

FATIGA MUSCULAR



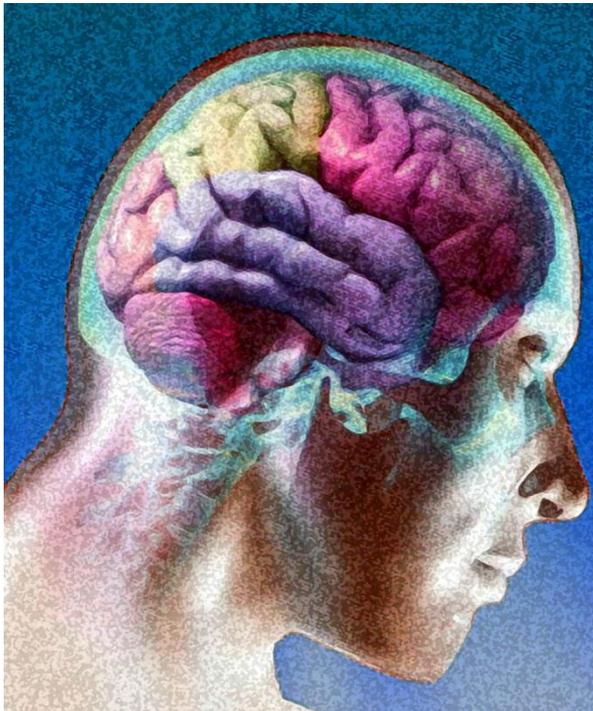
José Carlos Giraldo T. MD
Esp. Medicina Deportiva
Mg en Fisiología

Carlos Eduardo Nieto G. MD
Esp. Medicina Deportiva
Esp: Salud Ocupacional



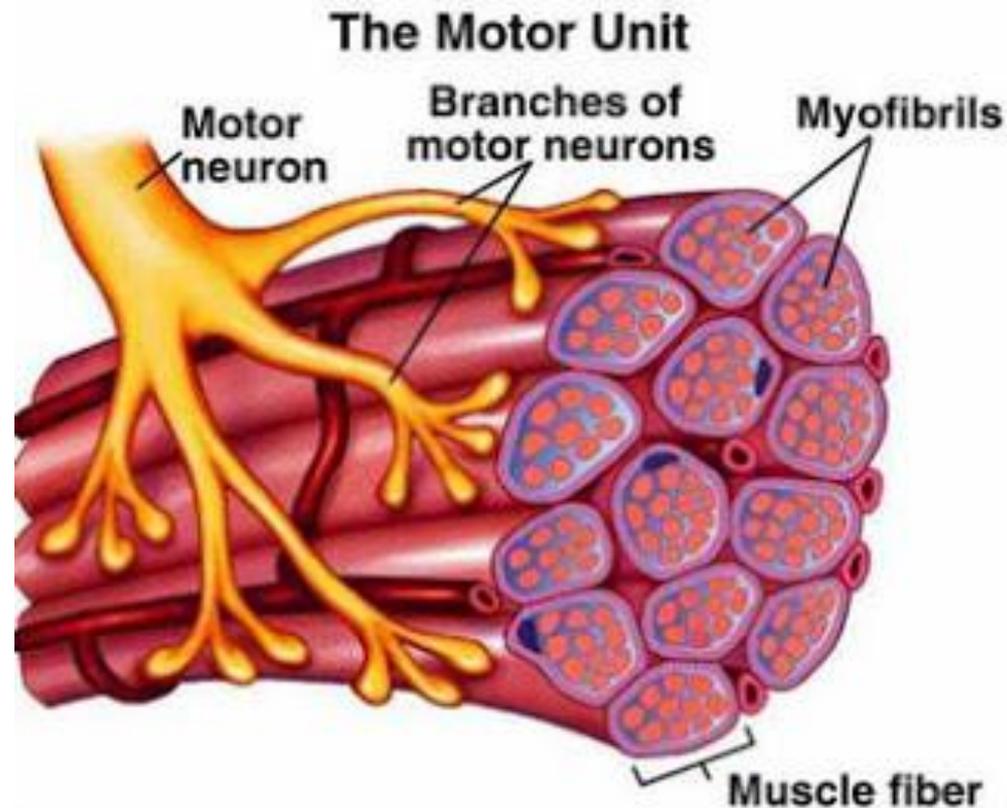
FATIGA MUSCULAR

Fatiga Central



FATIGA MUSCULAR

✓ Fatiga Periférica





Factores relacionados a la Fatiga. Adaptado de Rossi Tirapegui (1999)



Alteraciones del pH

Alteraciones de la temperatura

Acumulación de productos metabólicos

Pérdida de la homeostasis de los iones Ca²⁺

Stress oxidativo

Lesión muscular

Causas de fatiga

FATIGA MUSCULAR

“El músculo esquelético se fatiga cuando falla para producir ó sostener la fuerza requerida ó esperada” (Davies CT, Mc Donogh M.J; 1982)



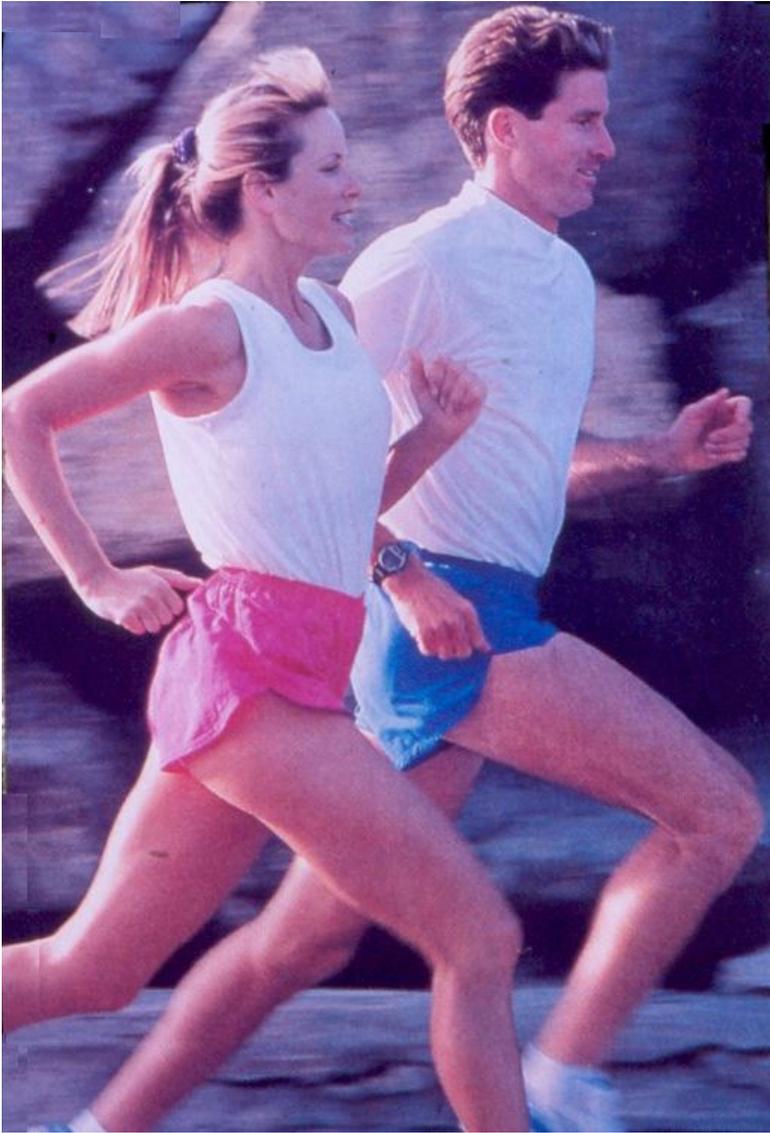
“Falla para mantener la fuerza durante una contracción sostenida o repetida” (Edwards RHT,1985)

FATIGA MUSCULAR

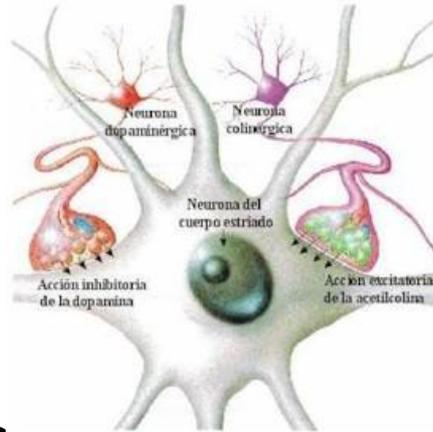
**“Perdida transitoria de la capacidad de trabajo resultante de un trabajo precedente”
(Simonson.E, 1971)**



“Disminución transitoria de la capacidad de trabajo como resultado de una actividad física previa....usualmente evidenciada por una falla para mantener o desarrollar una cierta fuerza o potencia esperada” (Asmusson E,1979)

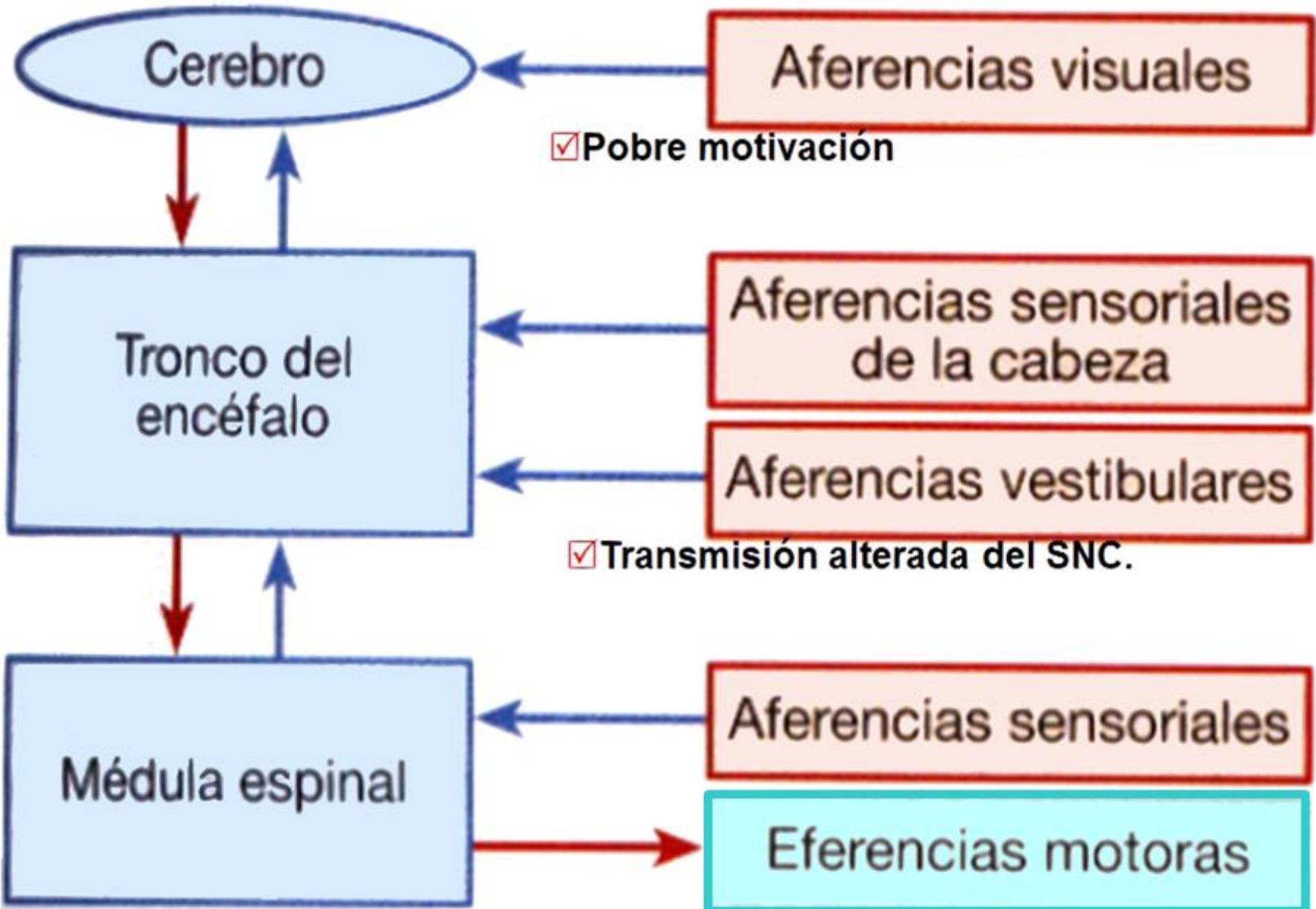


FATIGA MUSCULAR CENTRAL



- ✓ **Pobre motivación**
- ✓ **Transmisión alterada del SNC.**
- ✓ **Reclutamiento axones motores**



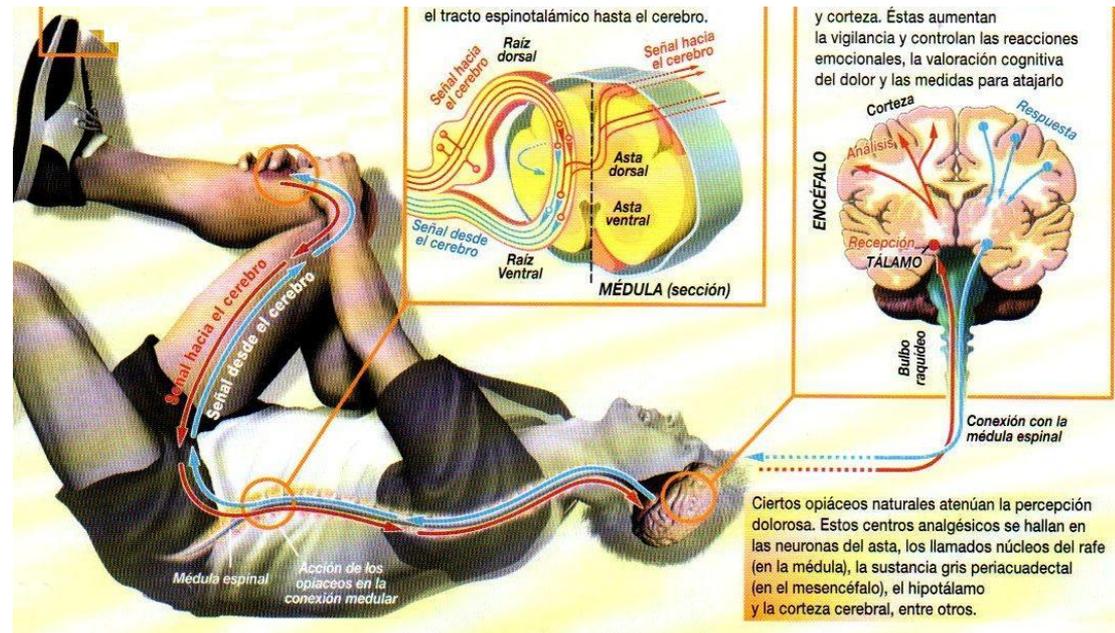


FATIGA MUSCULAR CENTRAL

Transmisión alterada del SNC.

✓ Reducción impulsos corticoespinales (descendentes) => Motoneurona.

✓ Inhibición excitabilidad Motoneurona (Retroalimentación aferente desde músculo).



- ▶ La fatiga extrema de algunos deportistas tiene su origen en el cerebro, que pone freno al exceso de actividad

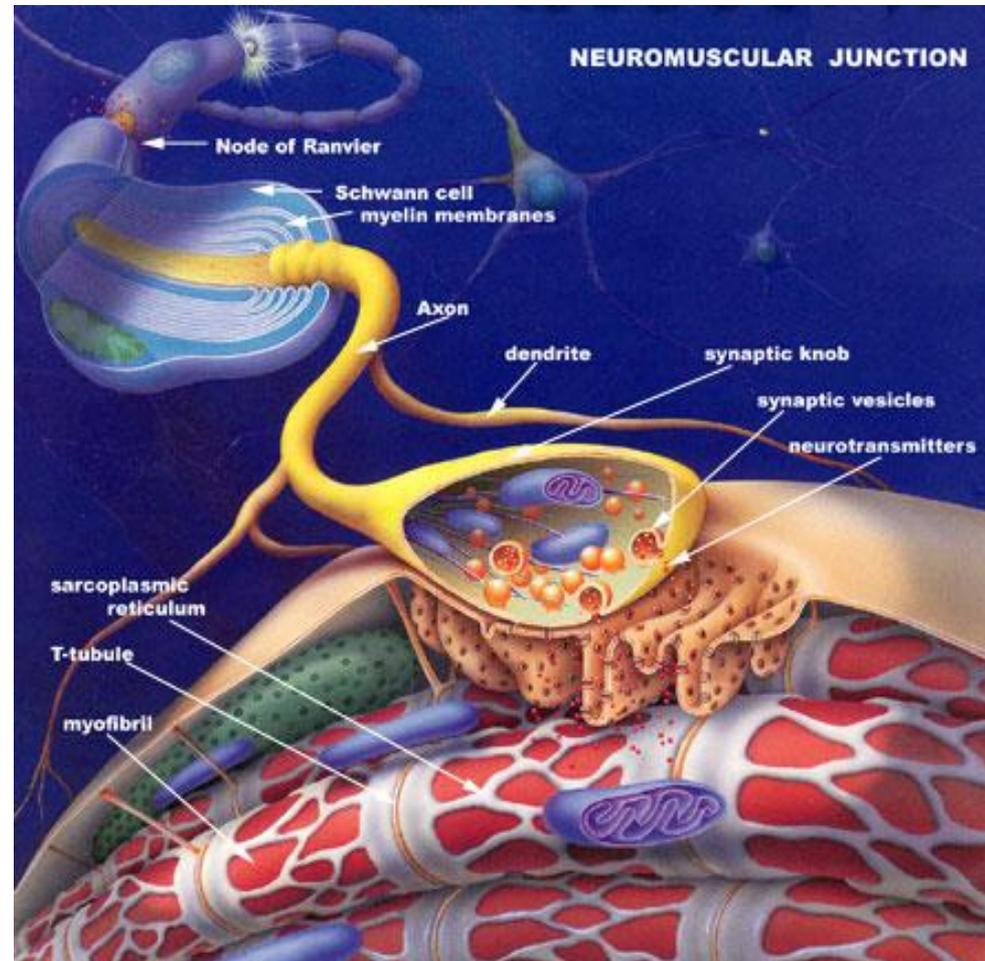


El atleta estadounidense Mike Morgan cayó al suelo en 2011 justo antes de cruzar la línea de meta

FATIGA MUSCULAR PERIFERICA.

(Allen, 1992; Vollestad y Sejersted, 1988)

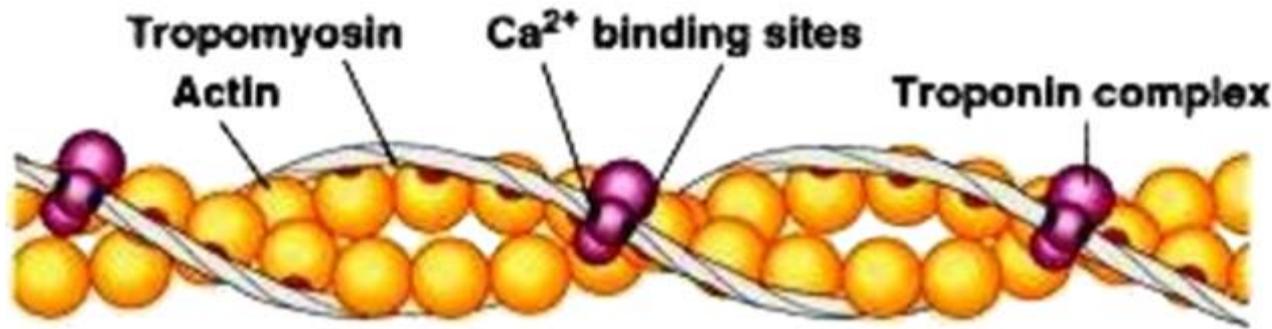
- a) Disminución velocidad de conducción del P.A sobre el sarcolema.
- b) Modificación transmisión de la señal desde TT al R.S.
- c) Reducción liberación del Ca_i^{2+}



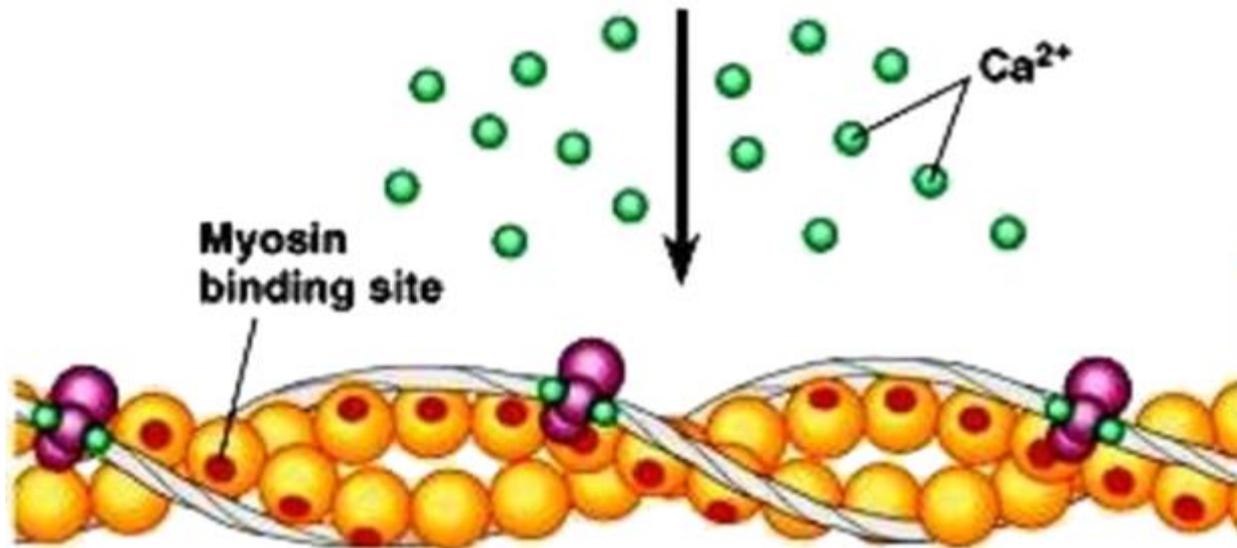
FATIGA MUSCULAR PERIFERICA.

(Allen,1992; Vollestad y Sejersted, 1988)

- d) Reducción sensibilidad al Ca^{2+} de los miofilamentos (Ca - Tn).**
- e) Reducción tensión producida por los puentes Actina - Miosina.**

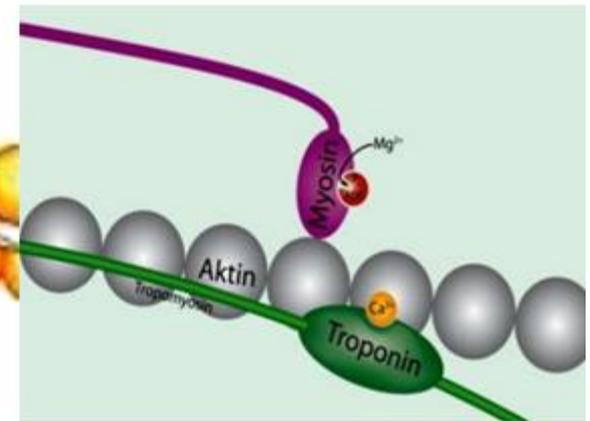


(a) Myosin binding sites blocked; muscle cannot contract



(b) Myosin binding sites exposed; muscle can contract

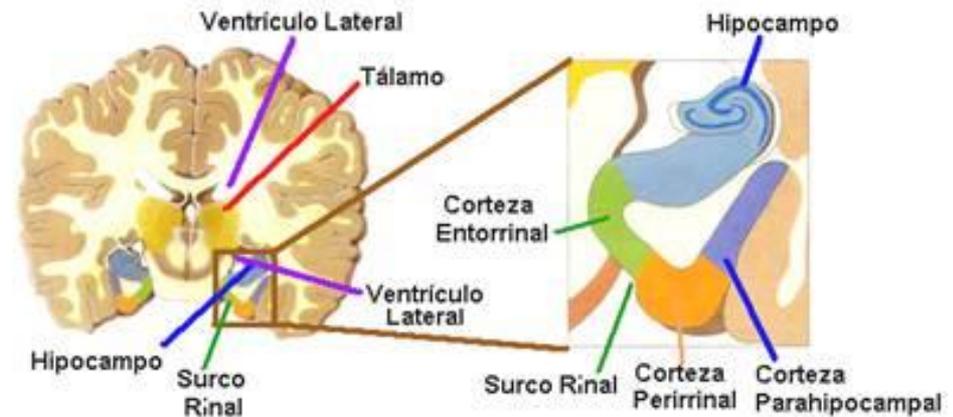
Miofilamentos,
Calcio - Troponina

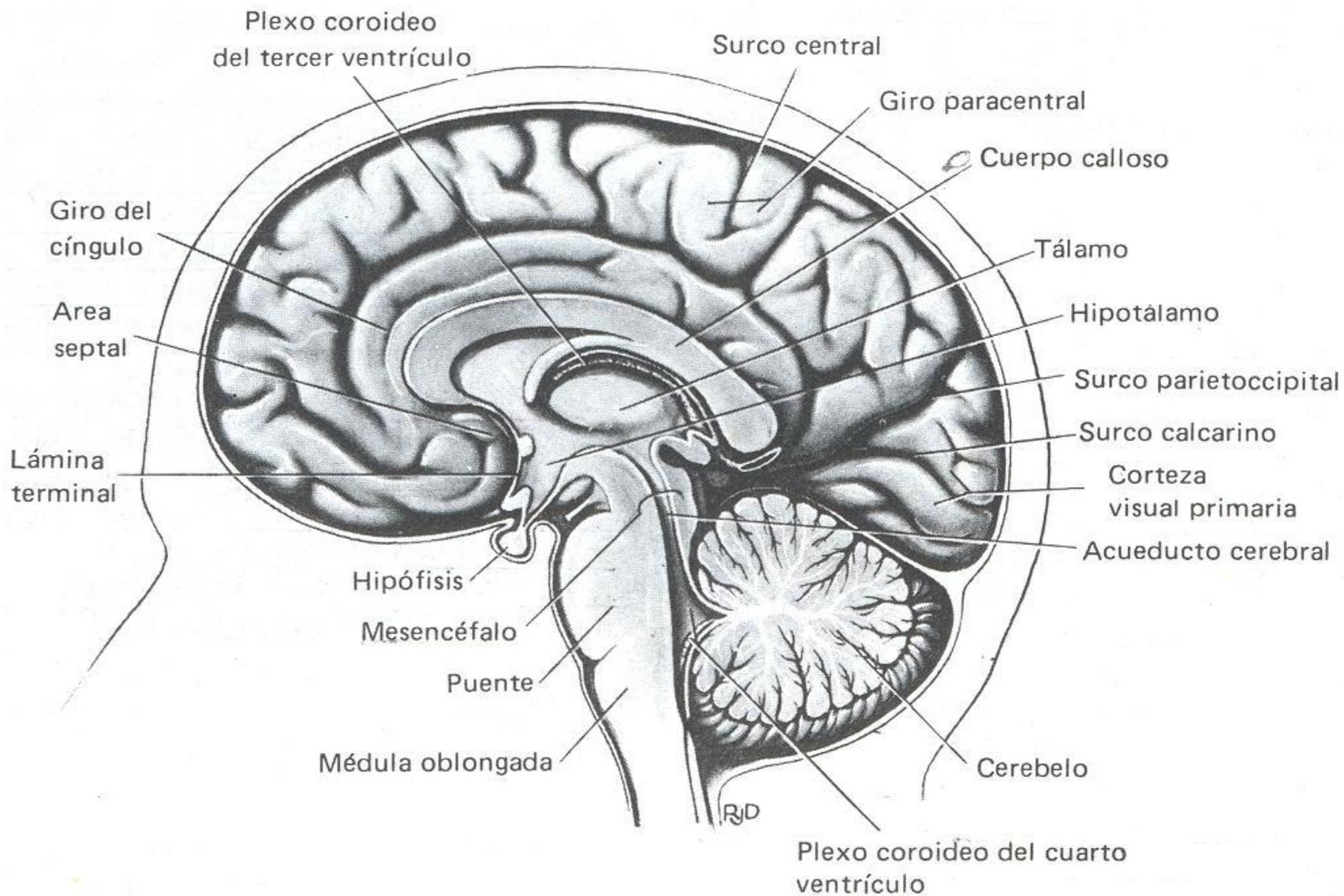


DOPAMINA Y FATIGA

✓ Aumenta su metabolismo en el hipocampo, hipotálamo, mesencéfalo y núcleo estriado.

✓ Mejora desempeño deportivo combinada con anfetaminas.

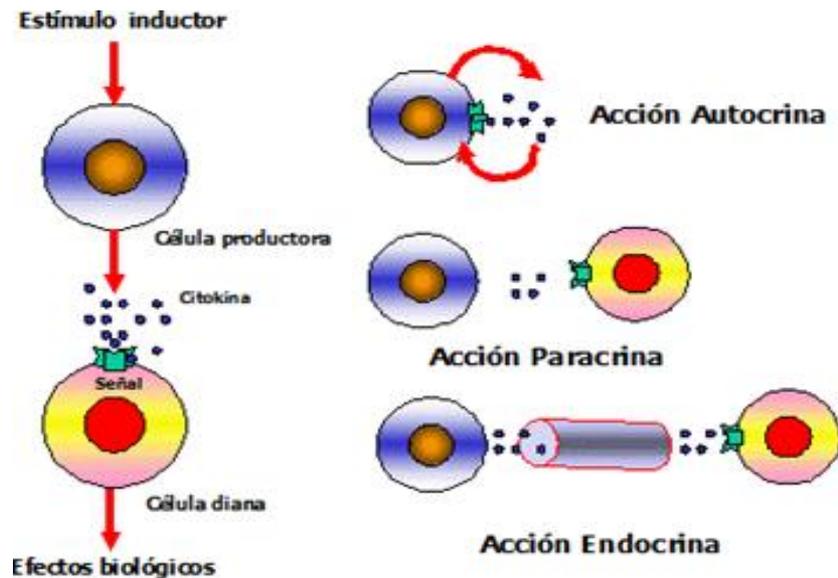






CITOKINAS Y FATIGA

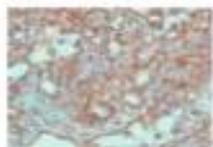
- Sustancias solubles liberadas de células inmunes
- Síndrome de fatiga crónica: produce aumento en la producción de interferón.
- Asociadas con infecciones virales o bacterianas agudas.



Citocinas



Macrófagos



Células endoteliales

Linfocitos

Leucocitos polimorfonucleados



Epitelios

Tejido conjuntivo

Producidas por:

Proteínas reguladoras

Comunicación intercelular

Activadores de receptores específicos

Funciones de:

Proliferación celular

crecimiento y modulación de inmunoglobulinas.

Diferenciación celular

Quimiotaxis

Regulación de la Inflamación

Según las células que las produzcan:

Linfocinas

Monocinas

Interleudinas

Efectos

Autocrinas

Paracrinas

Endocrinas

IL-1

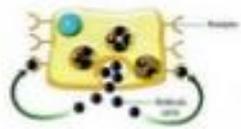
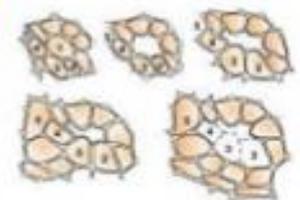
IL-2

IL-3

IL-4

IL-6

IL-8



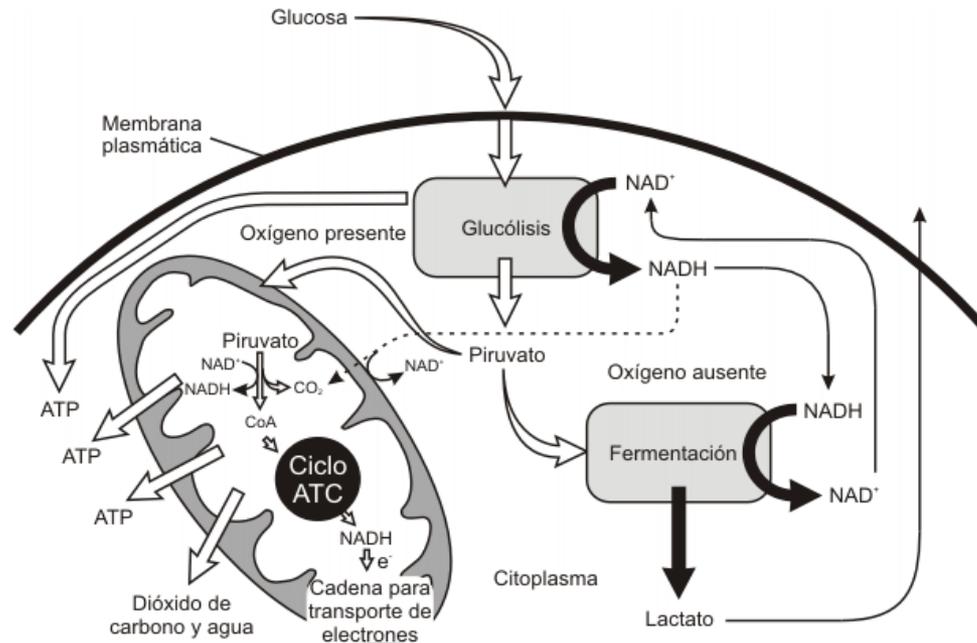
AMONIO (NH_4^+) Y FATIGA

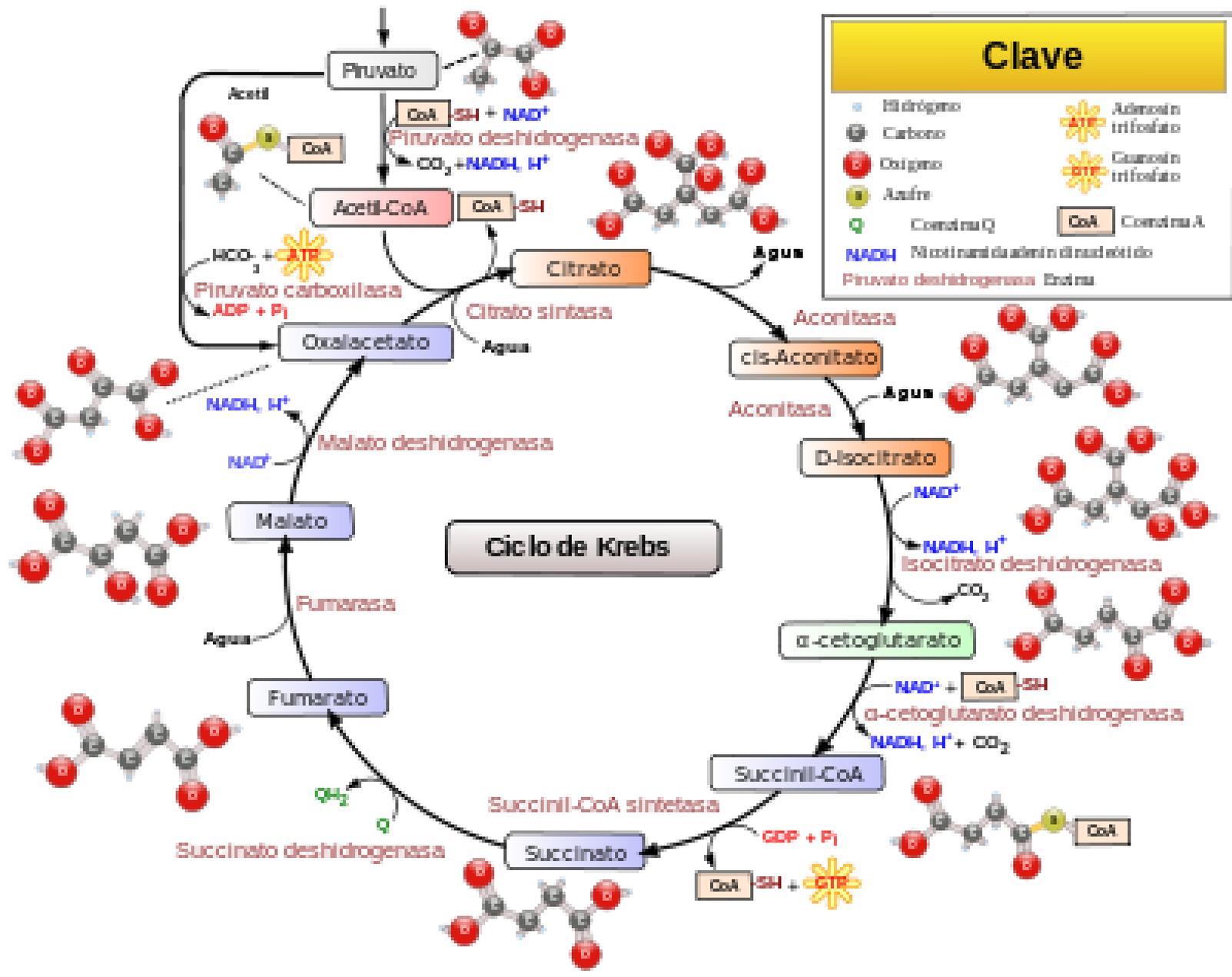
✓ **Suprime el metabolismo oxidativo**

* (-) **Isocitrato deshidrogenasa.**

* (-) **Piruvato deshidrogenasa (PDH)**

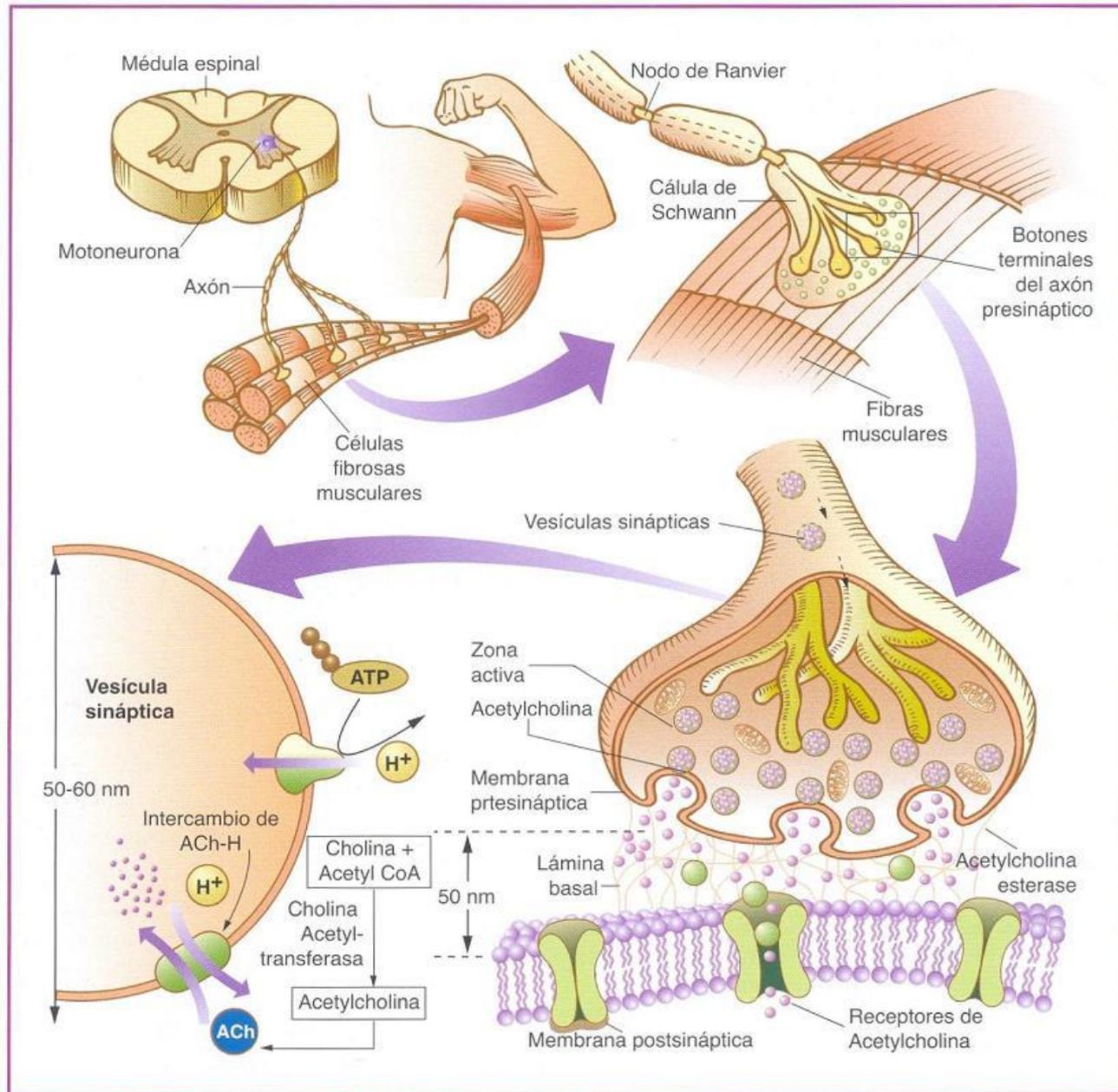
✓ **Altera la permeabilidad de las neuronas a los aminoácidos precursores de NT.**

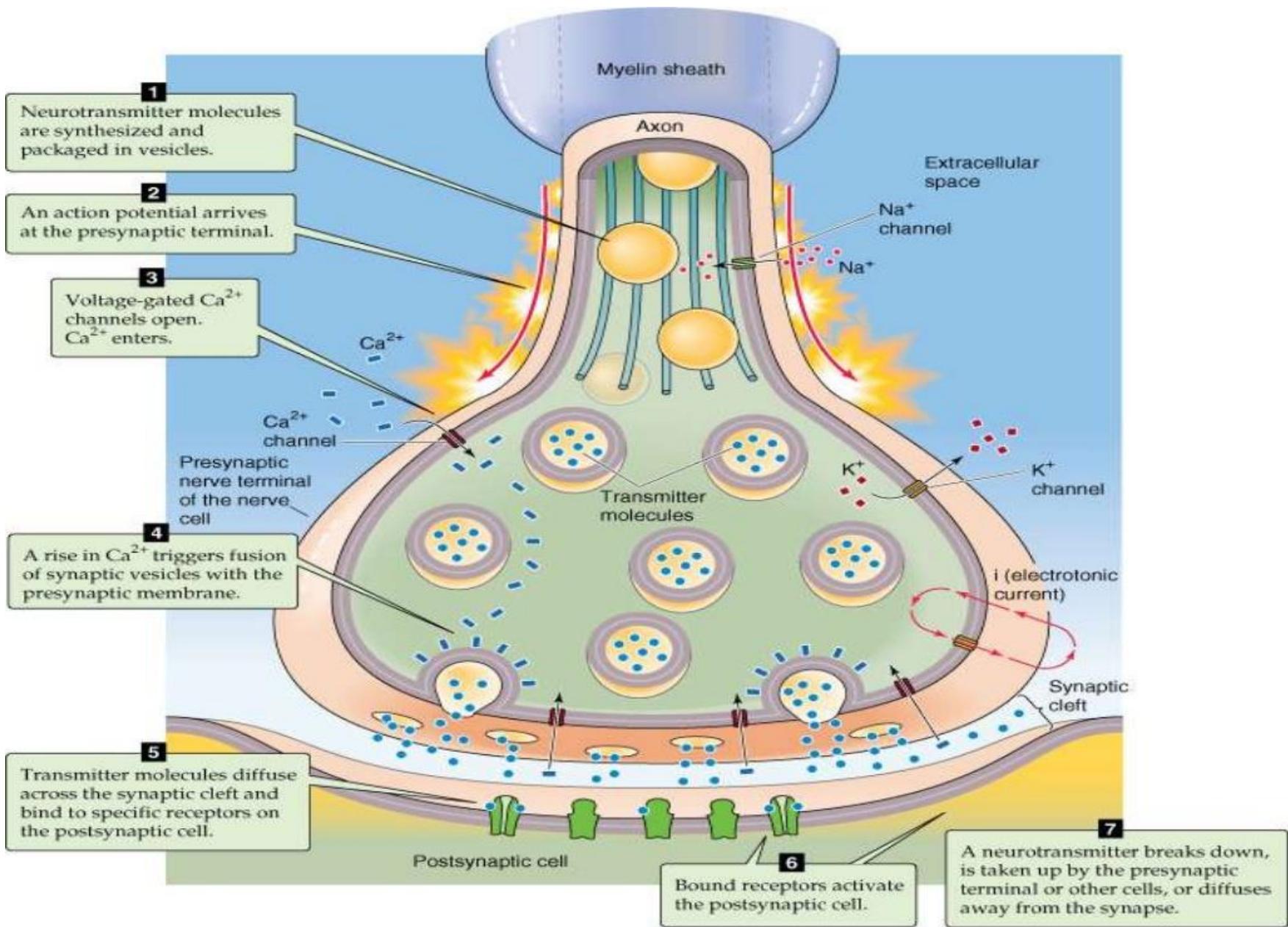


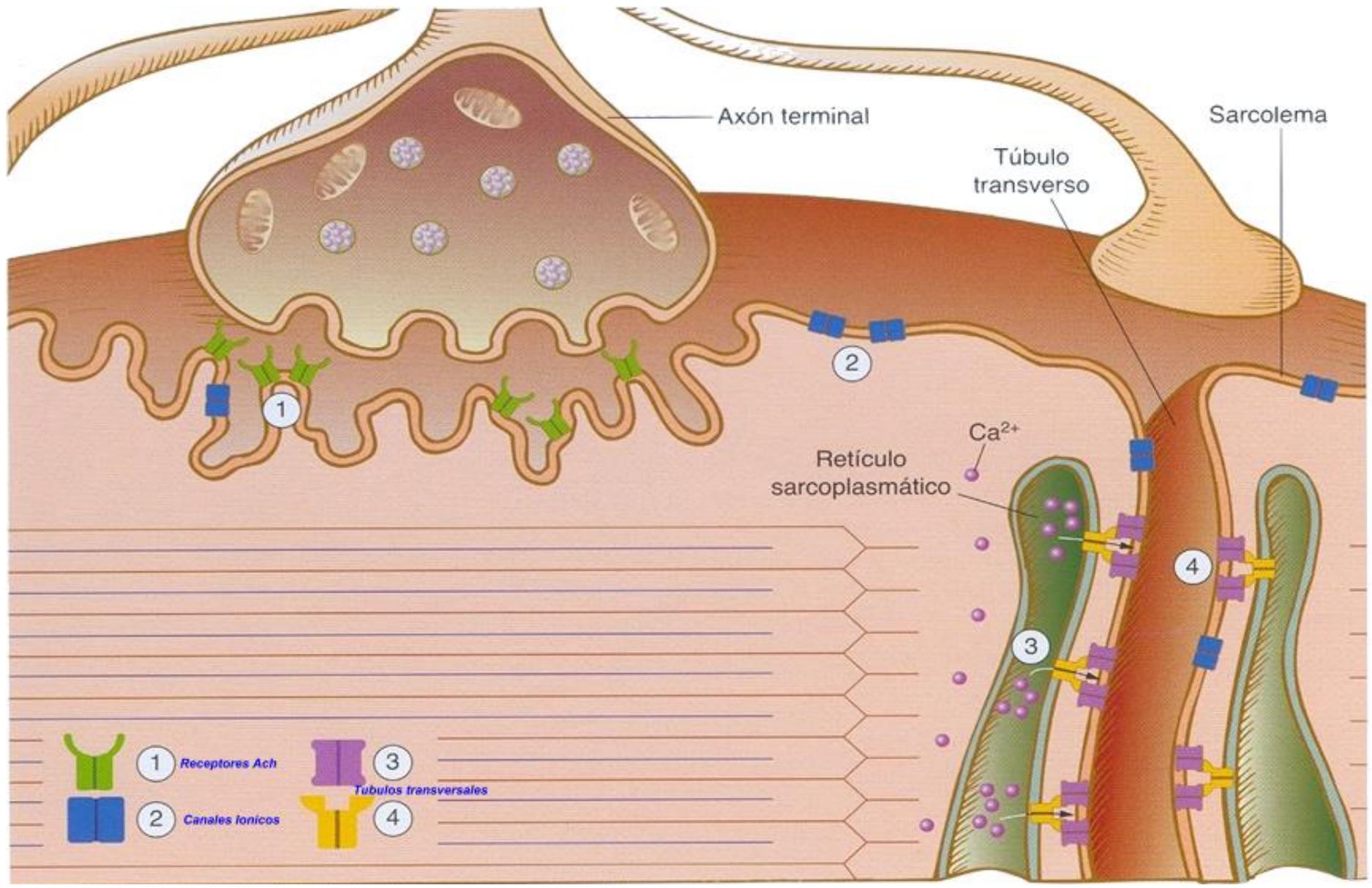


Clave

<ul style="list-style-type: none"> ● Hidrógeno ● Carbono ● Oxígeno ● Azufre ● Coenzima Q NADH Molecules made from nicotinamide NAD⁺ Piruvato deshidrogenasa Enzima 	<ul style="list-style-type: none"> Adenosín trifosfato Guanosín trifosfato CoA Coenzima A
---	--







Axón terminal

Sarcolema

Túbulo transverso

Retículo sarcoplasmático

Ca^{2+}

1 Receptores Ach

2 Canales iónicos

3 Tubulos transversales

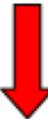
4

ACCIONES 5-HT (SEROTONINA) EN EL EJERCICIO

1) Induce sueño.

2) Su  aumenta excitabilidad neuronal



 Reflejos Mono y  los Polisínapticos



 Capacidad de esfuerzo máximo

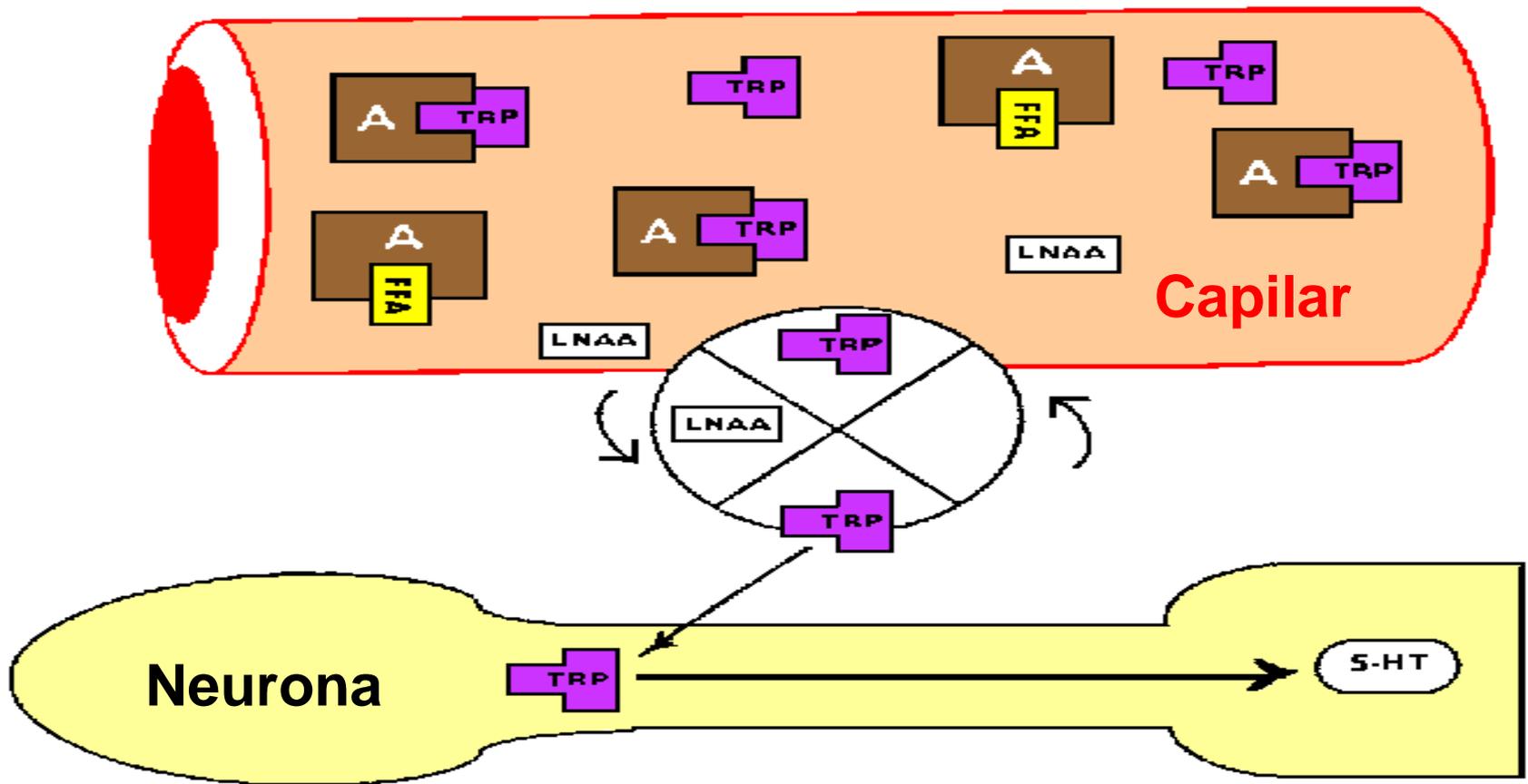


ACCIONES 5-HT (SEROTONINA) EN EL EJERCICIO

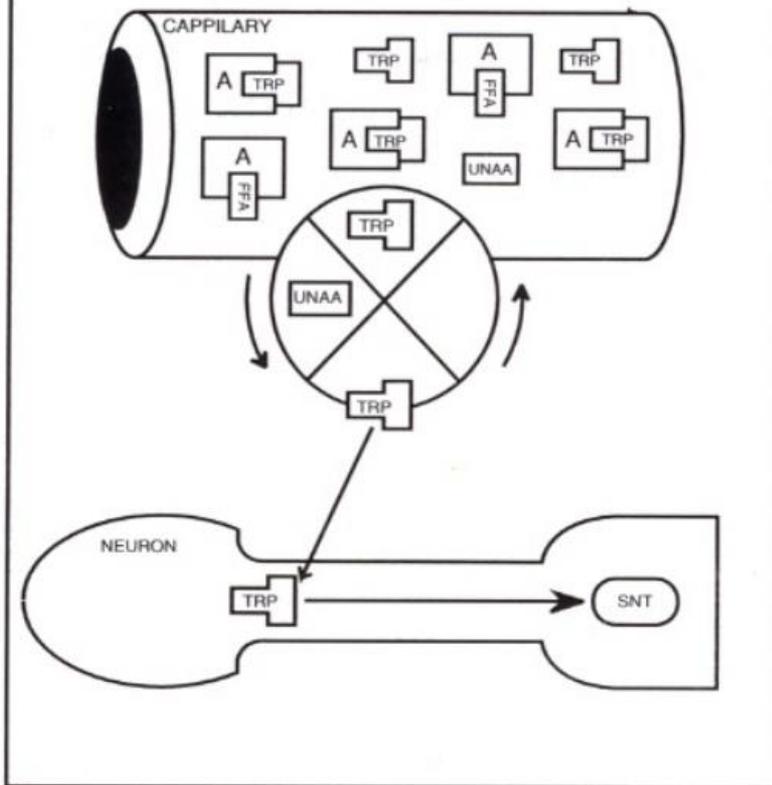
3) Inhibe la liberación de factores hipotalámicos
GnRH.



Transporte al SNC de TRP y FFA en reposo



REST



PROLONGED EXERCISE

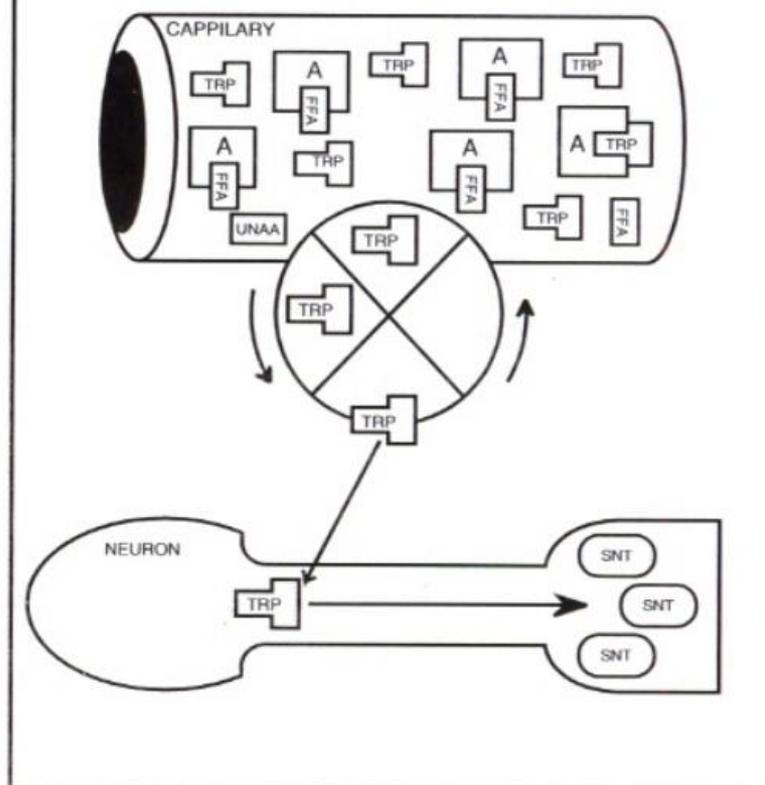


Ilustración de los mecanismos de cambio de concentración del triptófano libre en reposo y ejercicio.

ACETILCOLINA Y FATIGA

- Asociada con memoria, conciencia y regulación térmica.
- Reducción en la disponibilidad de colina (Wurtman y cols, 1992)

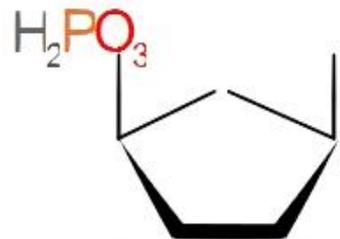
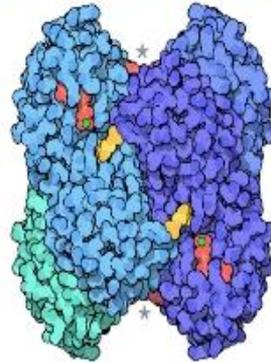
H⁺ y LACTATO MUSCULAR Vs FATIGA

a) Inhibición competitiva de unión del Ca²⁺ a TnC.

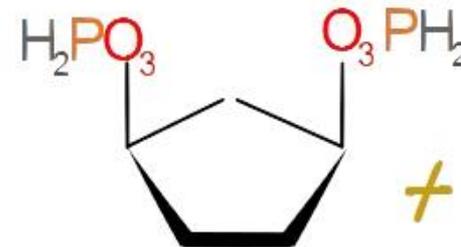
b) Inhibición de la Glucólisis

➤ (-) Fosfofructoquinasa (PFK)

Fosfofructoquinasa

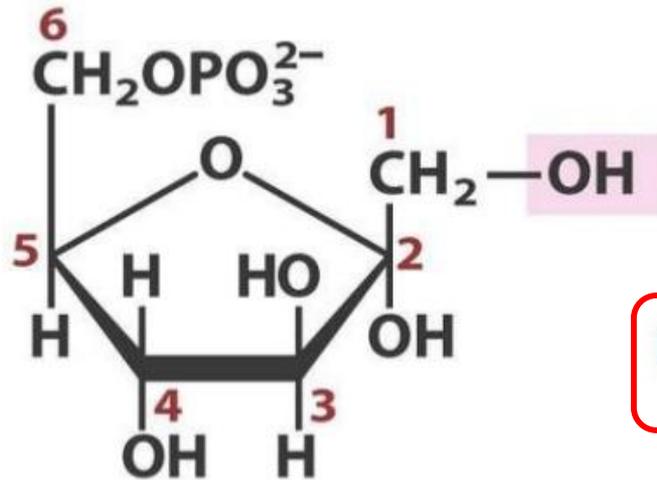


Fructosa-6-fosfato

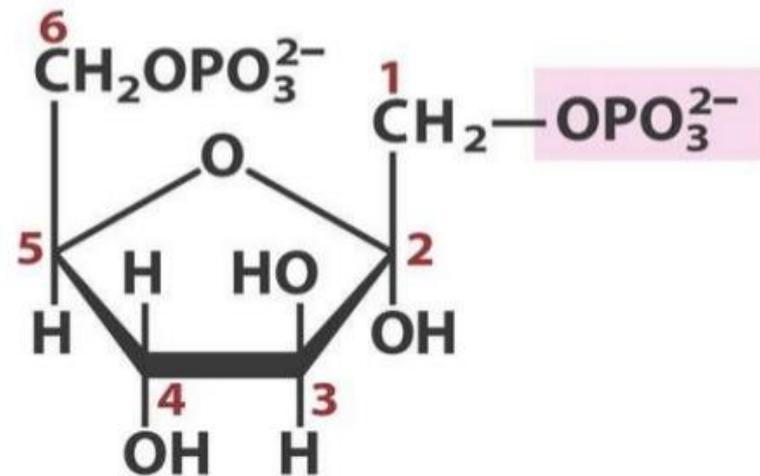
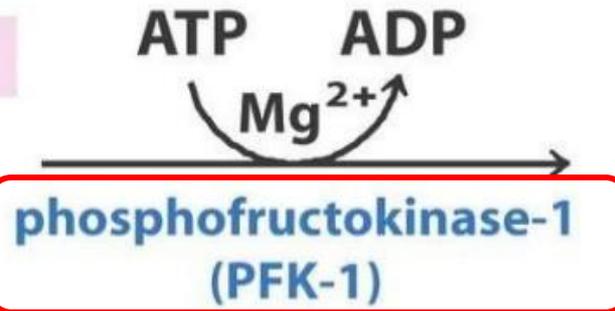


Resumen de la tercer reacción de la glucólisis

3ra Rx: Fosfofructoquinasa (PFK)



Fructose 6-phosphate



Fructose 1,6-bisphosphate

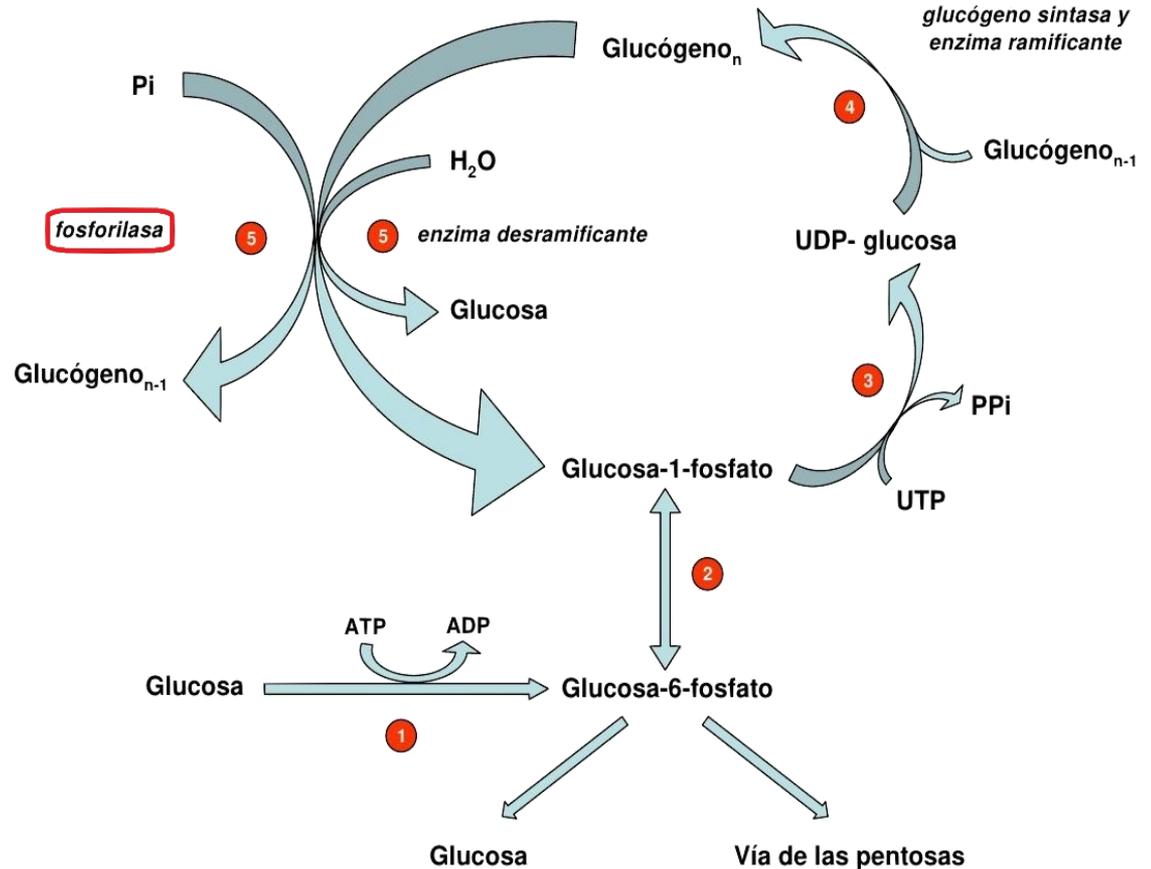
$\Delta G'^{\circ} = -14.2 \text{ kJ/mol}$

H⁺ y LACTATO MUSCULAR Vs FATIGA

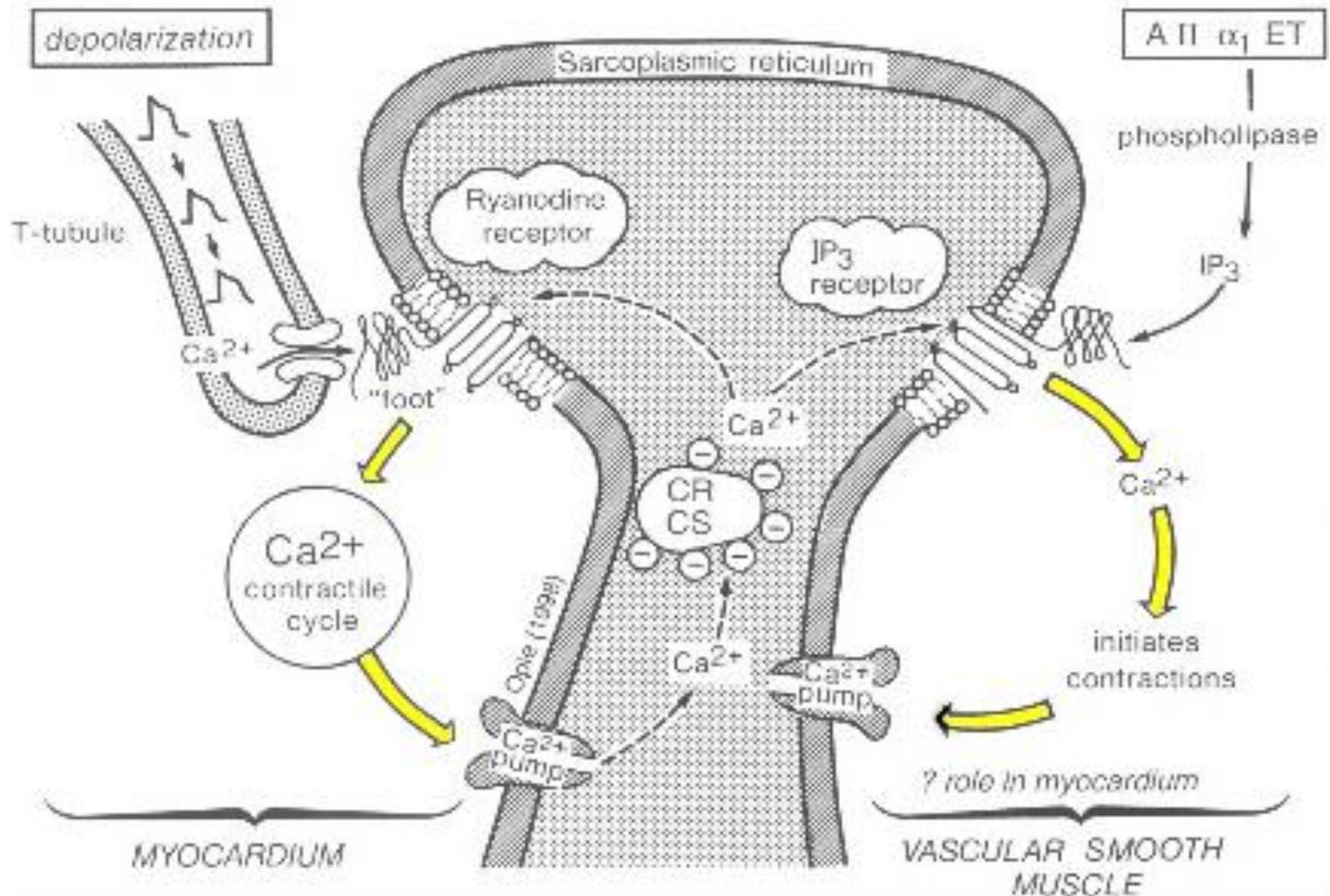
a) Inhibición competitiva de unión del Ca²⁺ a TnC.

b) Inhibición de la Glucólisis

➤ (-) Fosforilasa. **VISIÓN GENERAL DEL METABOLISMO DEL GLUCÓGENO**

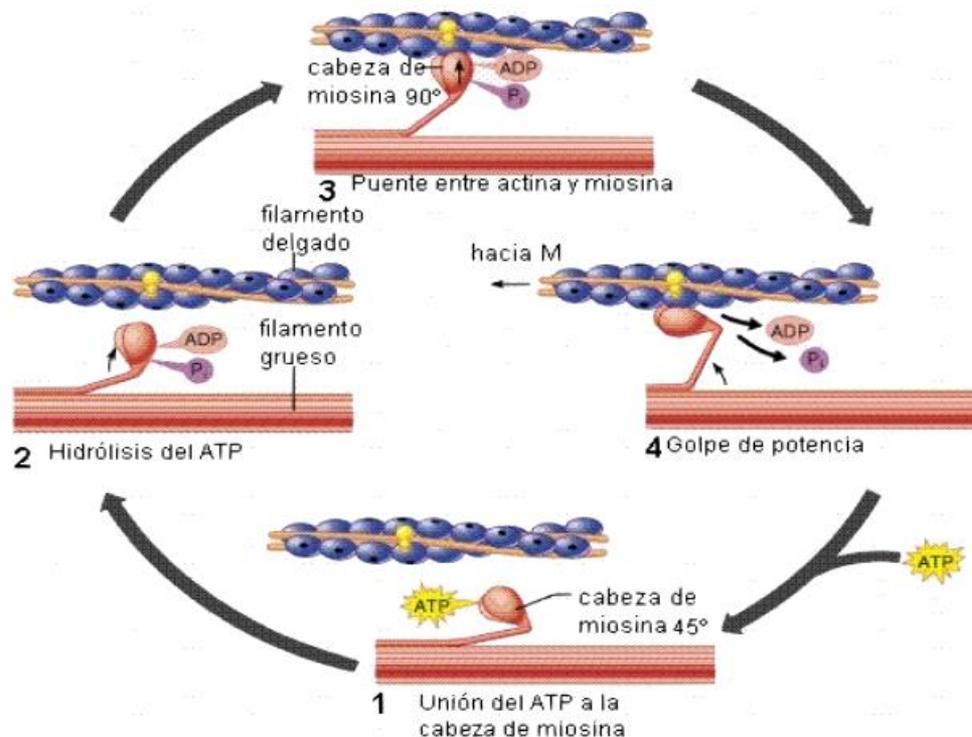


c) Alteración en la recaptura de Ca^{2+} por el retículo sarcoplásmico



H⁺ y LACTATO MUSCULAR Vs FATIGA

d) Inhibición directa del puente cruzado y de la ATPasa miofibrilar.

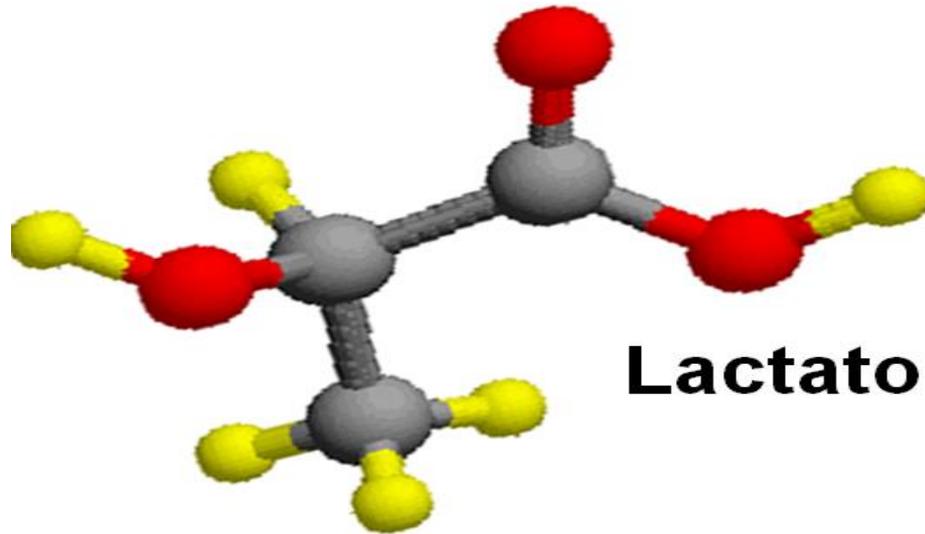


e) Reducción en la velocidad de desunión de los puentes cruzados



Tiempo de relajación prolongado.

H⁺ y LACTATO MUSCULAR Vs FATIGA



f) Efecto Osmótico ➡ Edema (Hinchazón)
celular ➡ espaciamiento de fibras.

g) Inhibición del Canal Liberador de Ca²⁺ del
retículo sarcoplásmico.

CAMBIOS EN LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO

- 1) Reducción de la capacidad máxima de trabajo.**
- 2) Disminución de la fuerza**
- 3) Aumento de la FC vs nivel de carga**
- 4) Pobre recuperación de la FC**



CAMBIOS EN LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO

- 5) Aumento del VO_2 máximo.**
- 6) Aumento de la V_e submáxima.**
- 7) Disminución de la coordinación.**
- 8) Aumento de errores técnicos.**



CAMBIOS EN EL ESTADO GENERAL

- 1) Cansancio general.**
- 2) Insomnio.**
- 3) Sudoración nocturna.**
- 4) Perdida del apetito**
- 5) Perdida de peso.**

CAMBIOS EN EL ESTADO GENERAL

6) Alteraciones del ciclo menstrual.

7) Cefalea.

8) Molestias gastrointestinales.

9) Dolor muscular y tendinoso.

10) Fiebre.

BAJA INTENSIDAD (50%VO₂ Max)

- a) Dolor.**
- b) Deshidratación.**
- c) Hipertermia.**
- d) Hipoglicemia.**
- e) Cambios en la transmisión nerviosa.**

(Sahlin,1992)

MODERADA INTENSIDAD

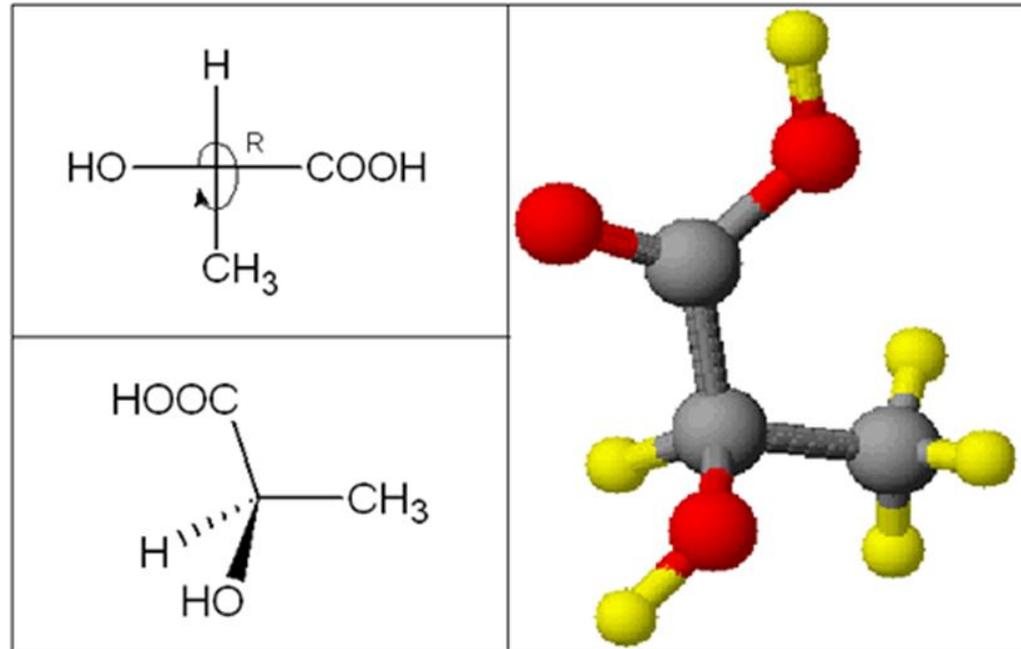
(60 - 90 %VO₂ Max)

- ❖ **Reducción reservas de Glucógeno muscular**
(Saltin y Karlsson, 1972)

MAXIMA INTENSIDAD

(> 90 %VO₂ Max)

- **Producción de metabolitos finales**
(Pi, H⁺, ADP, Lactato).
- **Reducción de ATP y CP**



LA INJUSTA FAMA DEL ÁCIDO LÁCTICO



Professional Lactate measuring - fast, accurate and easy!
Análisis Profesional del Lactato - rápido, preciso y sencillo!



RECUPERACIÓN

Valores para recuperar parámetros funcionales

PROCESO	Tiempo de recuperación
Recuperación de reservas de O₂	10" - 15"
Recuperación de fosfógenos	2' - 5'
Pago deuda aláctica de O₂	3' - 5'
Eliminación ácido láctico	30' - 90'
Pago deuda láctica de O₂	30' - 90'
Resíntesis del glucógeno muscular	12 - 48 horas
Recuperación del glucógeno hepático	12 - 48 horas
Síntesis de proteínas estructurales	12 -78 horas





BIBLIOGRAFIA

- 1) CHICHARRO J.L., Vaquero A.F. Fisiología del ejercicio. Editorial Panamericana. Tercera edición, 2006.
- 2) BOWERS W.R., FOX E. L. Fisiología del Deporte. Tercera Edición. Ed. Panamericana, 1995.

Gracias

