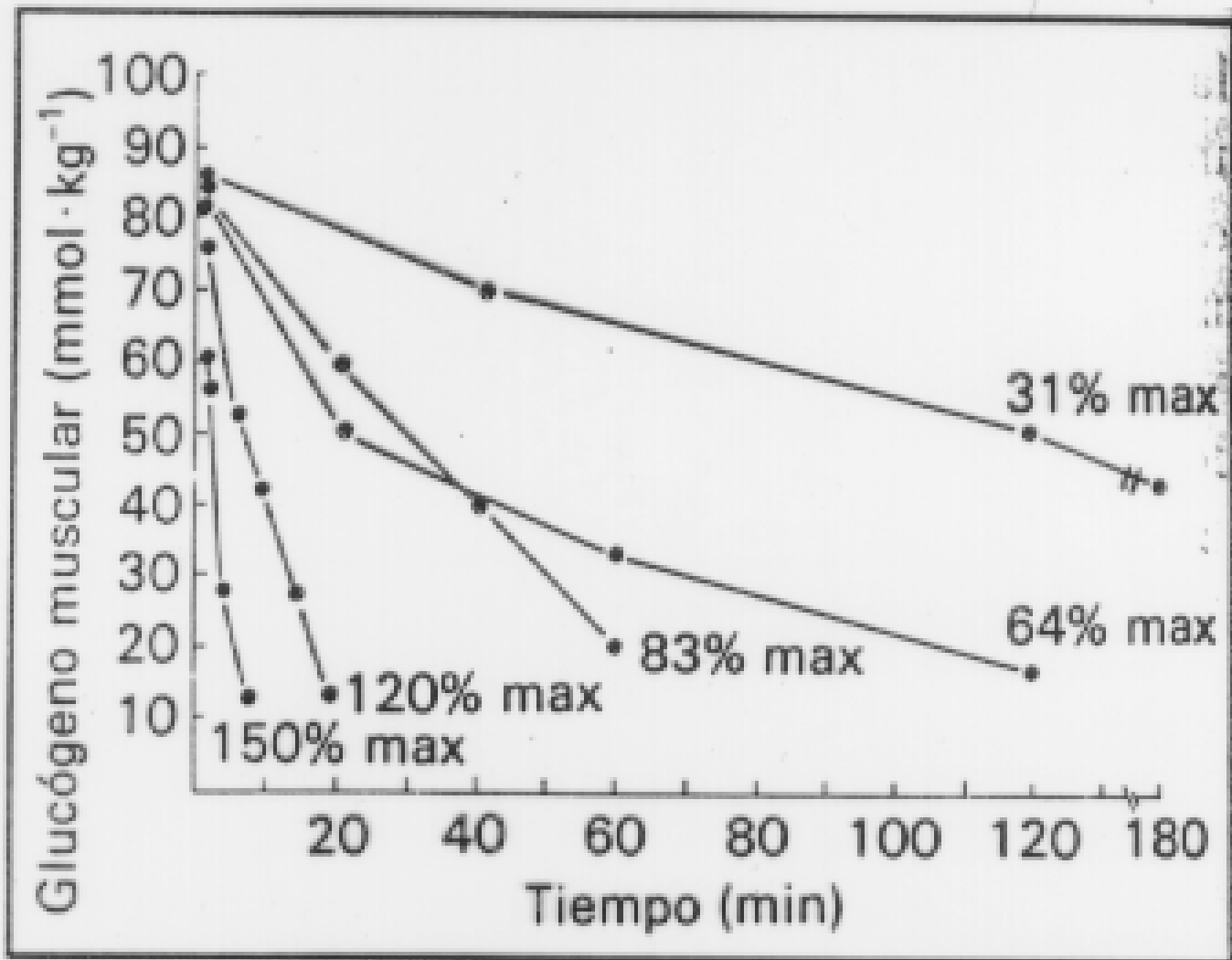
Deportistas con dietas vegetarianas y
ancianos

En general personas con niveles
musculares bajos (<125 mmol/kg ms)

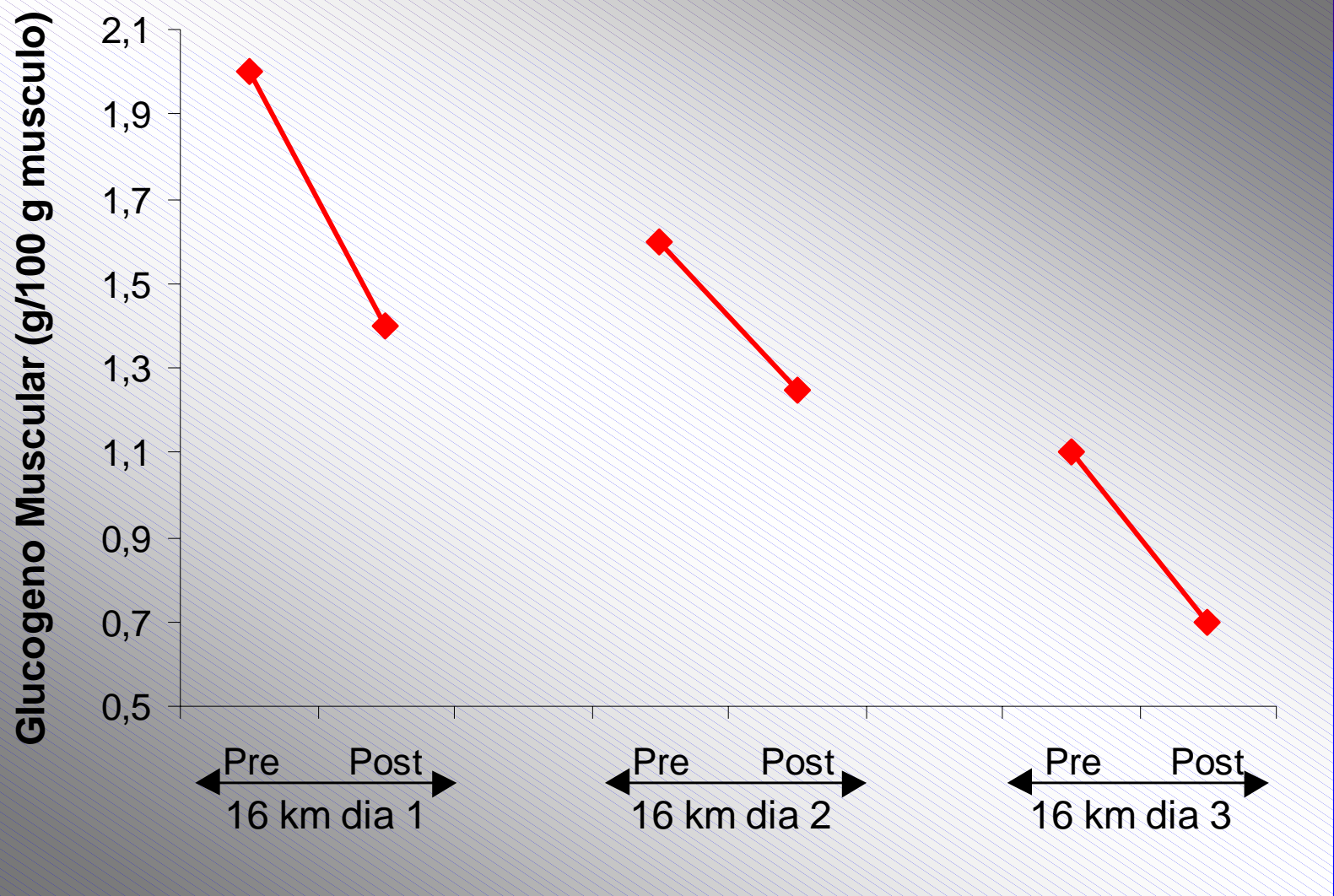
RECUPERACION DEL GLUCOGENO

N. Terrados, R. Mora y S. Padilla. "La Recuperación de la Fatiga del Deportista", 2004.

DESGASTE GLUCOGENO



DESGASTE GLUCOGENO

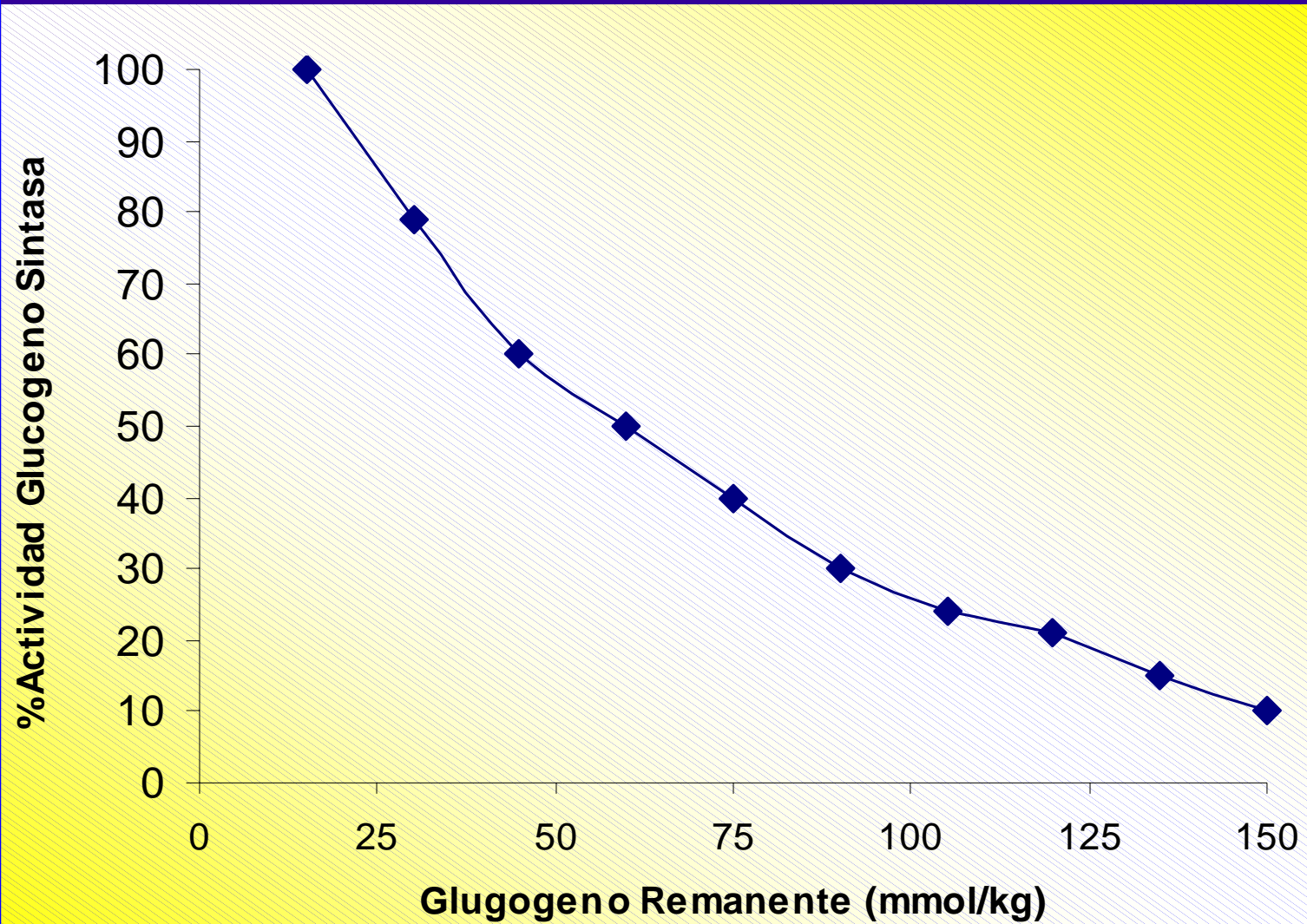


Costill, 1971

Factores para la Recuperación del Glucógeno

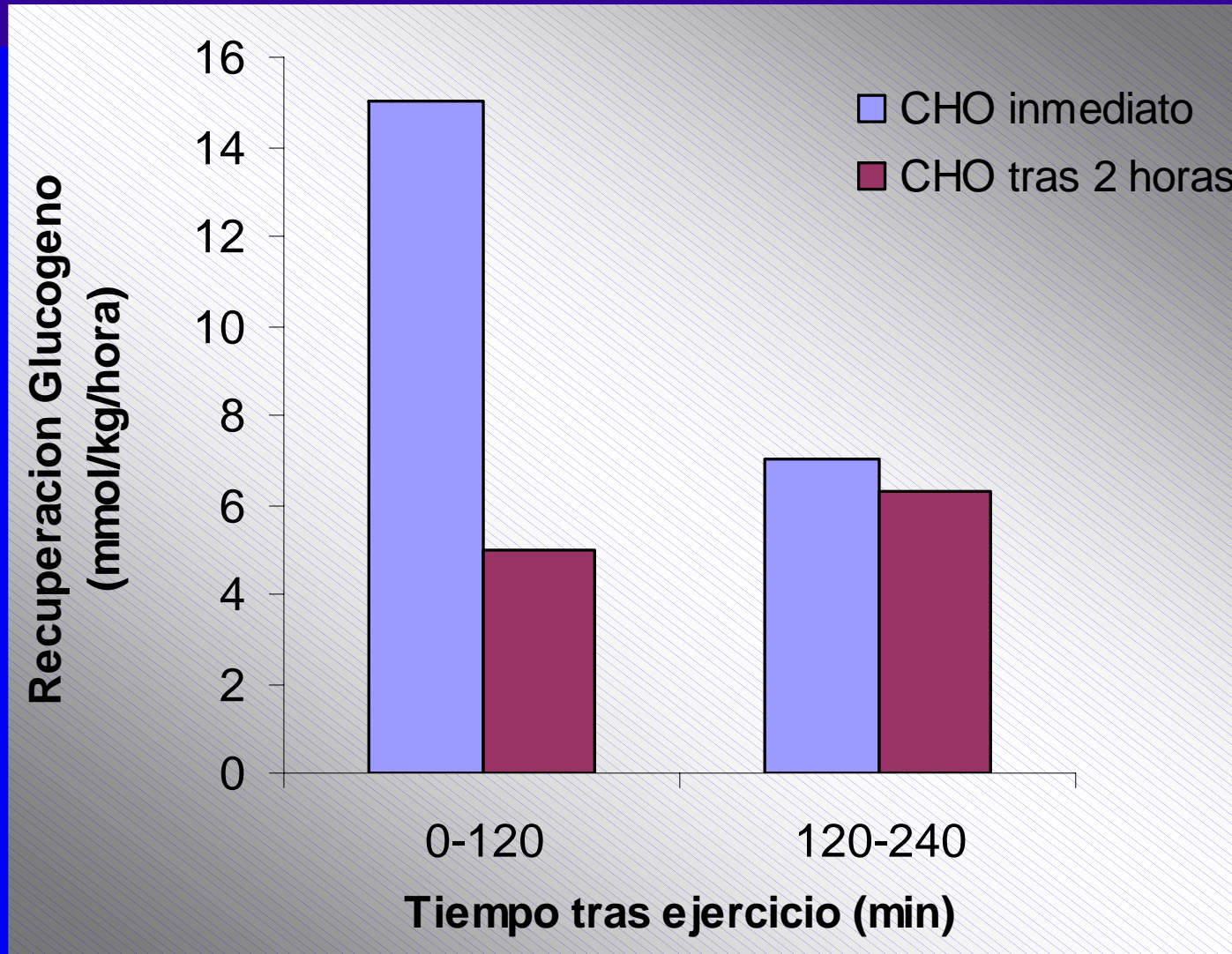
- **Niveles de glucógeno tras el ejercicio**
 - **Momento de ingestión de carbohidratos**
 - **Cantidad y frecuencia de la ingestión de carbohidratos.**
 - **Tipo de carbohidrato ingerido.**
 - **Combinación de proteína y carbohidratos.**
 - **Dietas de sobrecompensación (dieta y ejercicio).**
 - **Nivel de entrenamiento del deportista**

Glucógeno Remanente

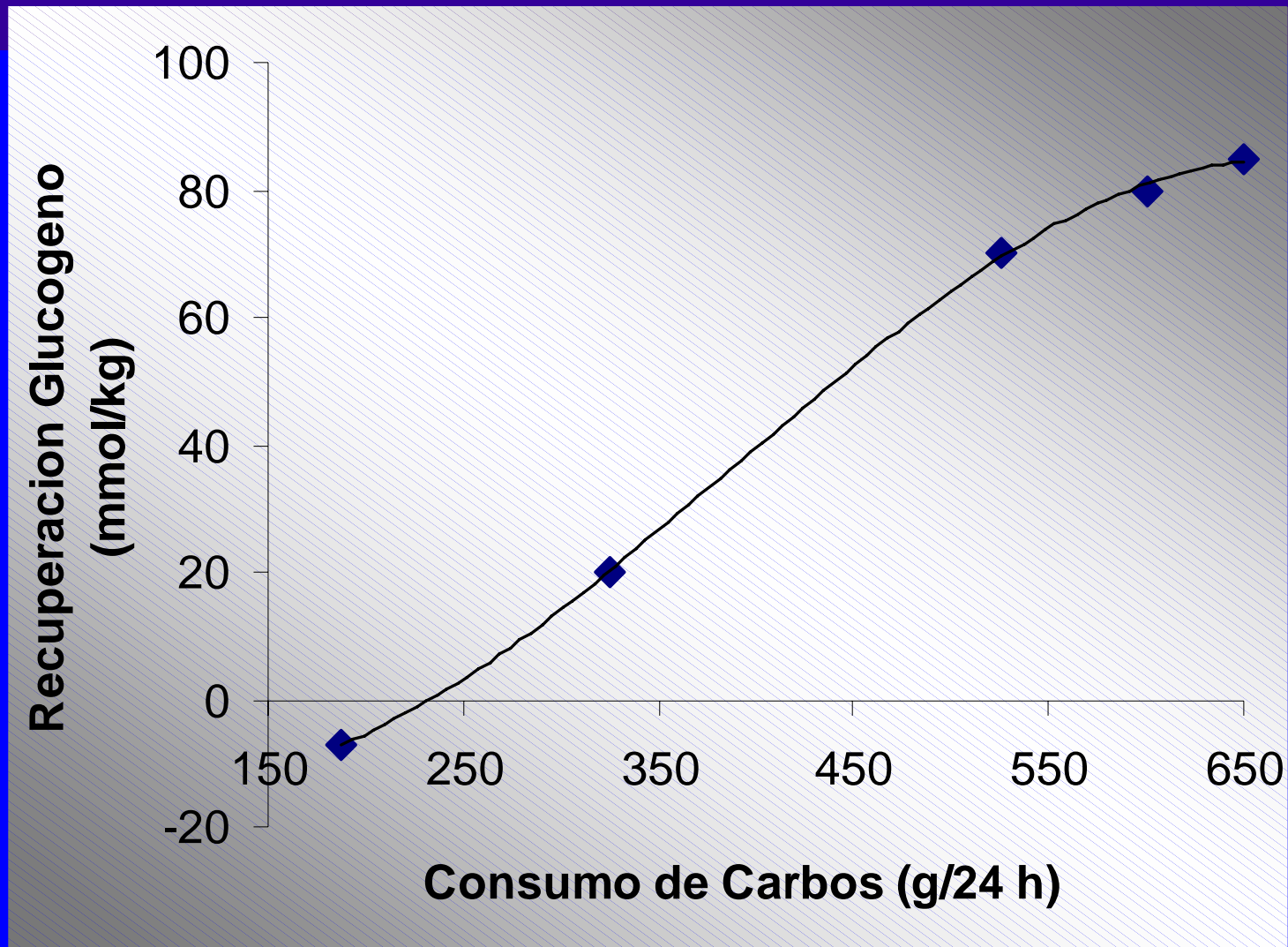


Danforth, 1995

Momento de Ingesta



Cantidad de Carbohidratos

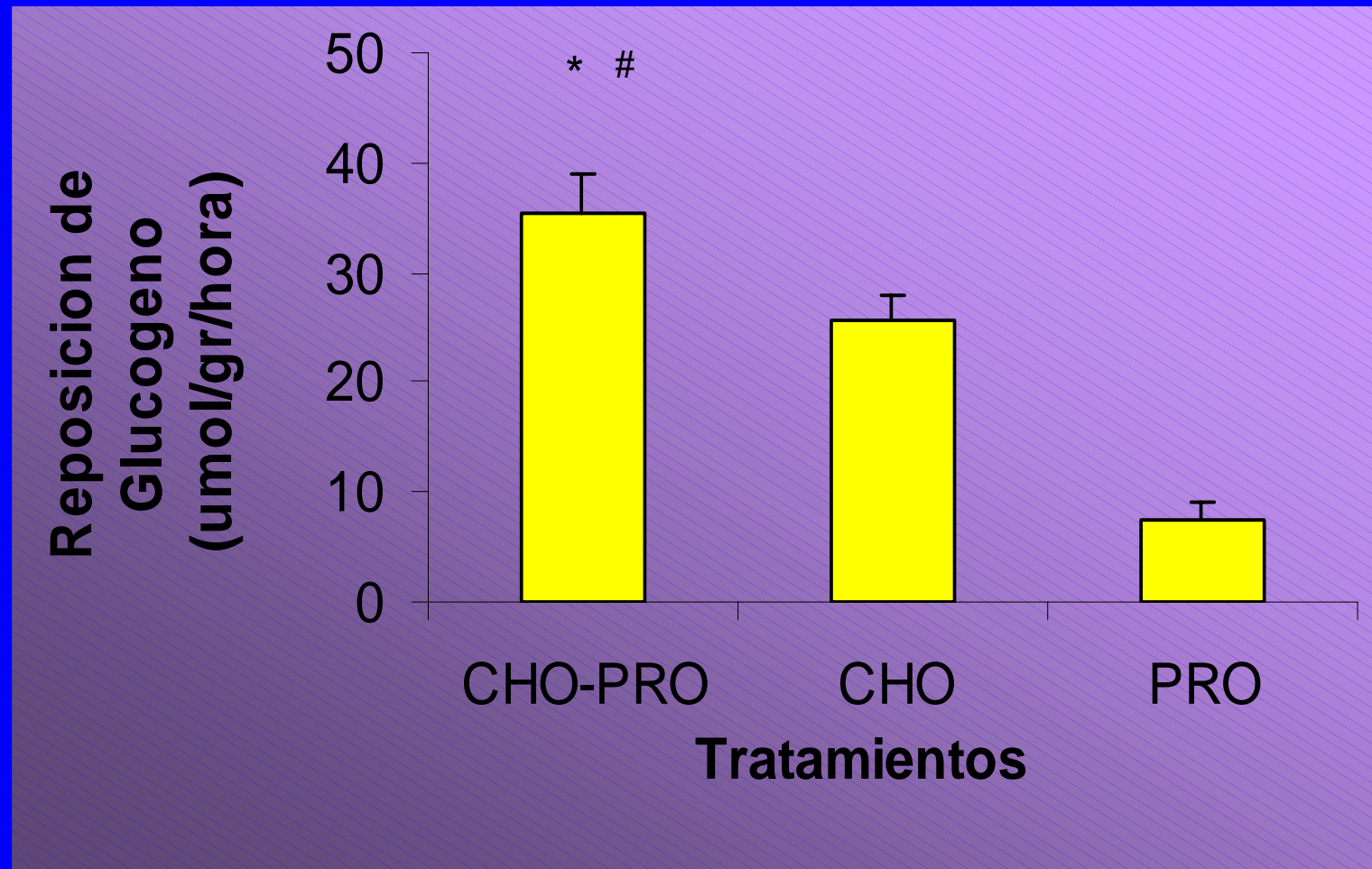


Costil, 1981

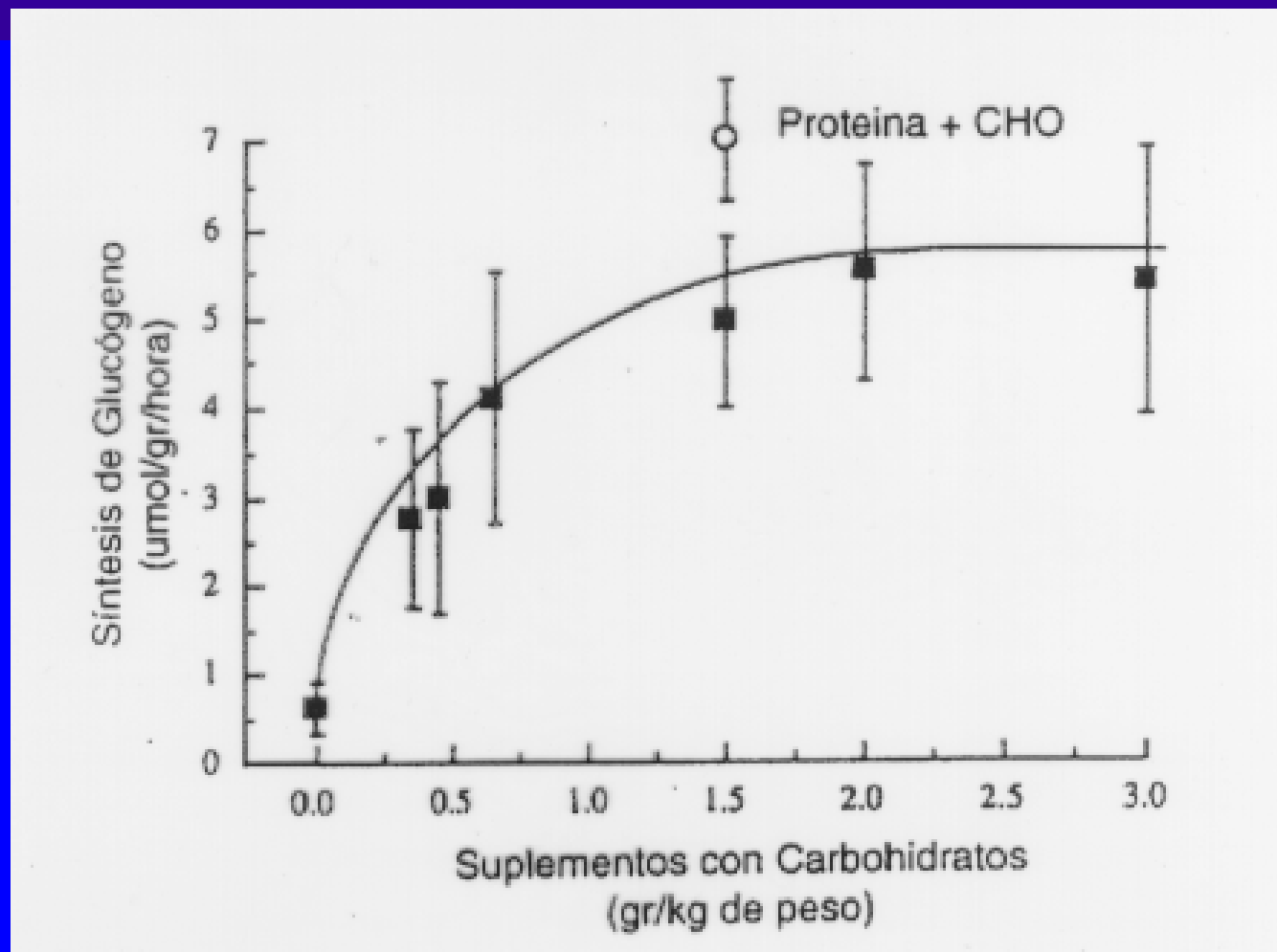
Tipo de Carbohidratos (IG alto)

GRUPO	ALIMENTO	Para 50 gr. de CARBOHIDRATOS
Azucares	Glucosa	50 gr.
	Sucrosa	65 gr.
	Maltosa	50 gr.
	Miel	67 gr.
	Melazas	113 gr.
Bebidas	Bebidas (6% carbohidrato)	875 ml.
	Bebidas (7% Maltodextrinas)	700 ml.
Cereales	Pan blanco	120 gr.
	Cereales	80 gr.
	Arroz blanco	170 gr.
	Copos de maíz	60 gr.
Fruta	Pasas	80 gr.
Vegetales	Patata	250 gr.
	Maíz dulce	220 gr.
Confituras	Mermeladas	90 gr.

RECUPERACION DEL GLUCOGENO



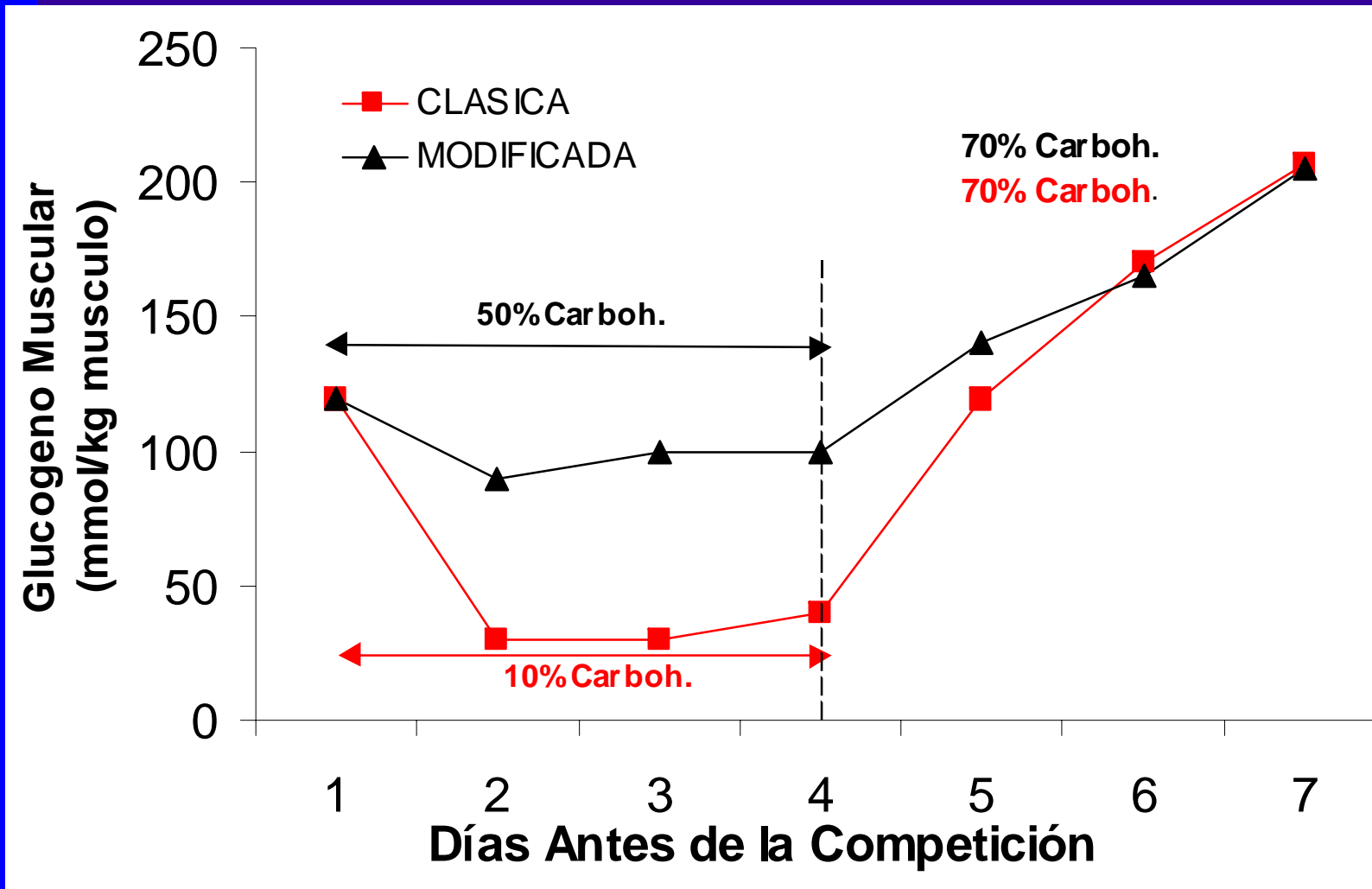
RECUPERACION DEL GLUCOGENO



1,5 gr CHO/kg peso + 0,53 gr/kg peso (suero de leche)

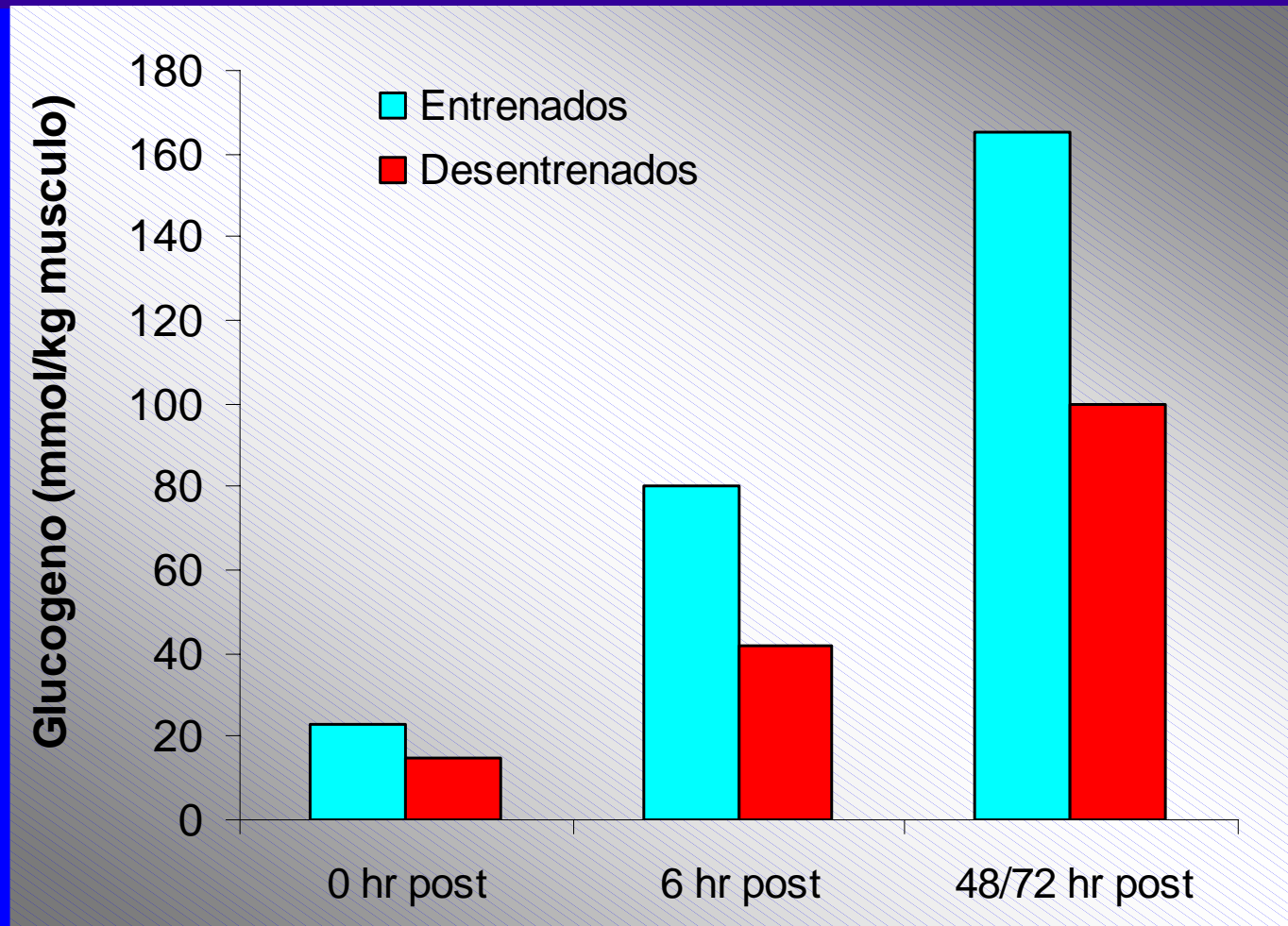
Ivy y cols., 1992

DIETAS SUPERCOMPENSACION



Bergstrom, 1967 y Sherman, 1981

NIVEL ENTRENAMIENTO



Hickner 1997

DESPUES DEL EJERCICIO

**Ingerir CHO lo mas Pronto Posible, con
proteínas y LEUCINA**

Con Indice Glicémico Alto

**50-75 g. de CHO cada 2 Horas hasta 500 g (o
8 g/kg peso corporal).**

OTRAS ESTRATEGIAS PARA RECUPERAR tras LA FATIGA

N. Terrados, R. Mora y S. Padilla. “La Recuperación de la Fatiga del Deportista”,
Editorial Gymnos, 2004.

RECUPERACION INTER-SESION

MEDIOS Y METODOS FÍSICOS:

- Masaje
- Sauna
- Relajación psicológica
- (oxigenoterapia NO DEMOSTRADO.)
- HIDROTERAPIA:
 - Baños de contraste.
 - AGUA HELADA.
 - Hidromasaje.
 - Baños calientes con esencias.
- Fisioterapia (infrarrojos, ultrasonidos...)

MEDIOS Y MÉTODOS FÍSICOS de RECUPERACIÓN INTRA-SESIÓN.

Los posibles medios y métodos físicos, para ayudar a la recuperación del deportista durante la propia sesión de entrenamiento, se encuentran con el problema de la escasez de tiempo durante la sesión de entrenamiento cotidiano y de la continuidad que necesita ese entrenamiento.

Entre los pocos Medios y Métodos físicos existentes están:

- 1) La utilización de baños con «agua helada».
- 2) La colocación momentánea de manguitos de presión **NO DEMOSTRADA**.
- 3) La aplicación de oxigenoterapia, **NO DEMOSTRADA**.
- 4) Las sesiones cortas de masaje relajante o estimulante.

METODOS ERGONUTRICIONALES

Monohidrato de Creatina. EVIDENCIA CIENTÍFICA ALTA

Bicarbonato Sódico. EVIDENCIA CIENTÍFICA ALTA

Aminoácidos de cadena ramificada. EVIDENCIA CIENTÍFICA MODERADA

Triptófano. EVIDENCIA CIENTÍFICA BAJA

Glutamina. EVIDENCIA CIENTÍFICA CONTROVERTIDA

OTRAS SUSTANCIAS DE POSIBLE EFECTO EN LA RECUPERACIÓN. CON MUY POCA EVIDENCIA CIENTÍFICA

Ginseng

L-Carnitina

Eleuterococo

Iones Fosfato

Aspartatos

Acido Málico

Arginina y Compuestos

Ornitina

Taurina

Inosina

Megadosis de Vit B12

Sueroterapia:

ACIDO FÓLICO y VIT B12, bajan los niveles de HOMOCISTEINA, previenen enfermedades cardiovasculares (relacionadas con los aumentos de homocisteina)

Los niveles bajos de HOMOCISTEINA, previenen enfermedades cardiovasculares (relacionadas con los aumentos de homocisteina)

Lentz y Haynes, 2004

Los esfuerzos producen aumentos de CITOQUINAS. Las citoquinas se unen a la membrana celular del macrófago y provocan liberación de ac. araquidónico.....producción de citoquinas proinflamatorias → disminución del apetito, disminución de la ingesta, aumenta el metabolismo basal, aumenta el catabolismo muscular , por aumento de proteosomas (atrofia relativa?).

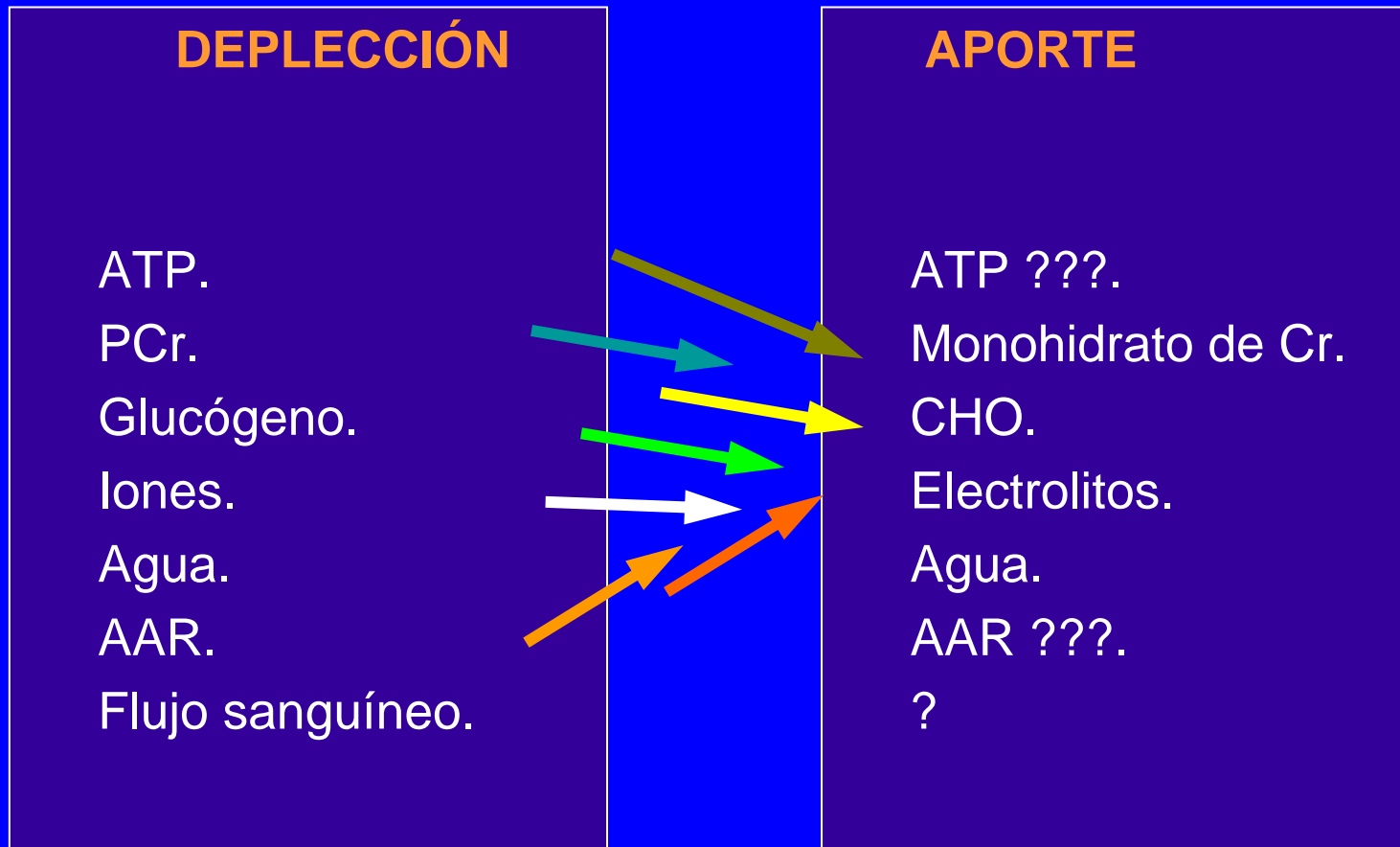
PARA RECUPERAR los POSIBLES EFECTOS en las CITOQUINAS:

Suplementos nutricionales con ácido eicosapentaénico, que es un ácido graso poliinsaturado pomega-3 esencial, parecen reducir este efecto.

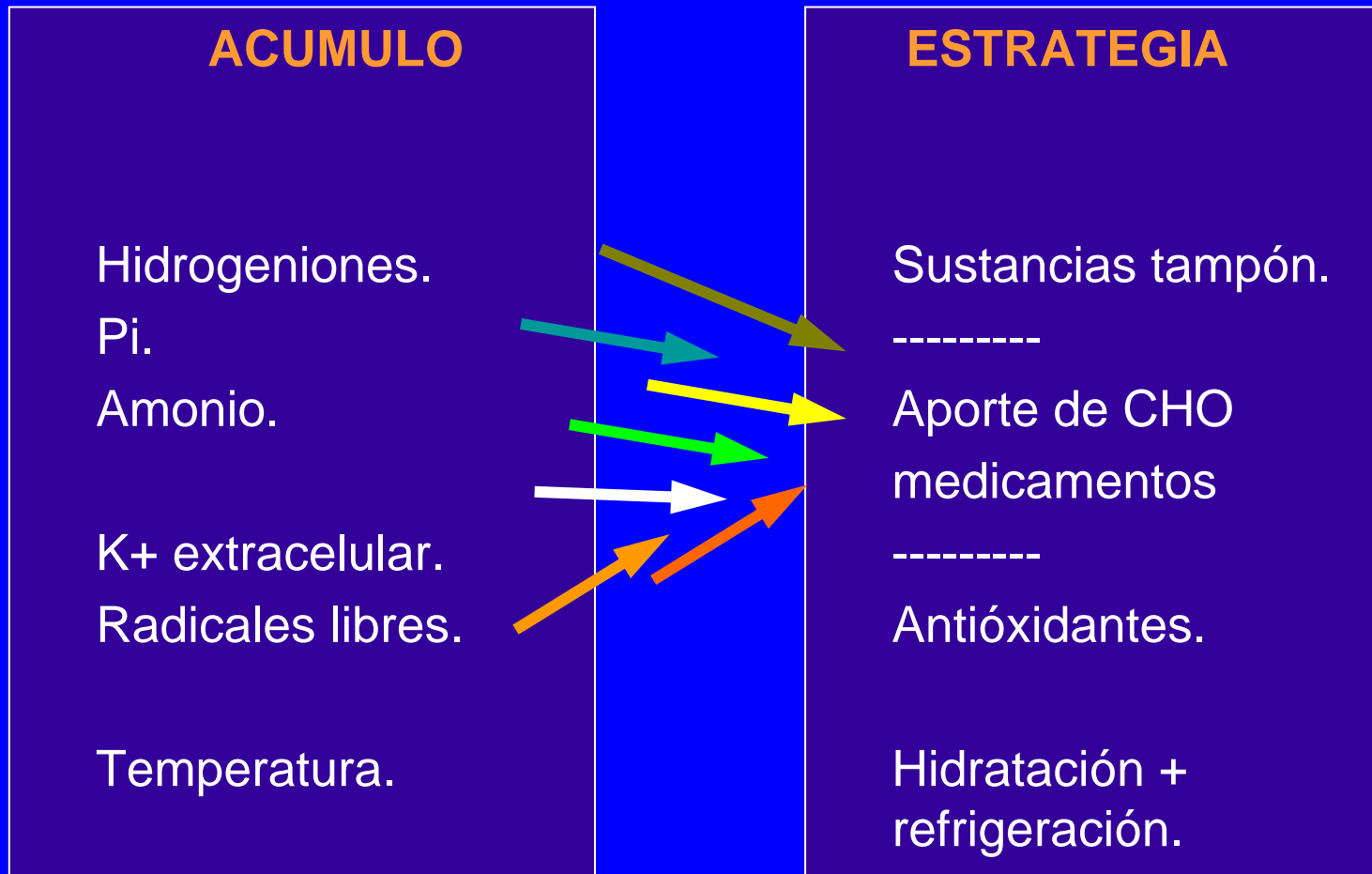
Barber MD y col. *Br. J. Cancer.* 1999.

Fearon KC et al. *Gut.* 2003

ESTRATEGIAS PARA RECUPERAR tras LA FATIGA



ESTRATEGIAS PARA RETRASAR LA FATIGA



N. Terrados, R. Mora y S. Padilla. "La Recuperación de la Fatiga del Deportista", 2004.