



SISTEMAS ENERGÉTICOS PARA IMPULSAR AL ATLETA



**GATORADE
SPORTS
SCIENCE
INSTITUTE**

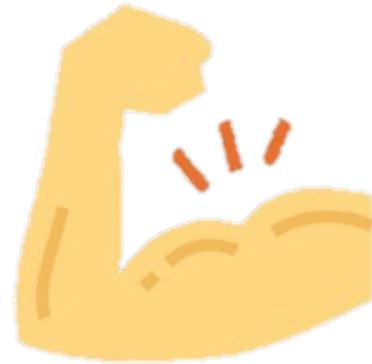
El contenido de esta presentación es proporcionado por GSSI, una división de PepsiCo, Inc. Cualquier opinión o interpretación científica expresada en esta presentación son del autor y no necesariamente representan la posición o política de PepsiCo, Inc.



Esquema de la conferencia

- ✓ Energética de la contracción muscular
- ✓ Transición de descanso al ejercicio
- ✓ Respuestas metabólicas durante la recuperación
- ✓ Influencia de la intensidad y duración
- ✓ Estimación de la utilización de energía

Energía para la contracción muscular



Adenosin Trifosfato (ATP)

Molécula que proporciona energía para que las fibras musculares se contraigan

La cantidad almacenada en el músculo es limitada

Energía para la contracción muscular



Fuentes de energía para generar **ATP**
para la contracción muscular

PCr
(Fosfocreatina)

Alta intensidad
~5 s o menos



**Regenerado durante
la recuperación**

**Glucólisis
anaeróbica**

Alta intensidad
~30 s – 3 min



Glucosa

**Metabolismo
aeróbico**

Menor intensidad
Larga duración



**Glucosa
Ácidos grasos**

Notas:

- ✓ La creatina se forma en el cuerpo y se consume a partir de carne. El sistema PCr es también el mecanismo a través del cual los suplementos de creatina proporcionan energía para la contracción muscular de alta intensidad
- ✓ La glucosa se suministra principalmente a partir de la ruptura del **GLUCÓGENO**, la forma de almacenamiento de glucosa en el músculo y el hígado
- ✓ Los aminoácidos pueden entrar en el sistema de glucólisis aeróbica, pero su contribución a la generación ATP es muy pequeña



MOTOR HUMANO

- ✓ GRASA = ENERGÍA DE RESISTENCIA
- ✓ CHO = ENERGÍA DE ALTA INTENSIDAD
- ✓ PCr = ACELERACIONES RÁPIDAS



MOTOR DEL CARRO

- ✓ UN TIPO DE COMBUSTIBLE

Energía para la contracción muscular - Metabolitos

Glucólisis
anaeróbica

Lactato

Anteriormente se pensaba que causaba fatiga y dolor muscular.

Ya no se cree que sea el caso, puede proporcionar una fuente de energía adicional

Metabolismo
aeróbico

CO₂

Como el oxígeno se utiliza en el proceso para convertir combustibles a ATP, se produce dióxido de carbono

Aumenta la respiración para eliminar el exceso de CO₂ del cuerpo

TRANSICIONES



Transición de **Reposo a Ejercicio**

Imagina que un jugador de fútbol americano está parado en la línea. Al silbatazo del entrenador, va a empezar a correr.

¿Qué está sucediendo en el cuerpo para asegurarse de que el músculo tiene el combustible para pasar del descanso a contracciones rápidas?



Transición de Reposo a Ejercicio

Al primer paso los músculos deben aumentar su tasa de producción de ATP

Las fuentes anaeróbicas de energía (PCr + glucólisis anaeróbica) se utilizan primero, dando tiempo para que el sistema aeróbico contribuya

Mensaje clave: varios sistemas energéticos participan en transiciones de reposo al trabajo

La medición del consumo de O_2 se puede utilizar como índice de producción aeróbica de ATP

Proporciona información sobre el metabolismo aeróbico durante el ejercicio

VO_2 máx = consumo máximo de oxígeno, a menudo utilizado como indicador de condición física

Déficit de oxígeno = retraso en el consumo de O_2 al comienzo del ejercicio, lo que indica la dependencia de los sistemas anaeróbicos

Recuperación del ejercicio: Respuestas Metabólicas

El metabolismo (indicado por el consumo de oxígeno) permanece elevado durante varios minutos después del ejercicio

La magnitud de la elevación depende de la intensidad del ejercicio

COEP = Consumo de Oxígeno en Exceso Post-Ejercicio

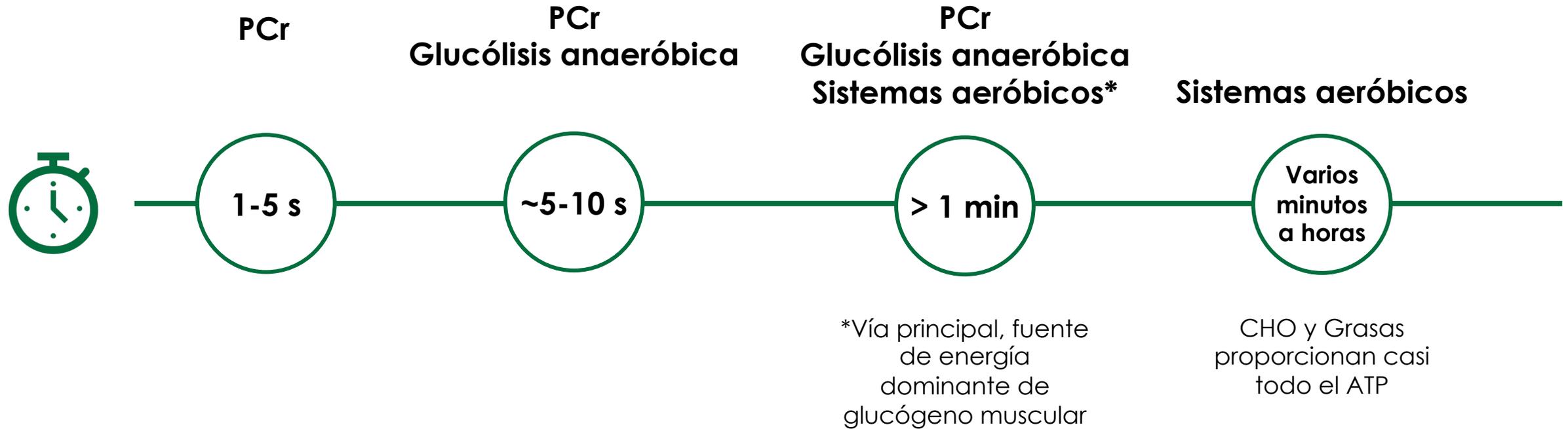
¿Por qué se produce el COEP?

- Resíntesis de PC
- Reemplazar O₂ en músculo & sangre
- Temperatura corporal elevada
- Convertir ácido láctico en glucosa
- Epinefrina & norepinefrina elevadas

Influencia de la Intensidad y Duración en la Selección de la Vía Energética



Influencia de la Duración en la Fuente de ATP



La mayoría de los deportes utilizan una combinación de vías anaeróbicas y aeróbicas para producir ATP

Influencia de la Duración

Contribución de Producción Aeróbica/Anaeróbica de ATP Durante el Ejercicio MÁXIMO En Función de la Duración del Evento

Duración del ejercicio MÁXIMO

	Segundos			Minutos					
	10	30	60	2	4	10	30	60	120
Porcentaje Aeróbico	10	20	30	40	65	85	95	98	99
Porcentaje Anaeróbico	90	80	70	60	35	15	5	2	1

Recreated from:

Influencia de la Duración & Intensidad

Ejercicio Intenso de Corta Duración

- La energía proviene principalmente de vías anaeróbicas
- La duración de la actividad determina si el PCr o la glucólisis es la fuente de energía predominante
- La transición de PCr a la glucólisis es un cambio gradual

Ejemplo

Carrera de 50 m o una simple jugada en un partido de fútbol americano: PCr

Carrera de 400 m (~55 s): PCr, glucólisis y aeróbico, predominando la glucólisis anaeróbica

Influencia de la Duración & Intensidad

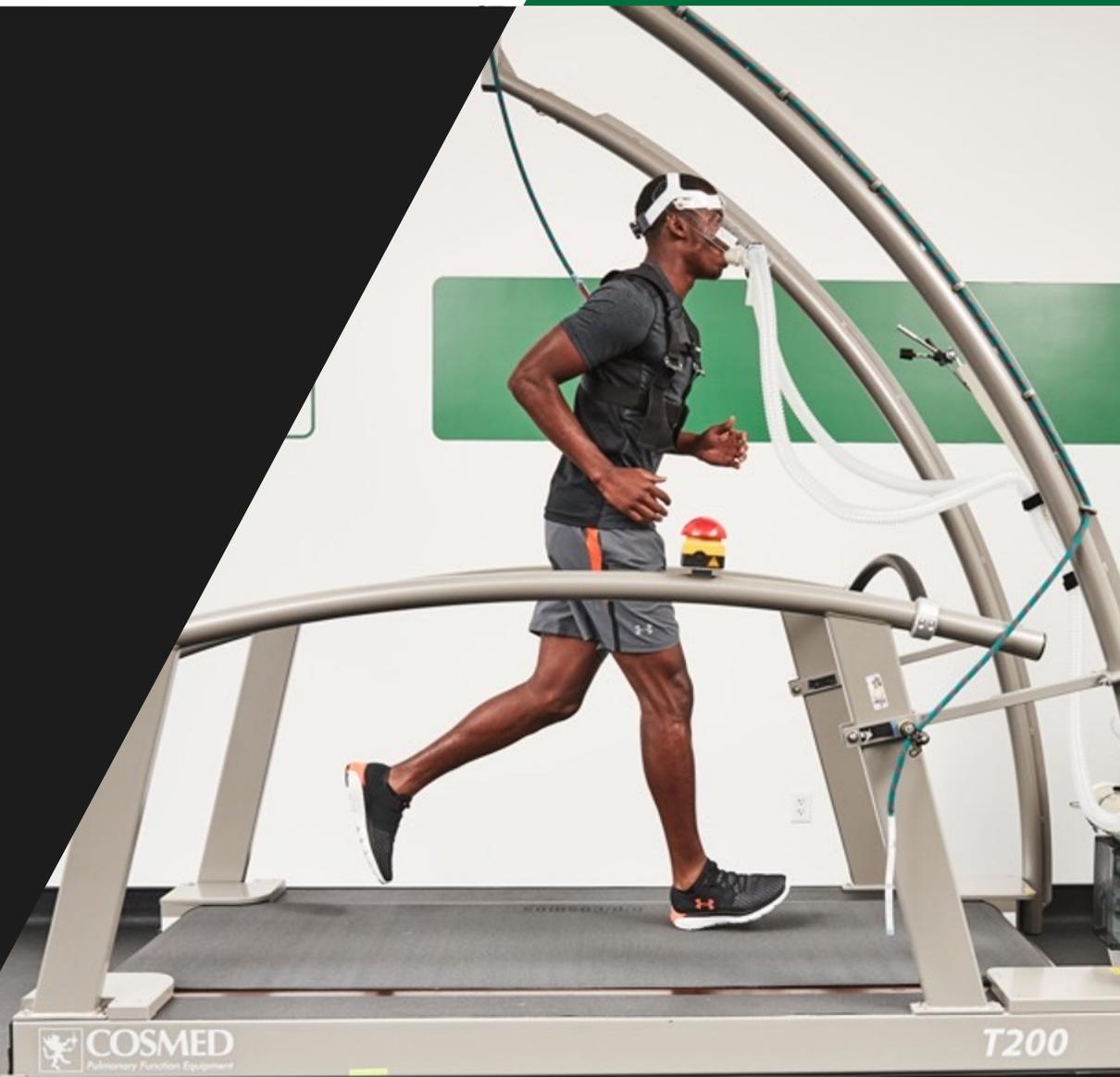
Ejercicio Prolongado

- La energía proviene principalmente del metabolismo aeróbico
- El consumo de oxígeno en etapa estable se puede mantener durante el ejercicio prolongado de baja intensidad
- Sin embargo, un ambiente caliente/húmedo o una mayor intensidad aumenta el consumo de oxígeno con el tiempo

Recordatorio

El consumo de oxígeno es un indicador del metabolismo aeróbico

Evaluación del Metabolismo Durante el Ejercicio



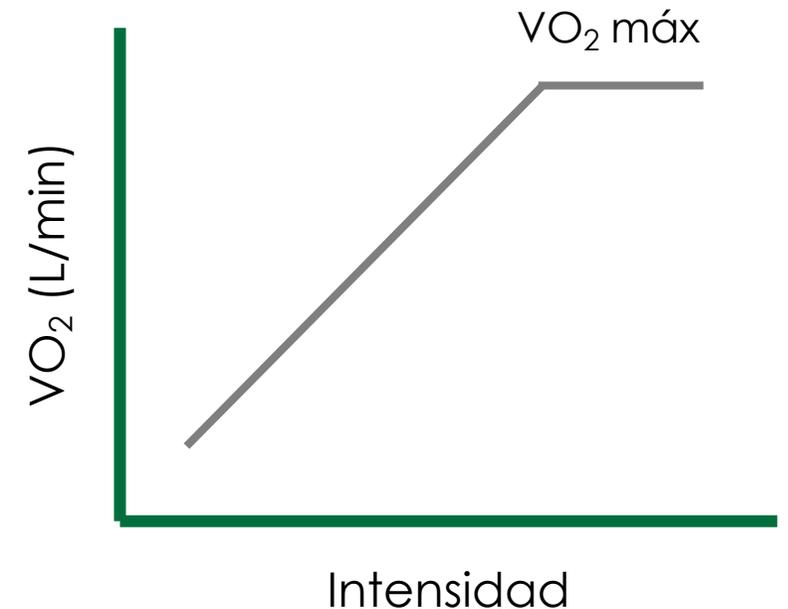
Ejercicio Incremental: VO_2 Máx

Ejercicio incremental = aumento gradual de la intensidad del ejercicio con el tiempo

A medida que aumenta la intensidad, el consumo de oxígeno aumenta de forma lineal hasta alcanzar el VO_2 máximo

VO_2 máx es el "techo fisiológico" para la capacidad de llevar O_2 a los músculos en contracción

El entrenamiento puede resultar en un aumento del VO_2 máx, y a veces la intensidad de entrenamiento se establece en un $\% \text{VO}_2$ máx



Ejercicio Incremental: VO_2 Máx

El VO_2 máx está influenciado por:

1. La máxima capacidad del sistema cardiorrespiratorio para suministrar oxígeno al músculo
2. La capacidad muscular para captar el oxígeno y producir ATP aeróbicamente
3. Genética

Valores “Excelentes” de para edades de 18-25 años:



> 56 mL/kg/min



> 60 mL/kg/min

Valores de VO_2 máx de algunos de los mejores atletas de resistencia masculinos y femeninos de EE.UU.

Joan Benoit

Corredor de distancia
Campeón olímpico de maratón de 1984

78.6 mL/kg/min

Lance Armstrong

Ciclista

84.0 mL/kg/min

<https://www.topendsports.com/testing/records/vo2max.htm>

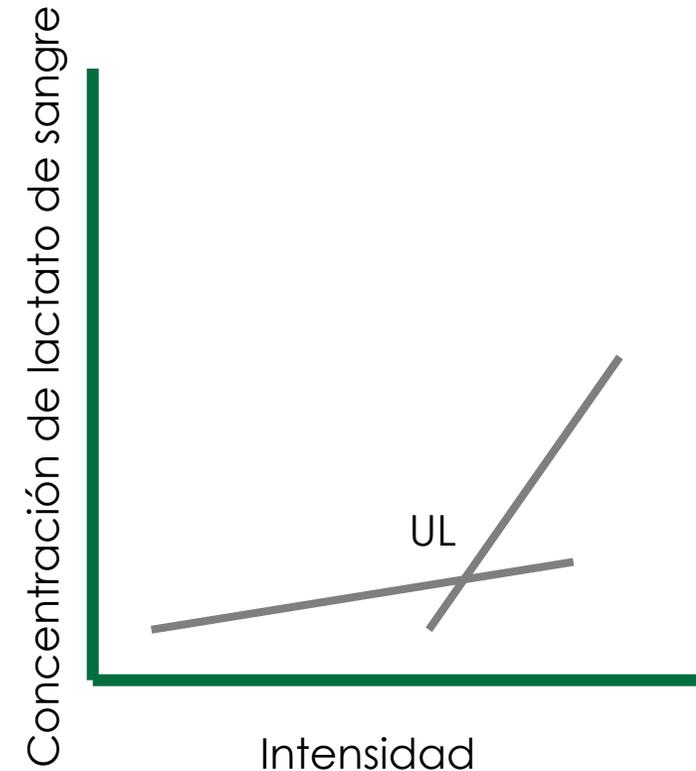
Ejercicio Intermitente: Umbral de Lactato

La mayor parte de la producción de ATP en la primera parte de una prueba de esfuerzo incremental (intensidades más bajas) proviene de fuentes aeróbicas

A medida que aumenta la intensidad, los niveles sanguíneos de ácido láctico comienzan a aumentar

Si bien hay debate, se cree que el aumento del ácido láctico indica una creciente dependencia del metabolismo anaeróbico

Umbral de lactato (UL) = intensidad del ejercicio donde hay un aumento del ácido láctico en la sangre

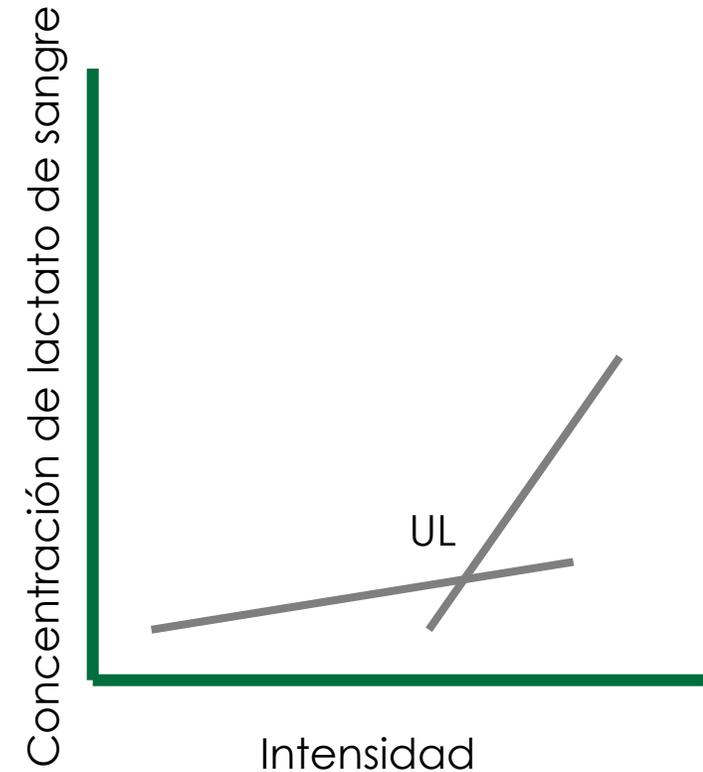


Ejercicio Intermitente: Umbral de Lactato

Aunque la causa exacta del UL no está clara, puede ocurrir debido a:

1. Menor oxígeno muscular
2. Glucólisis acelerada
3. Reducción de la tasa de eliminación de lactato

De forma práctica, el umbral de lactato se puede utilizar para establecer la intensidad del entrenamiento

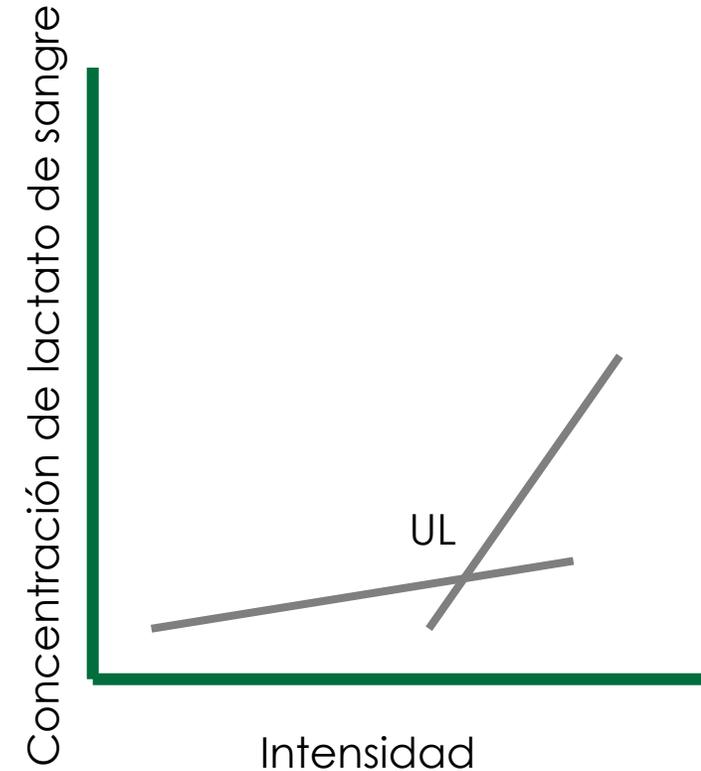


Ejercicio Intermitente: Umbral de Lactato

Ahora se sabe que el lactato NO causa fatiga

Sin embargo, la prueba de UL todavía se utiliza

Haga clic [aquí](#) para ver un video de YouTube del Dr. Laurent Bannock explicando lactato y la utilidad de las pruebas VO_2 máx vs UL



Estimación de la utilización de energía

$$\text{Cociente Respiratorio (RER)} = \text{VCO}_2/\text{VO}_2 = \text{Relación entre el dióxido de carbono producido y el oxígeno consumido}$$

En función de sus estructuras químicas, la grasa y los carbohidratos difieren en la cantidad de O₂ utilizado y el CO₂ producido durante la oxidación

La oxidación de grasa requiere más O₂ que carbohidratos

Ignora a la proteína, ya que la proteína aporta poco como fuente de energía

Determinado usando un carro metabólico durante el ejercicio de estado estable

Estimación de la utilización de energía

Porcentaje de utilización de carbohidratos y grasas por valor RER (R)

R	% Grasa	% CHO
0.70	100	0
0.85	50	50
1.0	0	100

Metabolismo Aeróbico: Influencia de la Intensidad y Duración en la Selección de Fuente de Energía



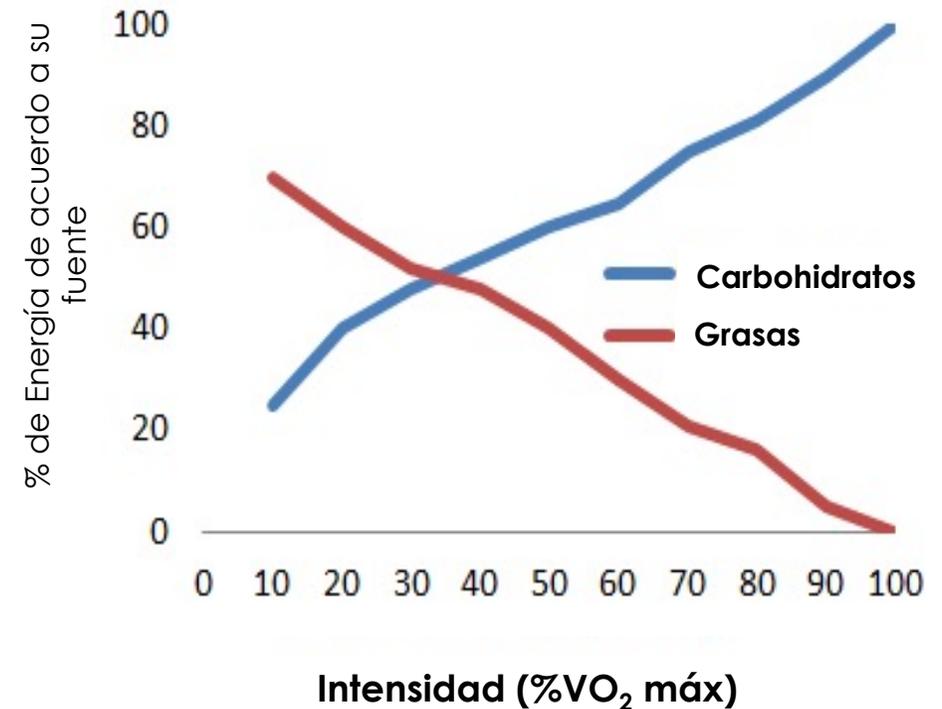
Intensidad & Selección de Fuente de Energía

La grasa es la principal fuente de energía para el ejercicio de baja intensidad
(< ~30% VO_2 máx)

Los carbohidratos son la principal fuente de energía para el ejercicio de alta intensidad (> 70% VO_2 máx)

Los atletas casi siempre están usando una mezcla de carbohidratos y grasa

Esquema de fuentes de energía basadas en la intensidad del ejercicio

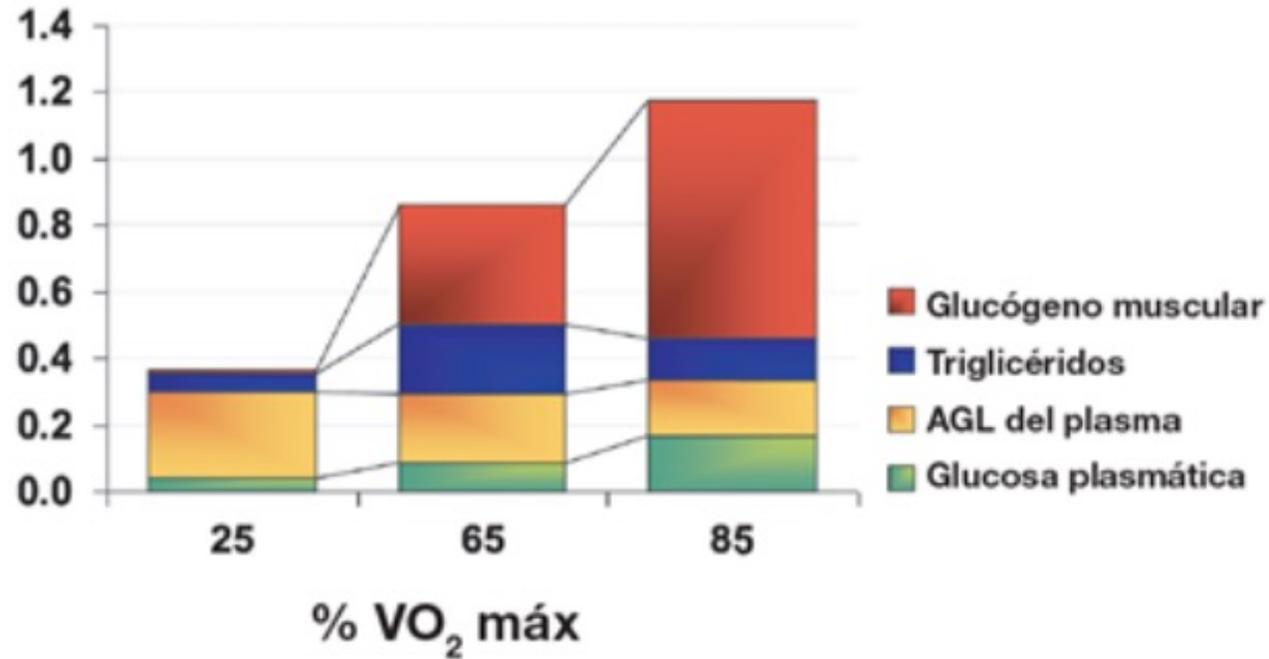


Intensidad & Selección de Fuente de Energía

SSE #205



Gasto energético
(kJ.kg⁻¹.min⁻¹)

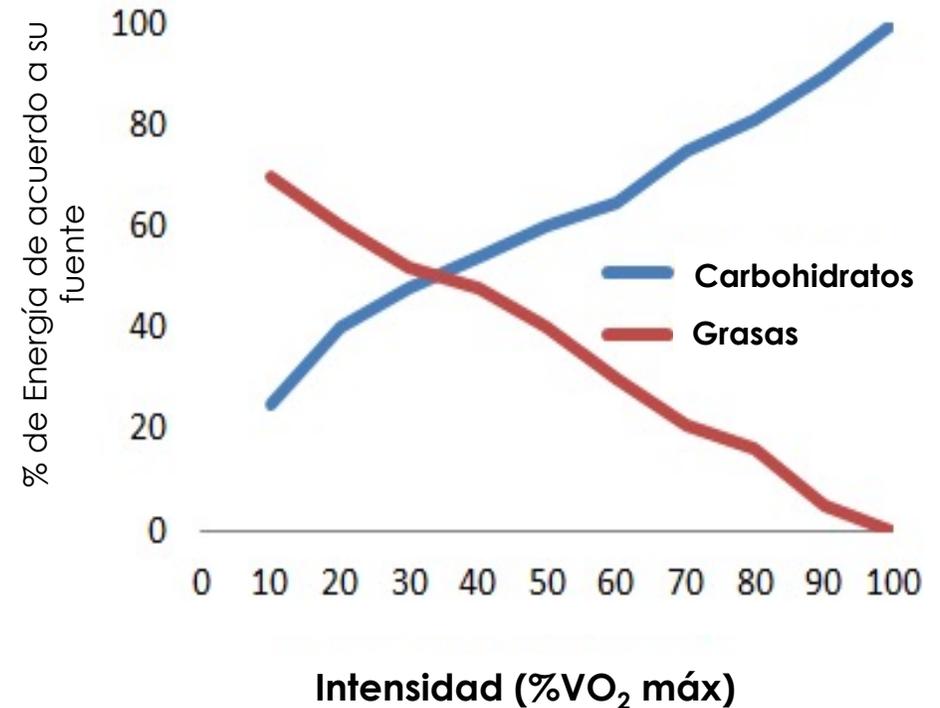


Intensidad & Selección de Fuente de Energía

MITO: Los individuos que hacen ejercicio para bajar de peso deben hacer ejercicio a una intensidad más baja, en la "zona de quema de grasa".

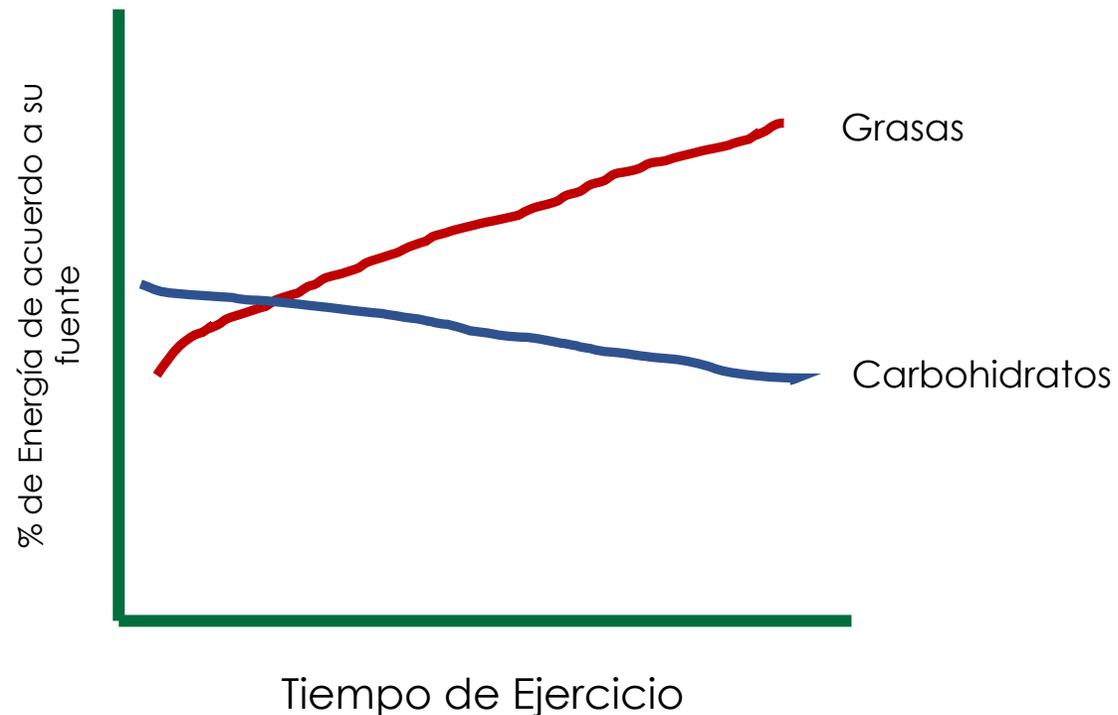
VERDAD: La pérdida de peso depende de las calorías generales gastadas. Hacer ejercicio a una intensidad más baja resulta en gasto calórico más bajo (dada la misma duración). Es más beneficioso hacer ejercicio a una mayor intensidad, para obtener una COEP mayor y utilizar más grasa para la energía durante la recuperación.

Esquema de fuentes de energía basadas en la intensidad del ejercicio



Duración & Selección de Fuente de Energía

A una **intensidad** dada, a medida que aumenta la duración del ejercicio hay un cambio gradual de la utilización de carbohidratos a una mayor dependencia de la grasa como fuente de energía



ENTRENAMIENTO



Impacto del entrenamiento en el metabolismo energético para mejorar el rendimiento

El entrenamiento regular puede mejorar la resistencia a la fatiga y el rendimiento, en parte a través de cambios en el metabolismo muscular

Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad (HIIT)

Aumenta la capacidad de producción de energía anaeróbica

Mejora la tolerancia a la acidosis metabólica (aumento de la capacidad de amortiguación)

Entrenamiento de Resistencia

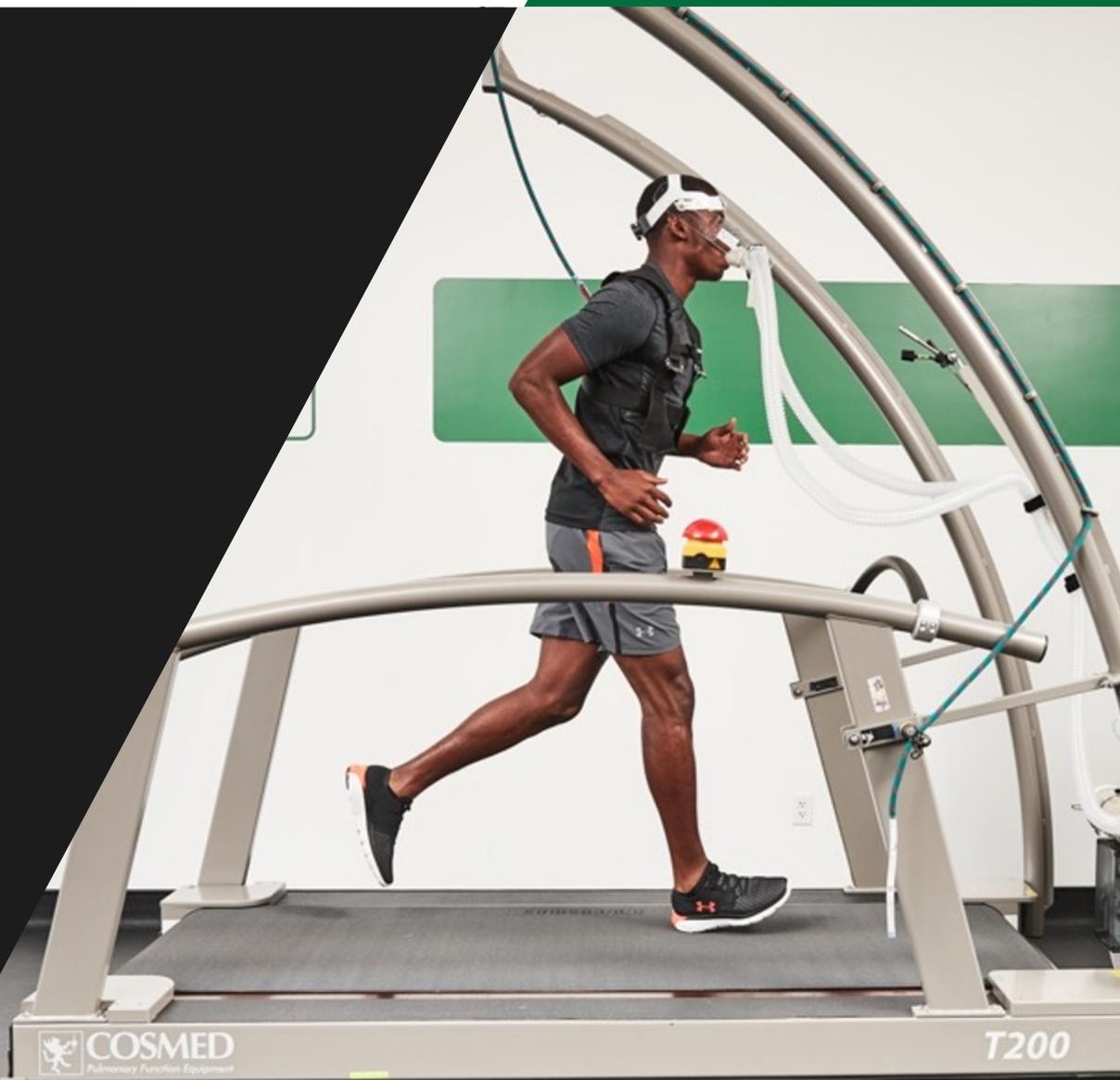
Aumento del VO_2 máx, lo que conduce a una mayor resistencia a la fatiga

Aumento de la densidad mitocondrial del músculo esquelético

Aumento de la oxidación de la grasa

Mayor capacidad de oxidación de carbohidratos, lo que permite el mantenimiento de una mayor potencia

RESUMEN



Link para el Video de Resumen