

Recuperación energética pos-esfuerzo



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

*Carlos Eduardo Nieto G. MD
Esp. Medicina Deportiva
2015*

Los entrenadores
deben tener la
seguridad de que
sus deportistas se
recuperen rápida y
completa entre una
prueba y otra.



Los procesos que se desarrollan durante la **recuperación del ejercicio** son tan importantes como los que se producen durante el ejercicio mismo.

La **recuperación incompleta**
entre series de ejercicios o de
competencias atléticas
conducirá en última instancia a
una disminución en el
rendimiento.

Concepto

Deuda de oxígeno.

El consumo elevado de oxígeno que se observa después del ejercicio refleja la reposición del oxígeno que se ha tomado "prestado" de algún lugar del cuerpo.



Recuperación de oxígeno (Stainsby y Barclay (1970)) de forma intercambiable con deuda de oxígeno.

"exceso de consumo de oxígeno posejercicio" (EPOC [excess post-exercise consumption]) (Brookes y Fahey, 1984).

Otra terminología empleada
para describir los
componentes de la
recuperación de oxígeno:
alactácido y lactácido.

Las denominaciones de

- **Componente rápido** (para deuda alactácida) y

- **Componente lento** (para deuda lactácida)

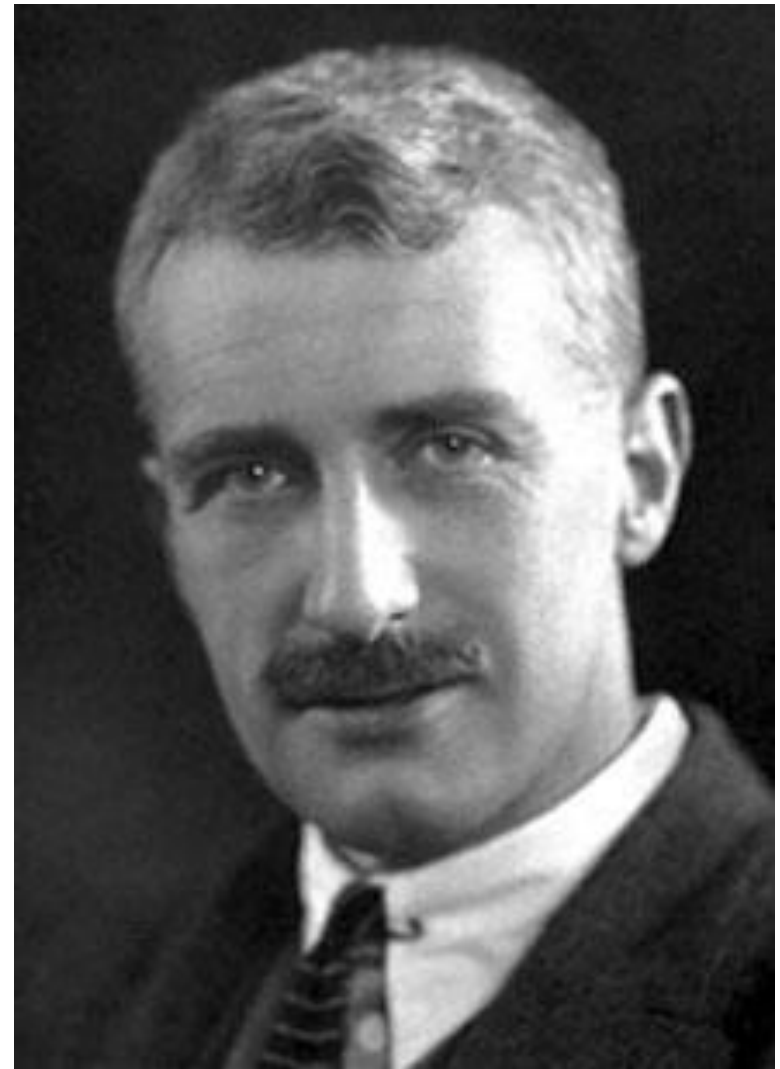
CONCEPTO DE RECUPERACIÓN DE OXÍGENO (DEUDA DE OXÍGENO)

Durante la recuperación de un
ejercicio nuestras demandas de
energía son considerablemente
menores porque ya no estamos
realizando ejercicio físico.

No obstante, el consumo de oxígeno prosigue en un nivel relativamente alto durante un cierto período, cuya extensión **depende** en forma parcial de la **intensidad** del ejercicio precedente.

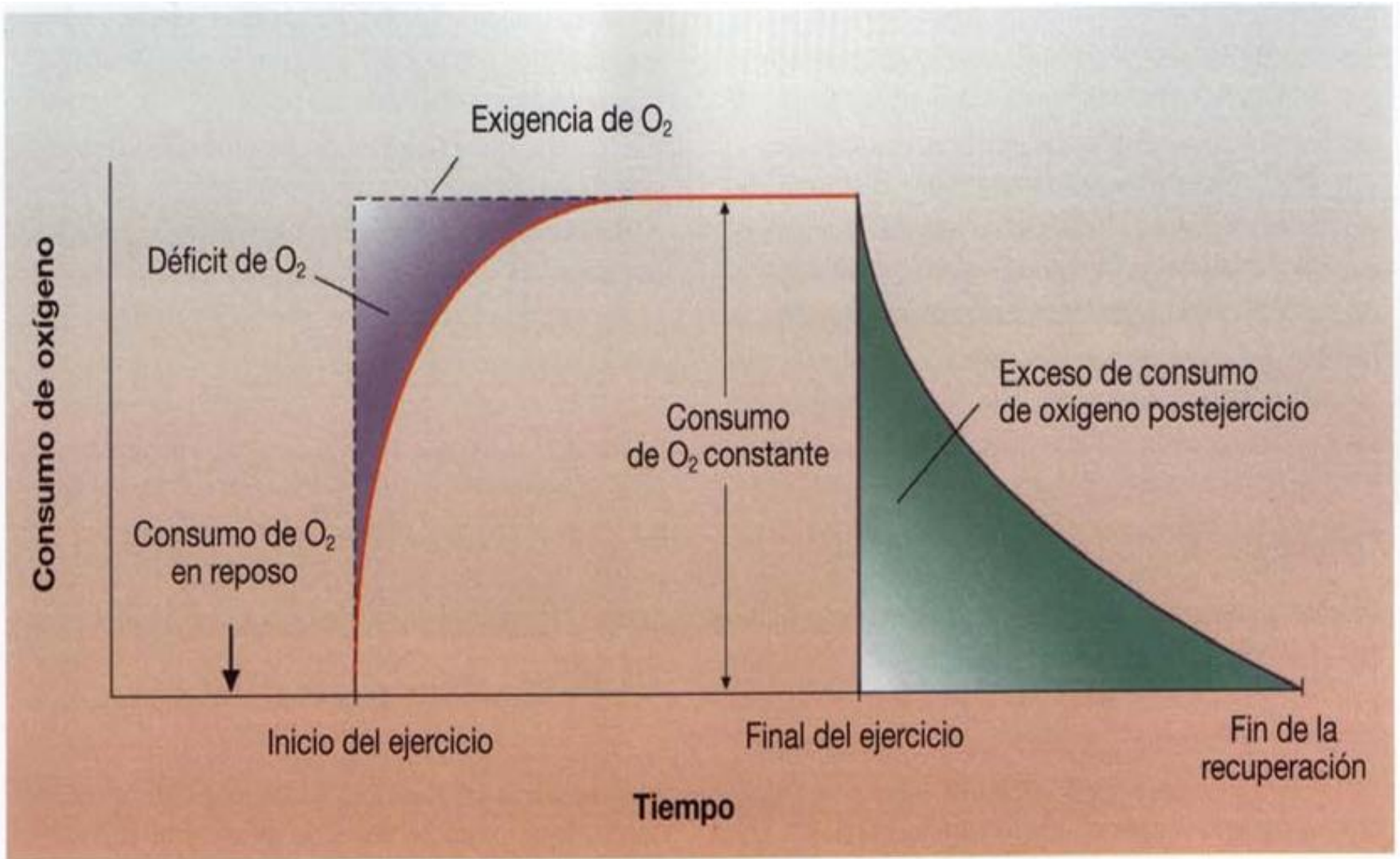
La cantidad de oxígeno (O₂) consumido durante la recuperación por encima de la magnitud que se consumiría habitualmente en reposo durante igual período es lo que se denomina recuperación de oxígeno (o deuda de oxígeno).

El término "deuda de oxígeno" fue empleado por primera vez en **1922** por el eminente fisiólogo británico A. V. Hill, en ese mismo año fue galardonado con el Premio Nobel de Medicina y fisiología, en 1921

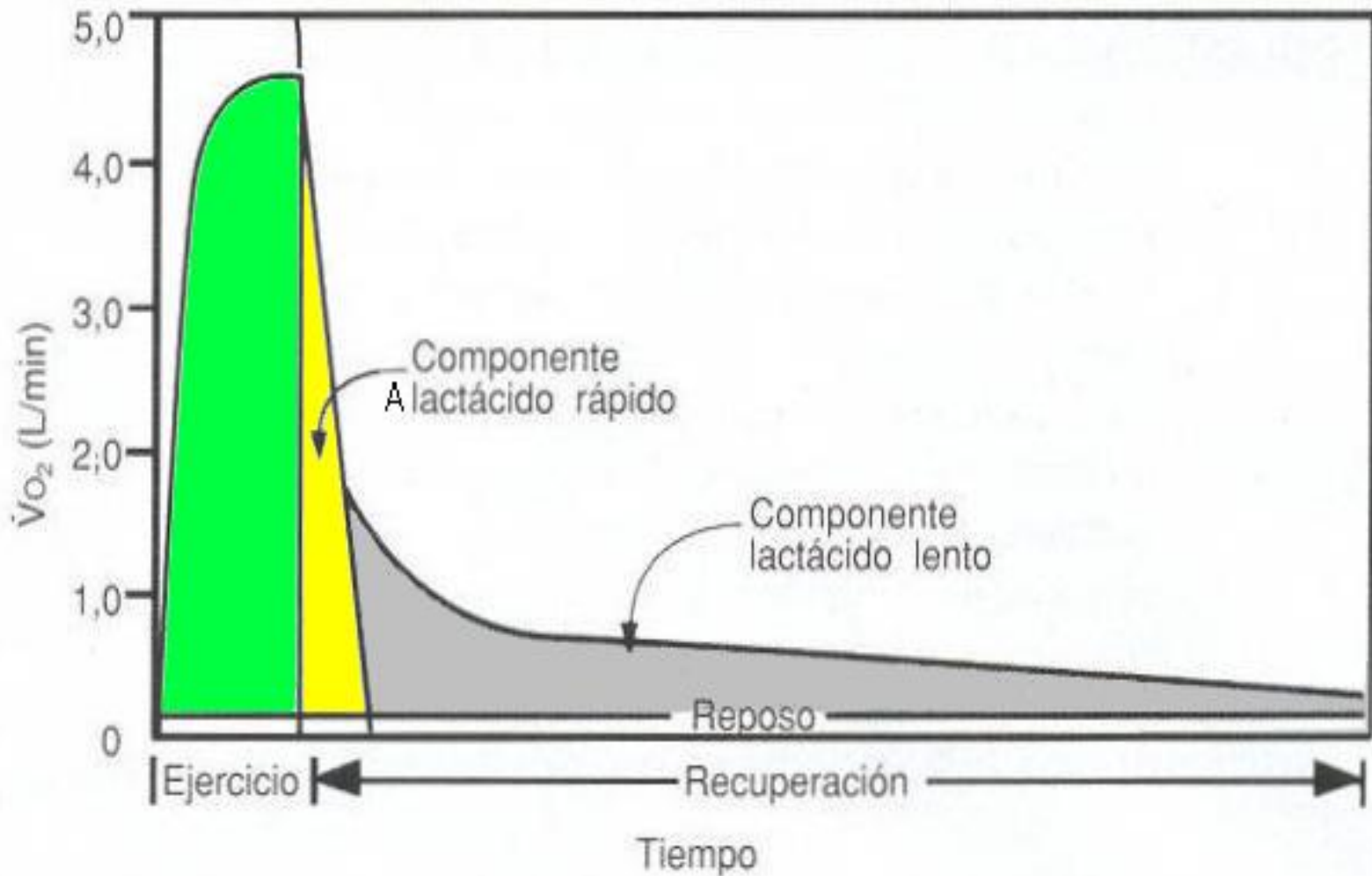


Archibald Vivian Hill
Médico y fisiólogo británico.
1886 – 1977.

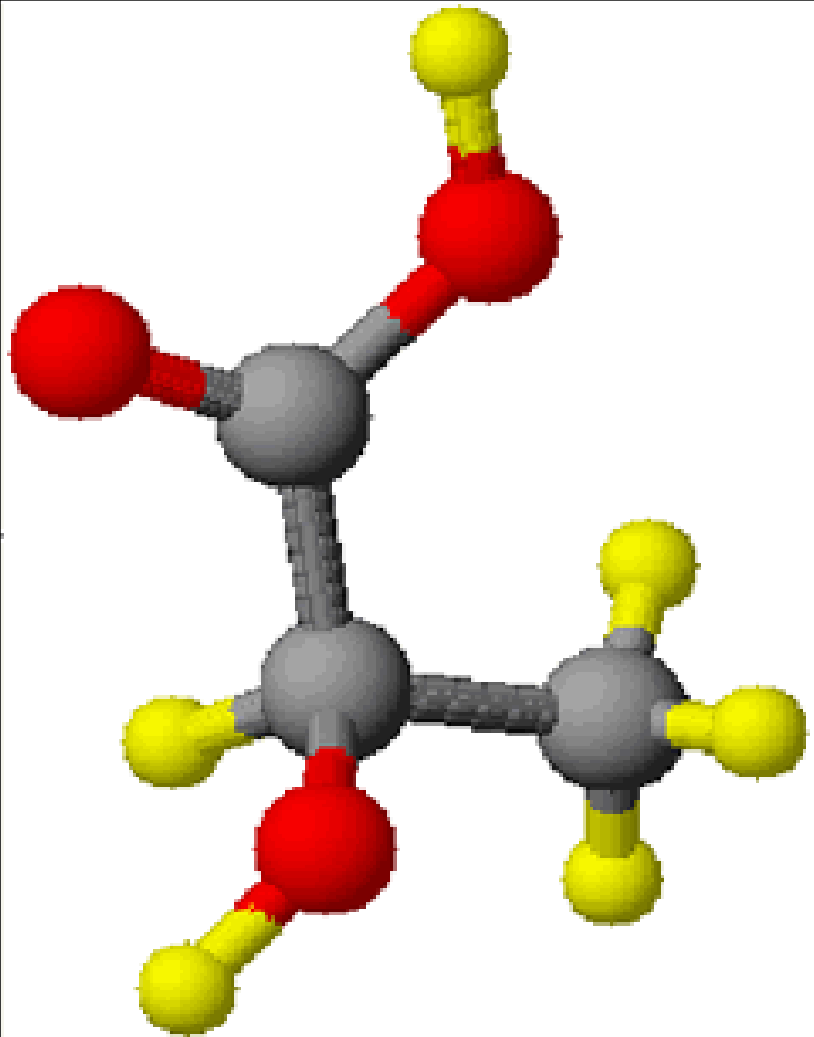
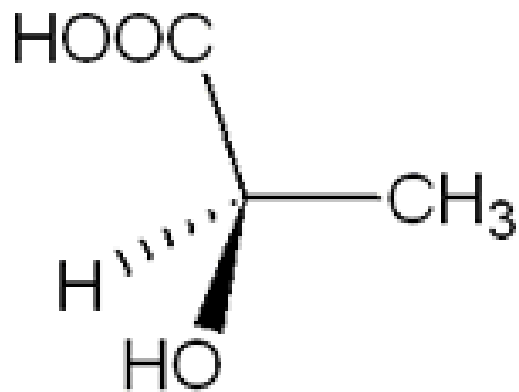
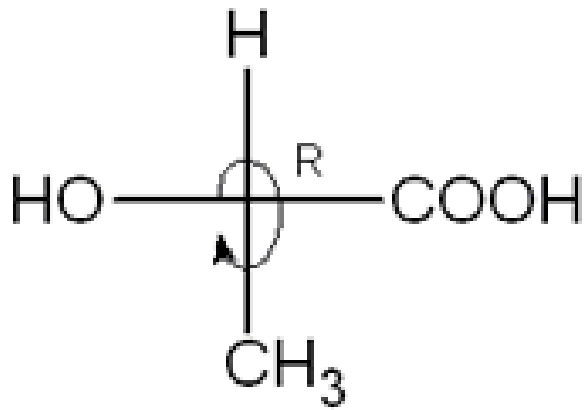
El oxígeno consumido por encima del nivel de reposo durante la recuperación era usado principalmente para proveer la energía necesaria para restaurar el cuerpo a su estado previo al ejercicio.



Oxígeno necesario durante el ejercicio y la recuperación. Ilustración del déficit de oxígeno y del exceso de consumo de oxígeno postejercicio.



El oxígeno de recuperación se define como la cantidad de oxígeno consumida durante la recuperación del ejercicio que excede aquella que comúnmente podría haber sido consumida en reposo durante el mismo período.



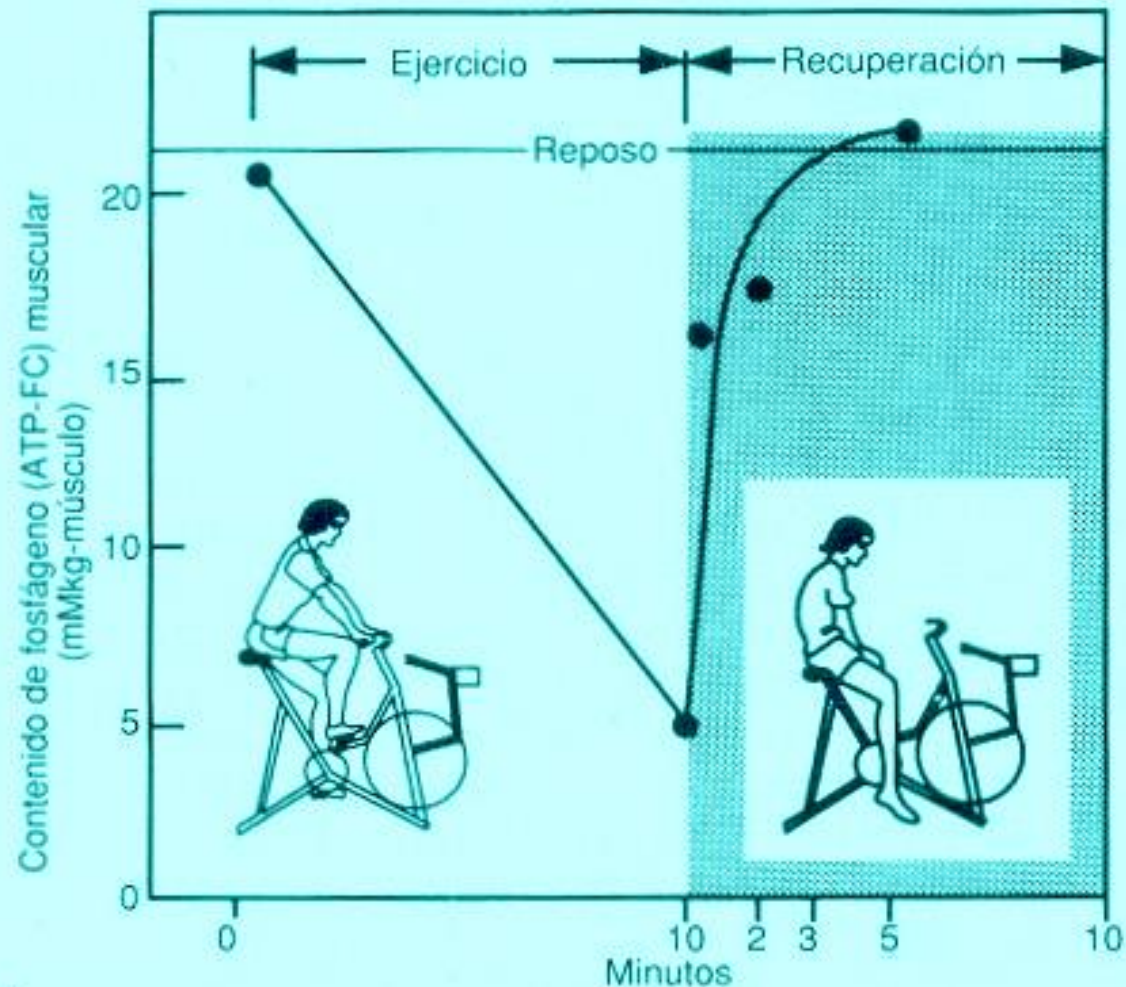
LA INJUSTA FAMA DEL ÁCIDO LÁCTICO

Componente Alactácido = proporciona el oxígeno para restauración del fosfágeno muscular.

"componente de la deuda de fosfágeno".

VELOCIDAD DE REABASTECIMIENTO DE FOSFÁGENO

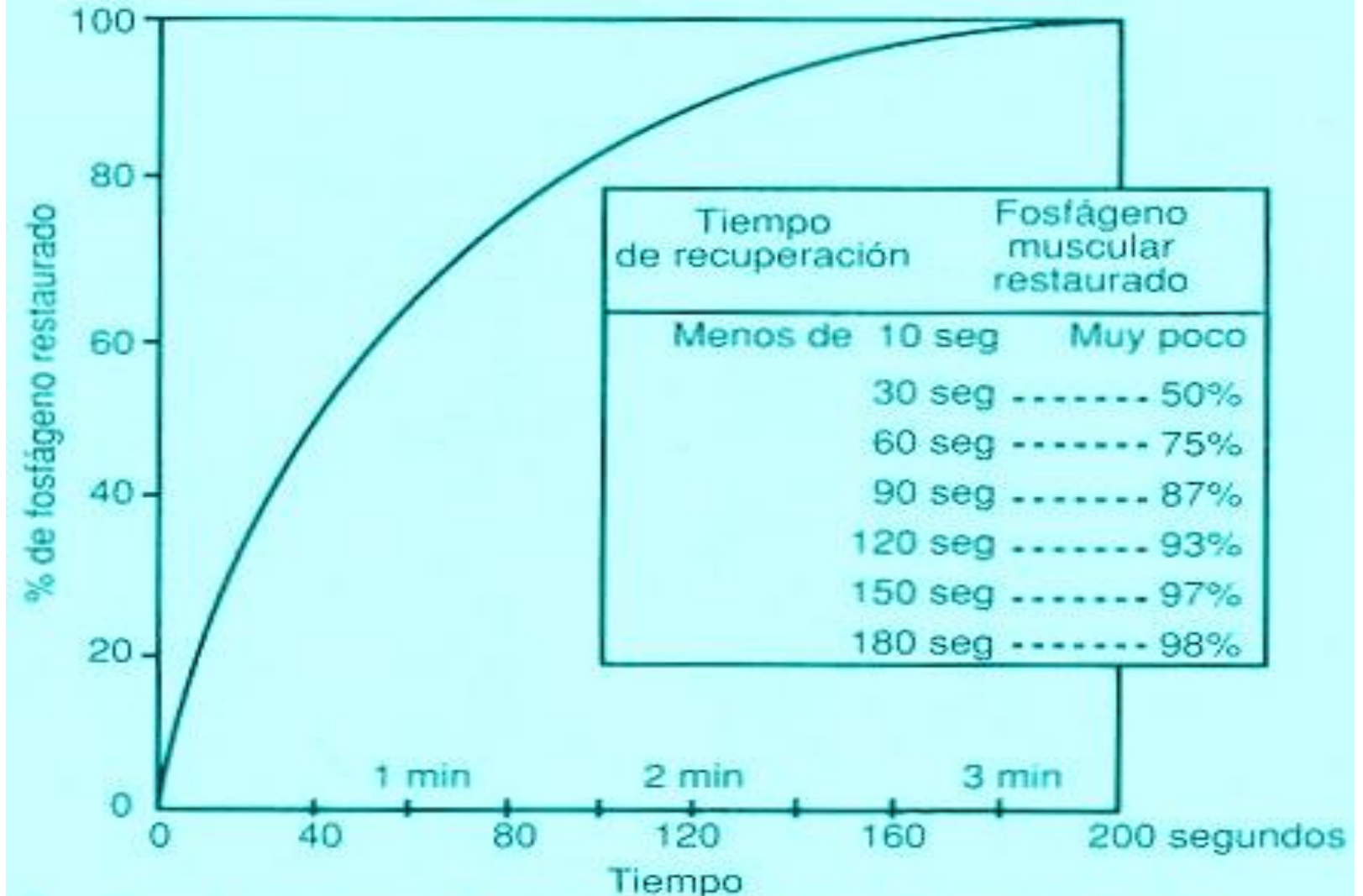
Reabastecimiento de fosfagenos



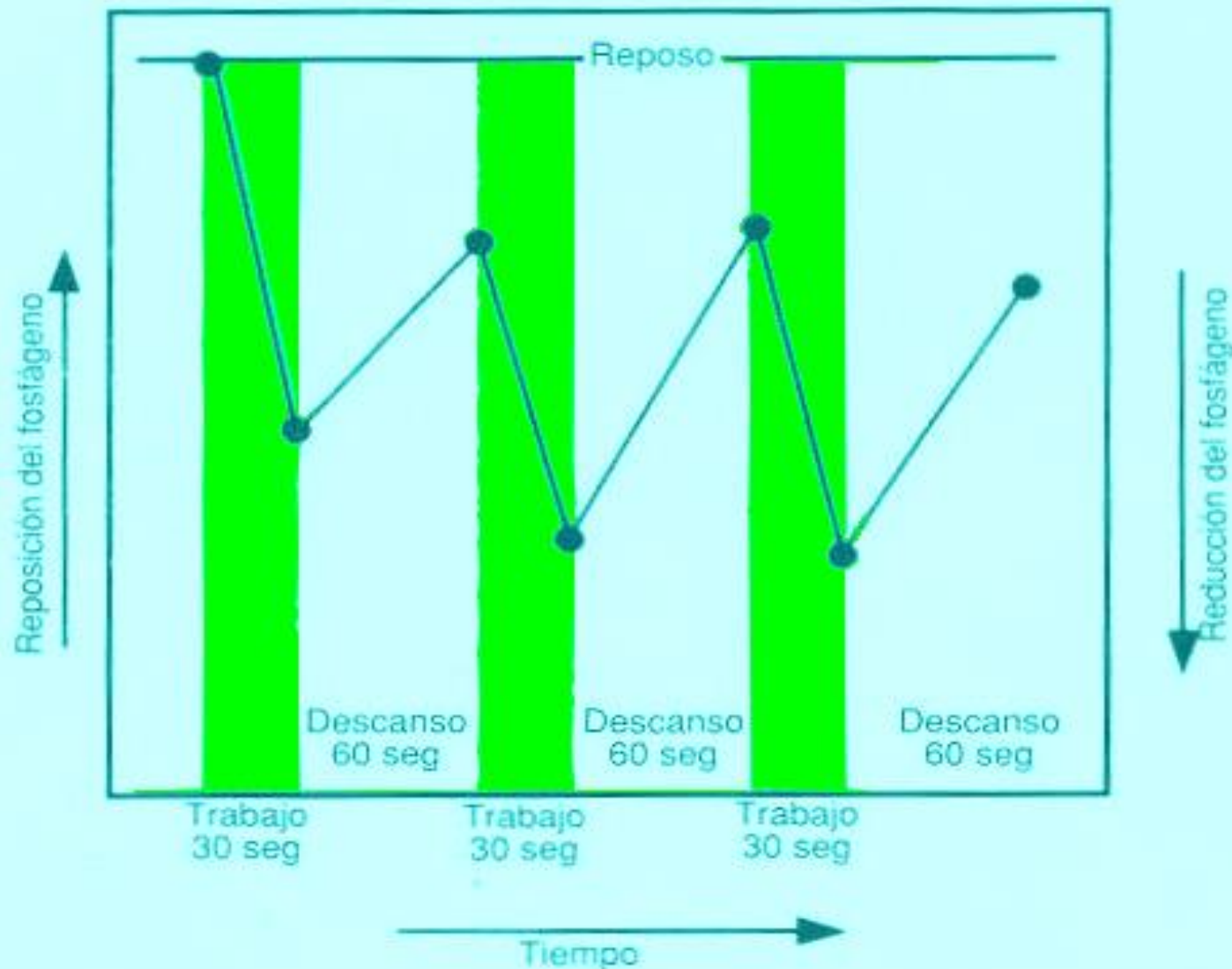
A

El reabastecimiento de las reservas de fosfógeno es rápido. A. La mayor parte del ATP y la FC que se utiliza durante el ejercicio es devuelta a los músculos en un plazo de 2 a 3 min. (Basada en datos de Hultman y col., 1967.)

Reabastecimiento de fosfagenos

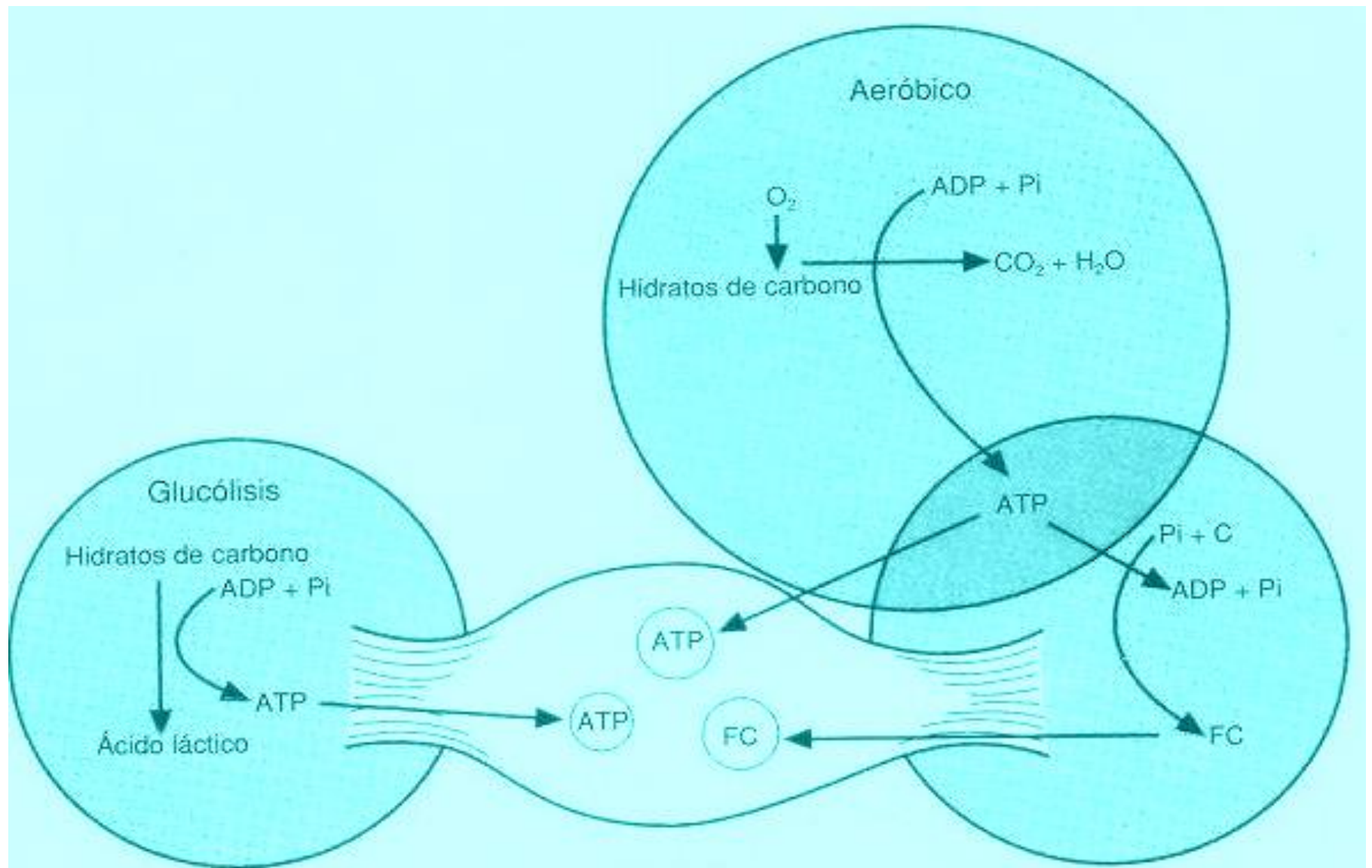


B El reabastecimiento de las reservas de fosfógeno es rápido.
B. El tiempo medio de reabastecimiento del fosfógeno oscila entre 20 y 30 segundos.

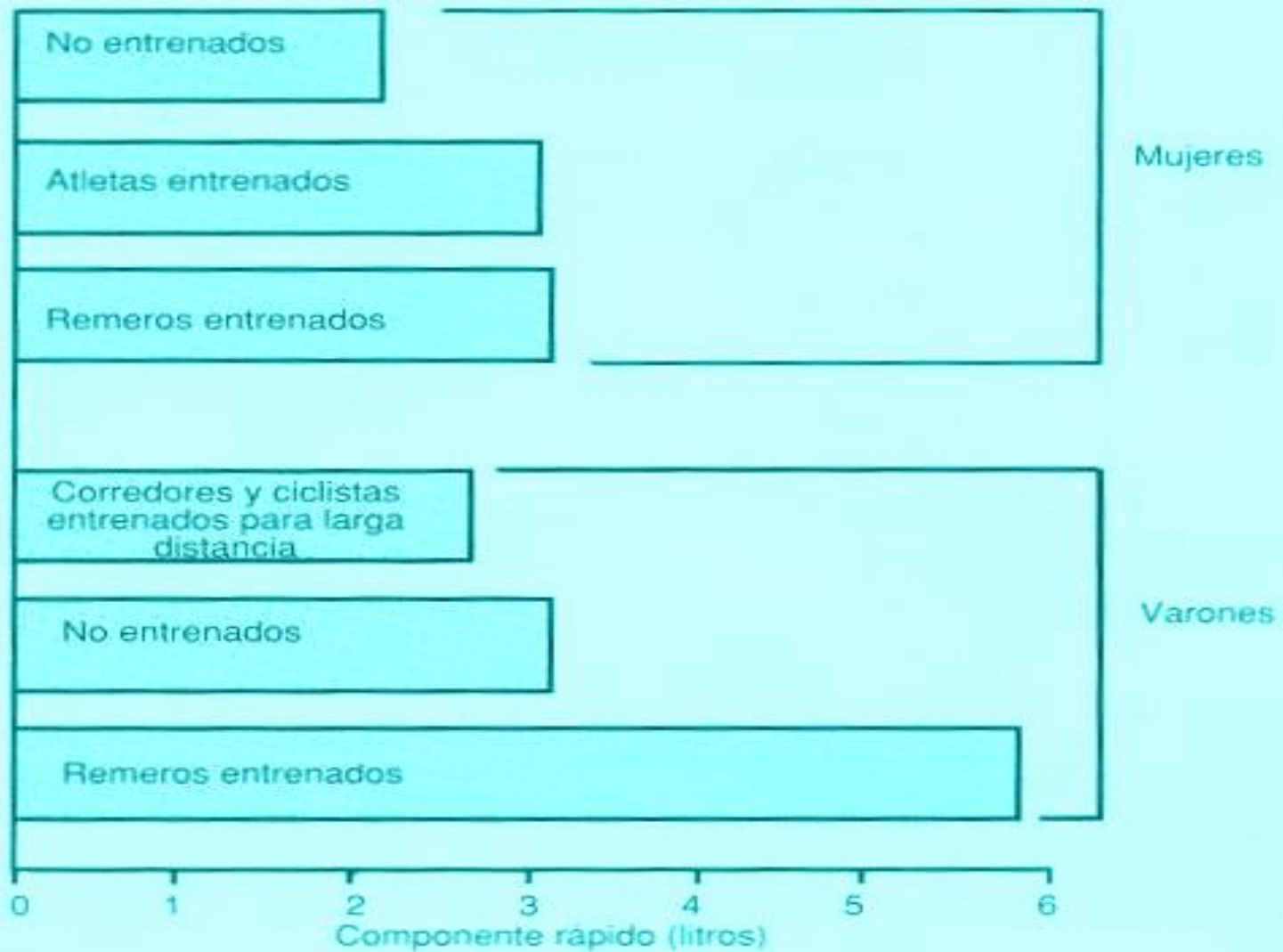


Patrón de reducción y reposición del fosfágeno durante un ejercicio intermitente. Los intervalos del trabajo (ciclismo) tuvieron una duración de 30 segundos y los intervalos de alivio (reposo) fueron de 60 segundos. (Basada en datos de Saltin y Essén, 1971.)

ENERGÉTICA DEL REABASTECIMIENTO DE FOSFÁGENO

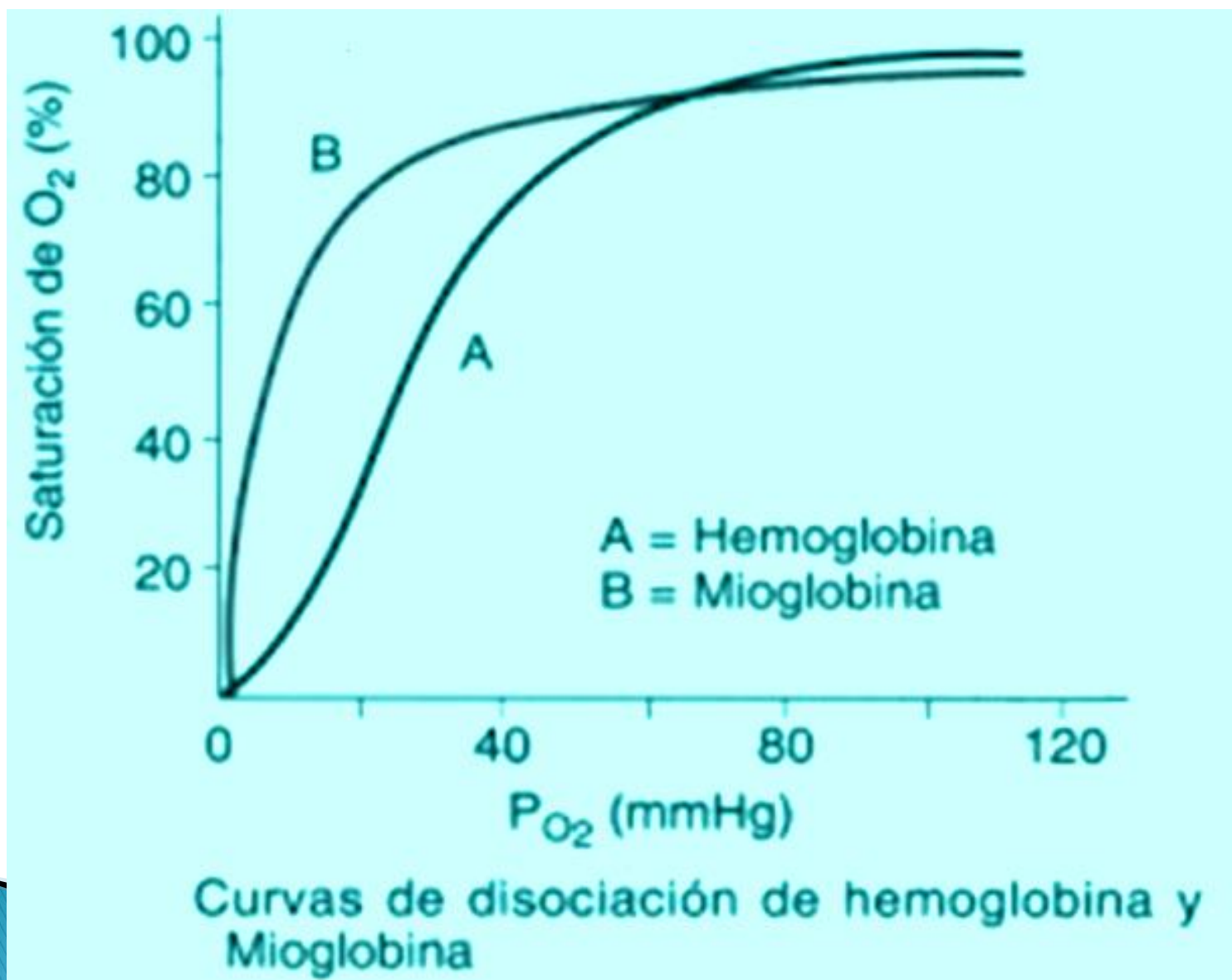


Energética del reabastecimiento de fosfágeno. La energía para el reabastecimiento del fosfágeno deriva del sistema del oxígeno (aeróbico) y, posiblemente, del sistema del ácido láctico (glucólisis).



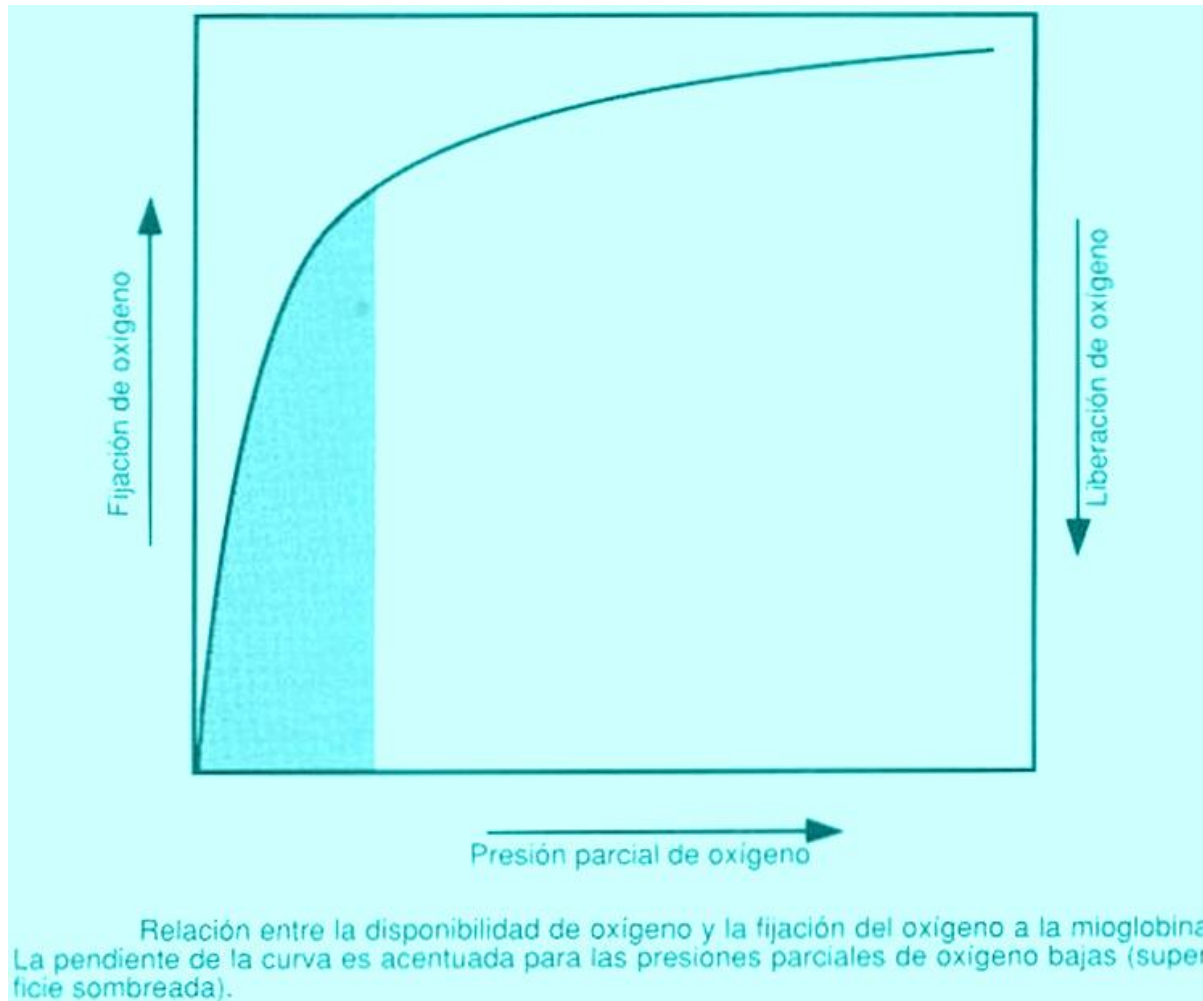
Magnitud de la deuda alactácida en varios atletas de ambos sexos y en hombres y mujeres no entrenados luego de un ejercicio con agotamiento. La deuda generalmente es mayor en los atletas. (Basada en datos de Hagerman y Fox, 1973 y Lesmes, 1976.)

Recuperación de la oximioglobina



REABASTECIMIENTO DE LA MIOGLOBINA CON OXÍGENO

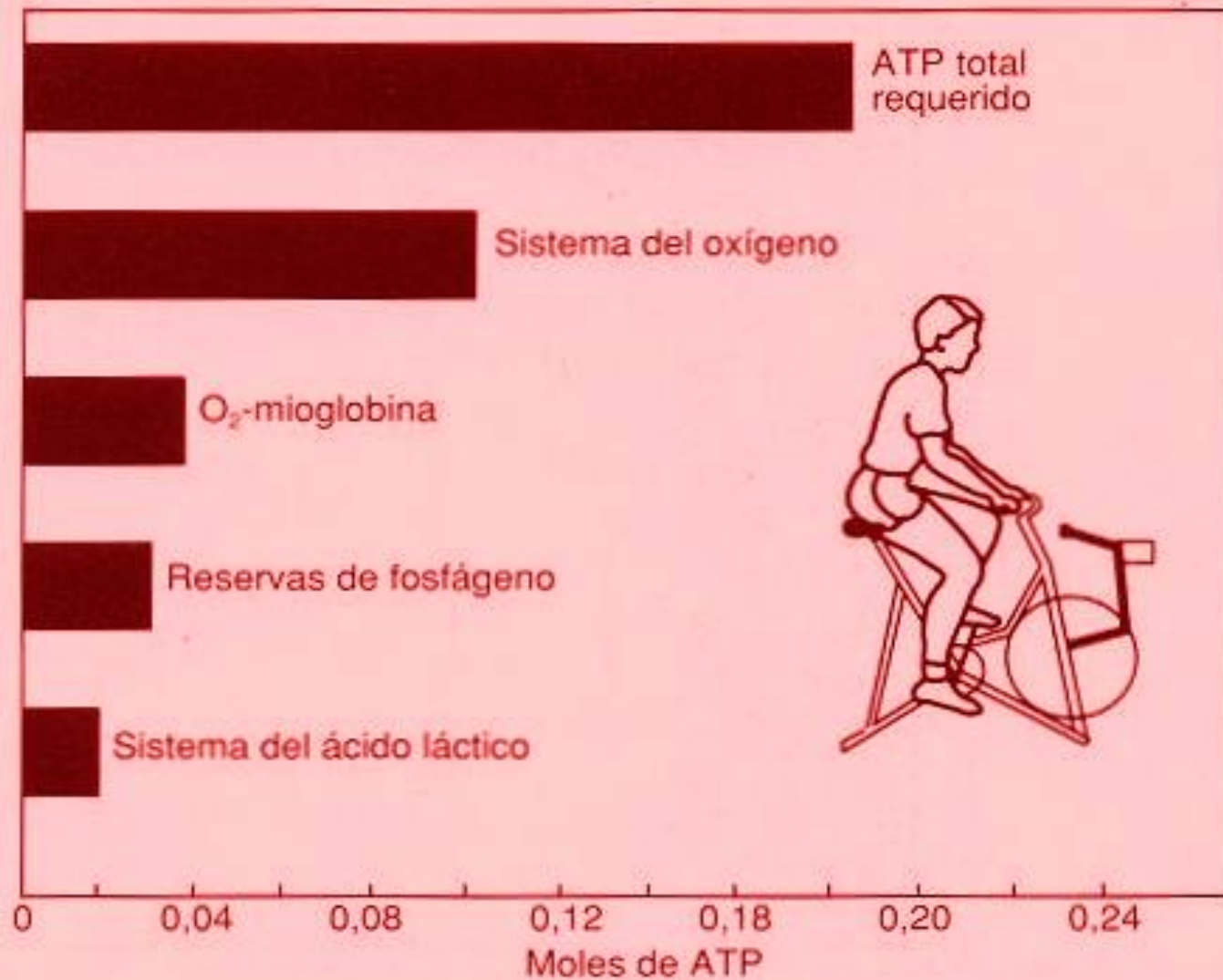
VELOCIDAD Y ENERGÉTICA DEL REABASTECIMIENTO DE LAS RESERVAS DE O₂-MIOGLOBINA



- ▶ Proteína fijadora de O_2 , facilita su difusión
- ▶ Mayor cantidad en fibras lentas
- ▶ Produce color rojo de las fibras
- ▶ Almacena unos 11 ml/kg tejido muscular.

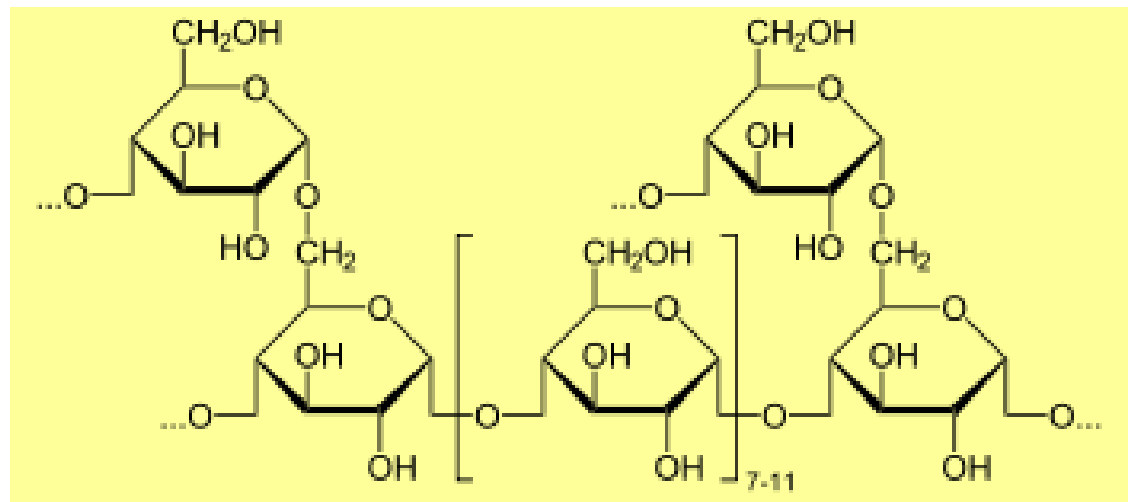
MAGNITUD DE LAS RESERVAS DE O₂-MIOGLOBINA



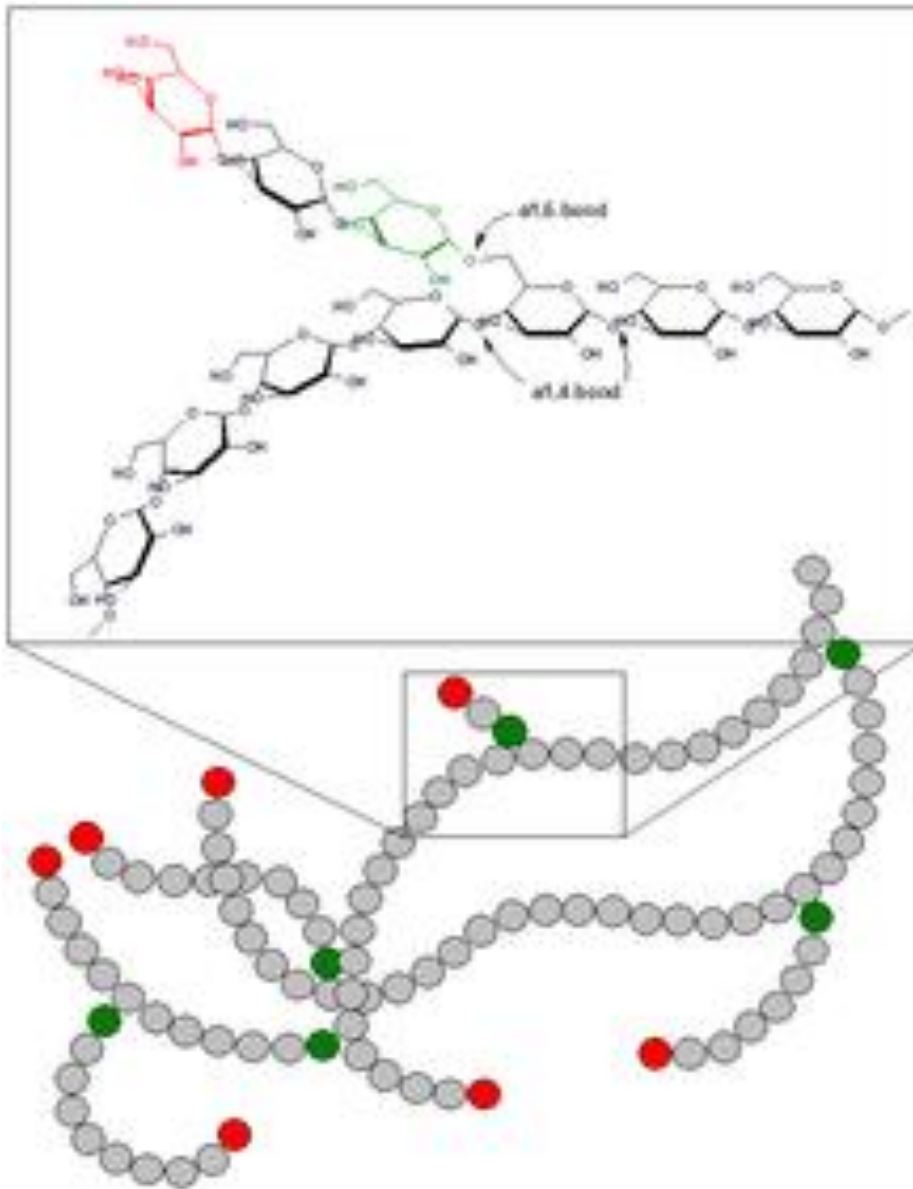


Durante el ejercicio intermitente el oxígeno combinado con la mioglobina es reabastecido durante los períodos de reposo y reutilizado durante períodos de trabajo ulteriores. Del total de ATP requerido durante este ejercicio particular, cerca del 20% fue suministrado por el oxígeno combinado con la mioglobina. (Basada en datos de Essén y col., 1977.)

RESTAURACIÓN DE LAS RESERVAS MUSCULARES DE GLUCÓGENO



Estructura molecular del glucógeno.



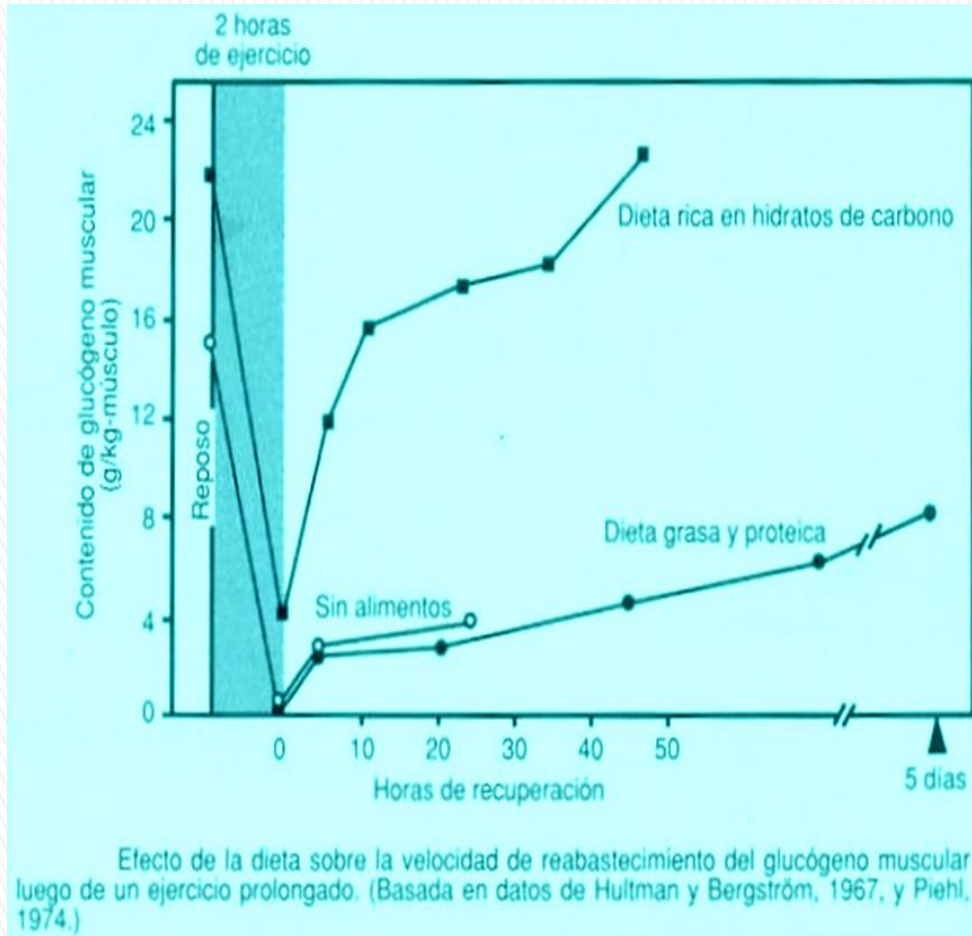
Estructura del glucógeno.

05/02/2016

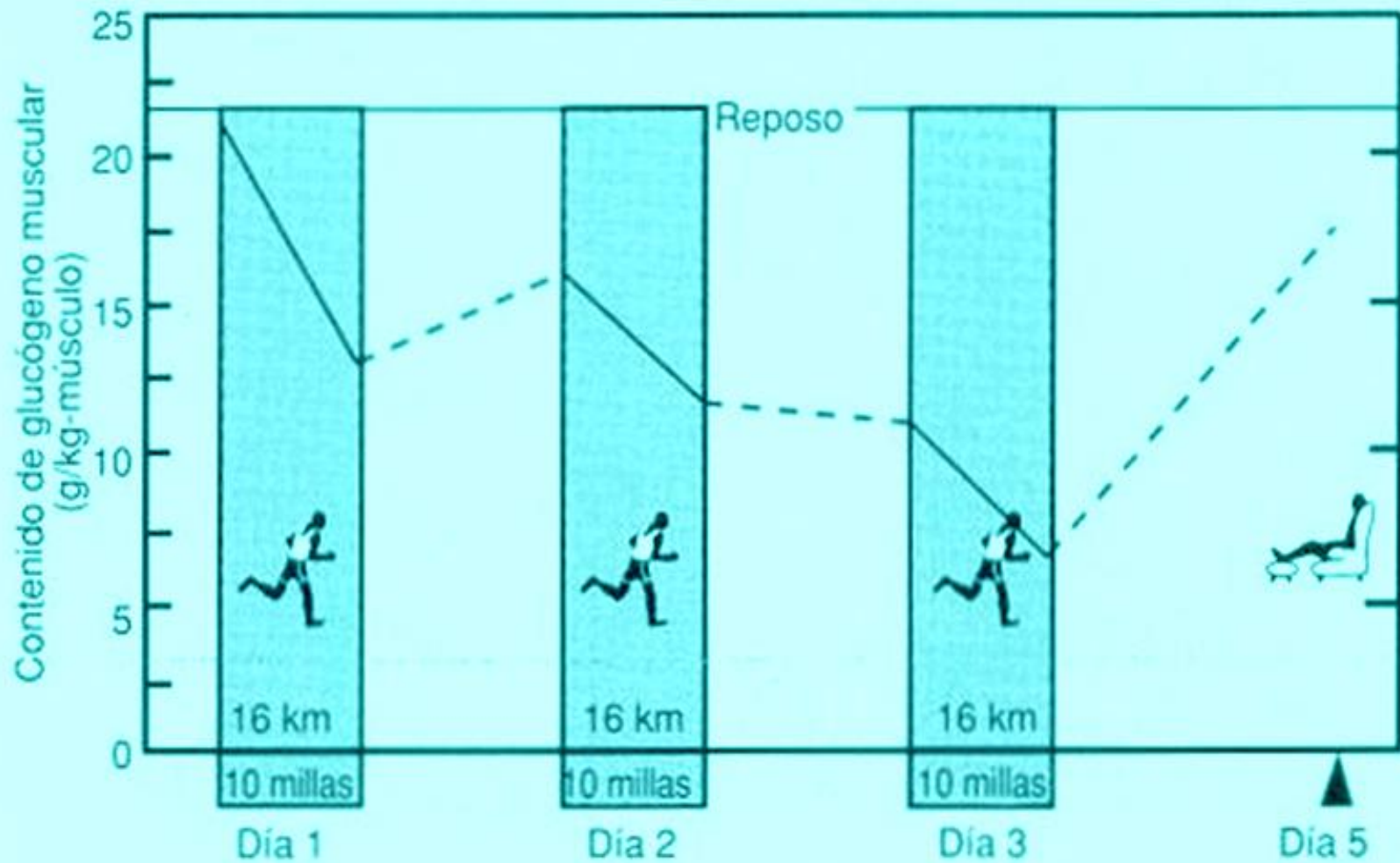
El glucógeno tiene importancia como combustible para los sistemas del ácido láctico y del oxígeno y como factor en el retraso de la fatiga muscular durante los ejercicios prolongados.

Es importante conocer el **proceso de restauración** de las reservas musculares de glucógeno durante la recuperación de un ejercicio.

Restauración de las reservas de glucógeno

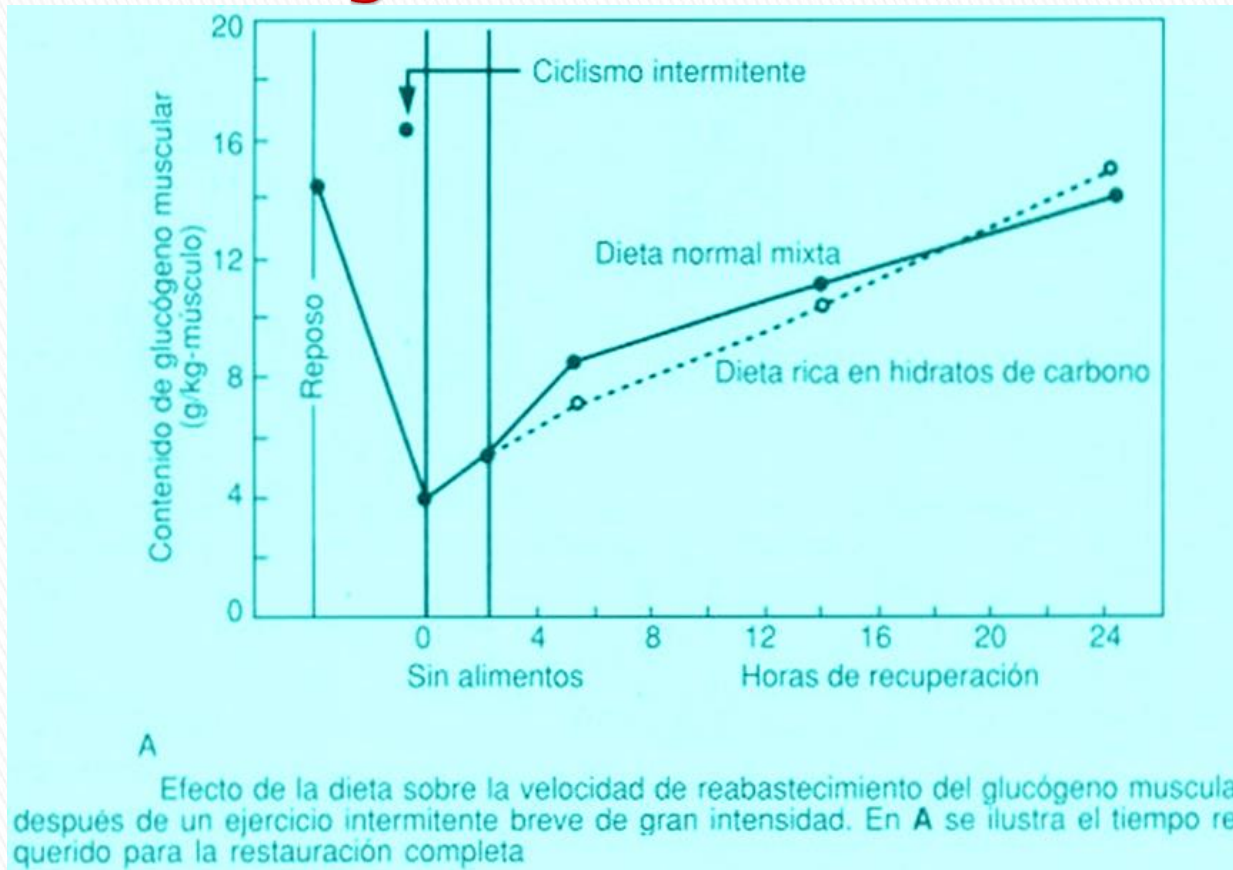


- ▶ Requiere dieta rica de HCO para reabastecimiento completo
- ▶ Cuando no se incorpora HCO en la dieta, se reabastece poco glucógeno
- ▶ Se requieren 46hs para un reabastecimiento completo
- ▶ El reabastecimiento de glucógeno muscular es mucho más rápido en las primeras 10 hs

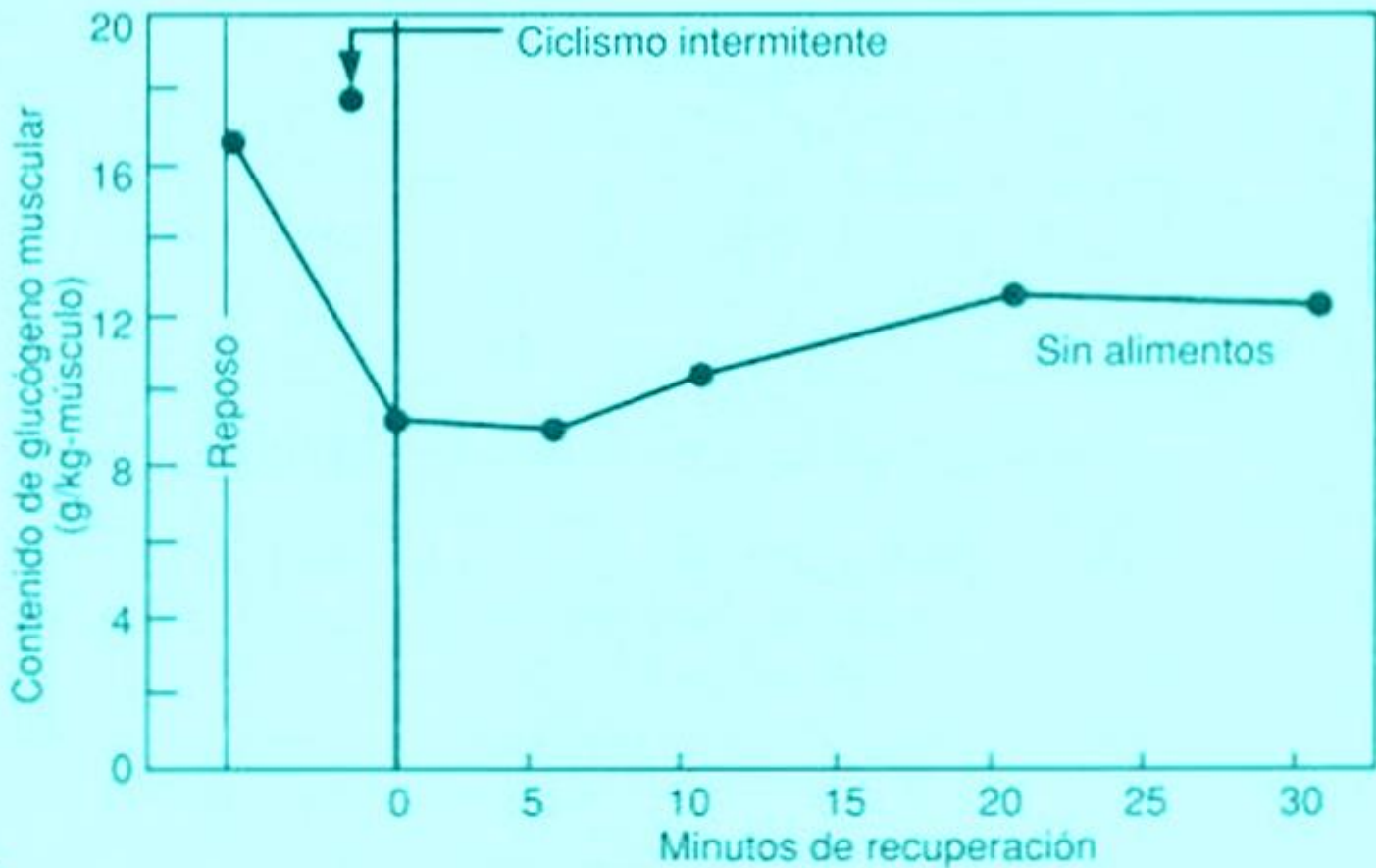


Días sucesivos de entrenamiento intensivo de resistencia reducen las reservas de glucógeno en la musculatura que trabaja. (Basada en datos de Costill y col., 1971.)

Después de un ejercicio breve, intermitente de gran intensidad.....



- ▶ Pedaleo en cicloergometro con carga muy alta de 1 min e intervalos de reposo de 3 min.
- ▶ Pedaleo hasta que no pudieran mantener 30 seg del mismo.



B

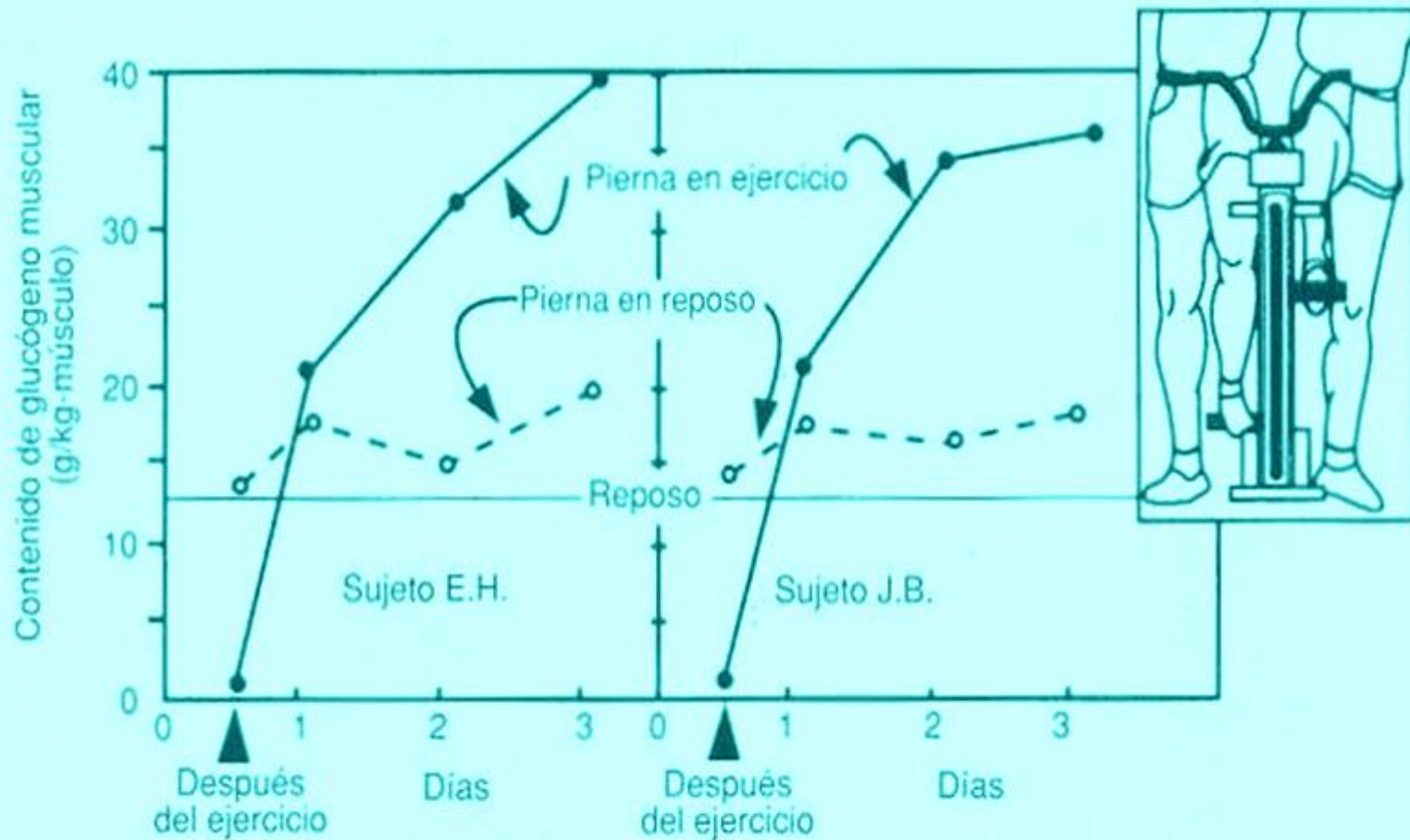
Efecto de la dieta sobre la velocidad de reabastecimiento del glucógeno muscular después de un ejercicio intermitente breve de gran intensidad.

la magnitud de la restauración inmediatamente después del ejercicio se presenta en **B**. (Los datos de **A** son de MacDougall y col., 1977; los datos de **B** han sido tomados de Hermansen y Vaage, 1977.)

Factores determinantes de la reposición

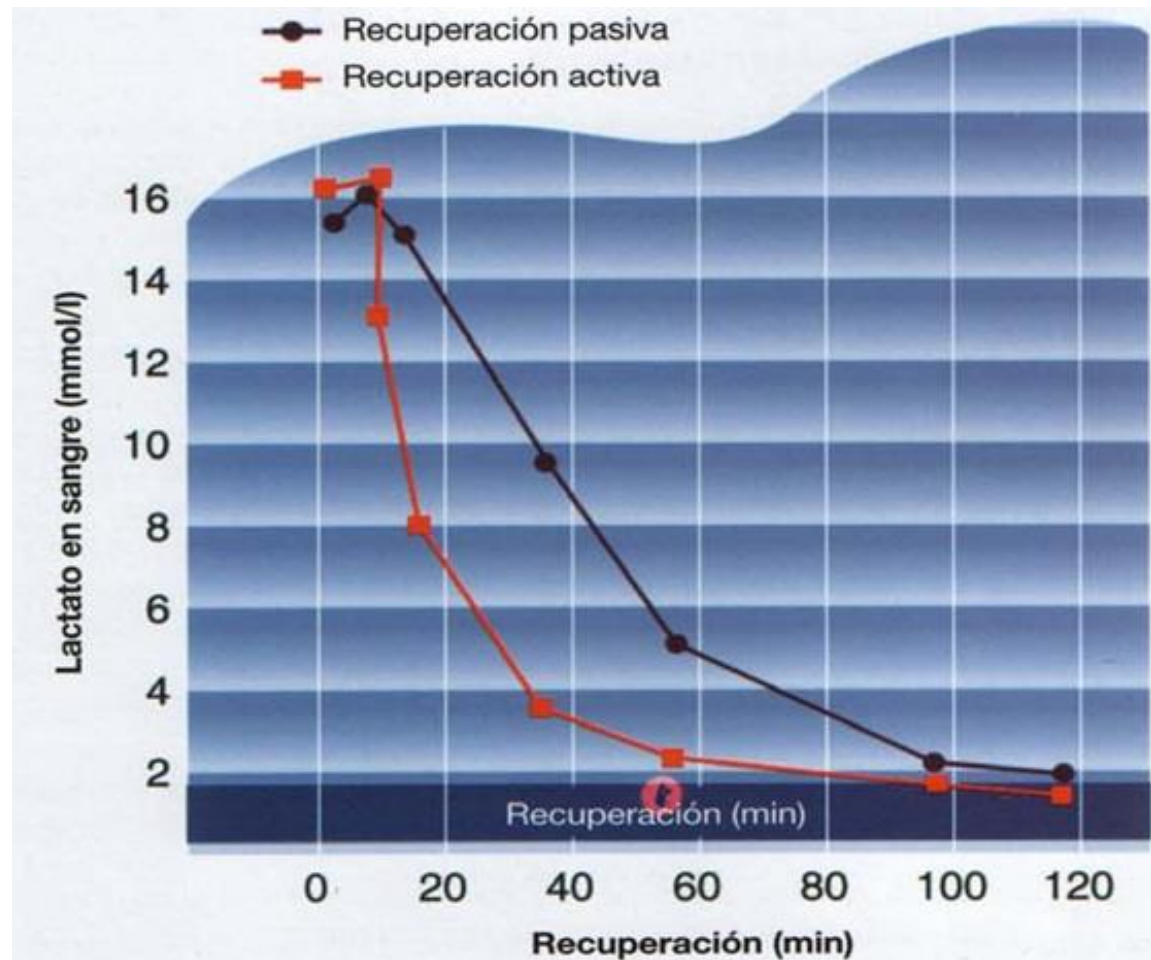
- ▶ Cantidad de glucógeno que se agota
- ▶ El reabastecimiento es mayor después del ejercicio intermitente gracias a la mayor disponibilidad de glucosa en sangre
- ▶ El reabastecimiento de glucógeno muscular es más rápido en fibras de CR, las cuales son reclutadas preferencial/ en ejercicios de gran intensidad

Carga de glucógeno o supercompensación

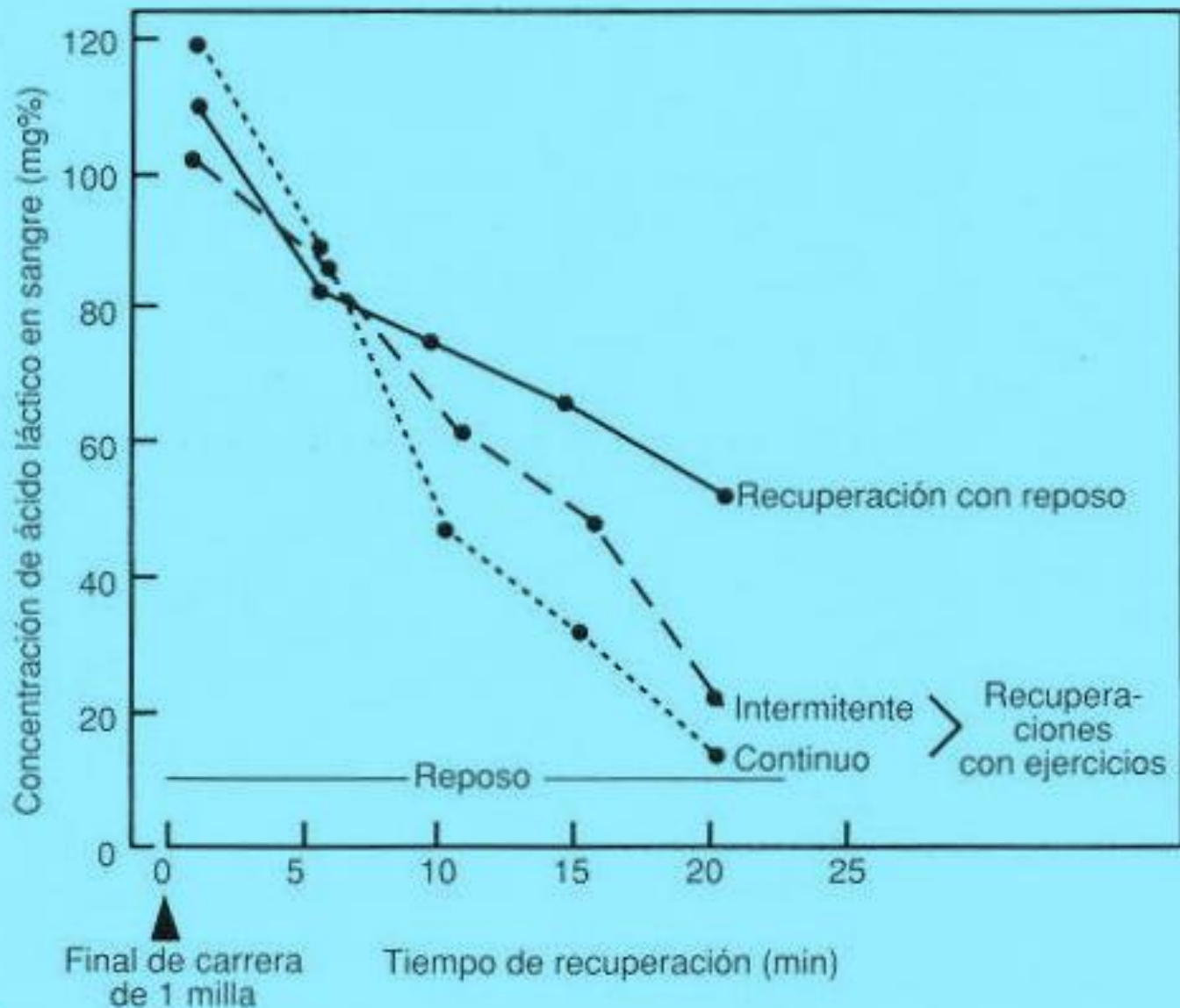


Carga de glucógeno muscular (supercompensación). Las reservas de glucógeno muscular aumentan entre 2 y 3 veces por encima de sus valores normales cuando primero se procede a agotar el glucógeno de los músculos por medio de un ejercicio extenuante y luego se los hace reposar, mientras el individuo sigue durante varios días una dieta con alto contenido en hidratos de carbono. (Basada en datos de Bergström y Hultman, 1966.)

Efectos del tipo de recuperación sobre los niveles de lactato

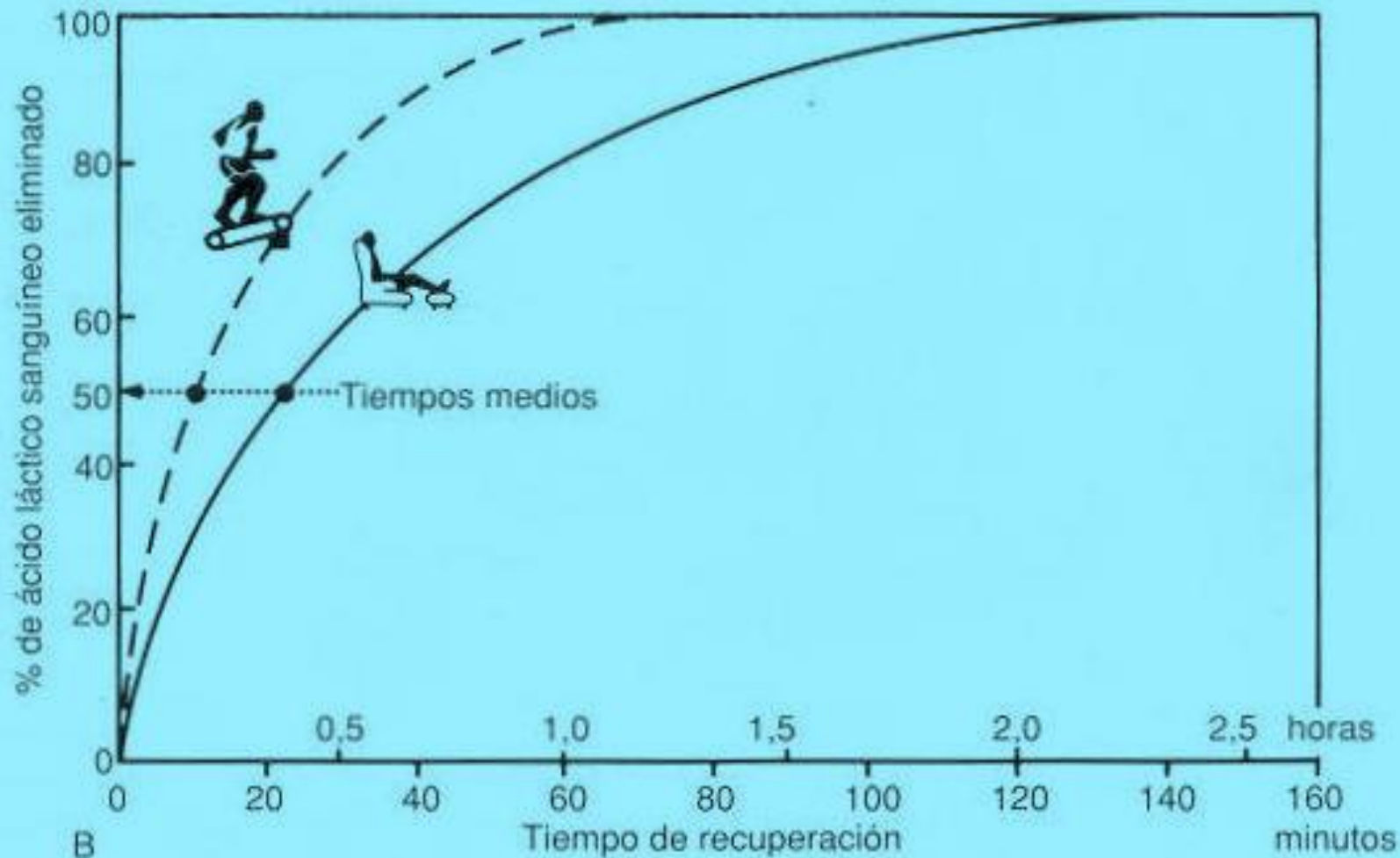


Efectos de la recuperación activa y pasiva sobre los niveles de lactato en sangre después de una serie de tandas de sprint agotadoras. Repárese en que la tasa de eliminación de lactato de la sangre es más rápida cuando las personas hacen ejercicio durante la recuperación que cuando descansan.



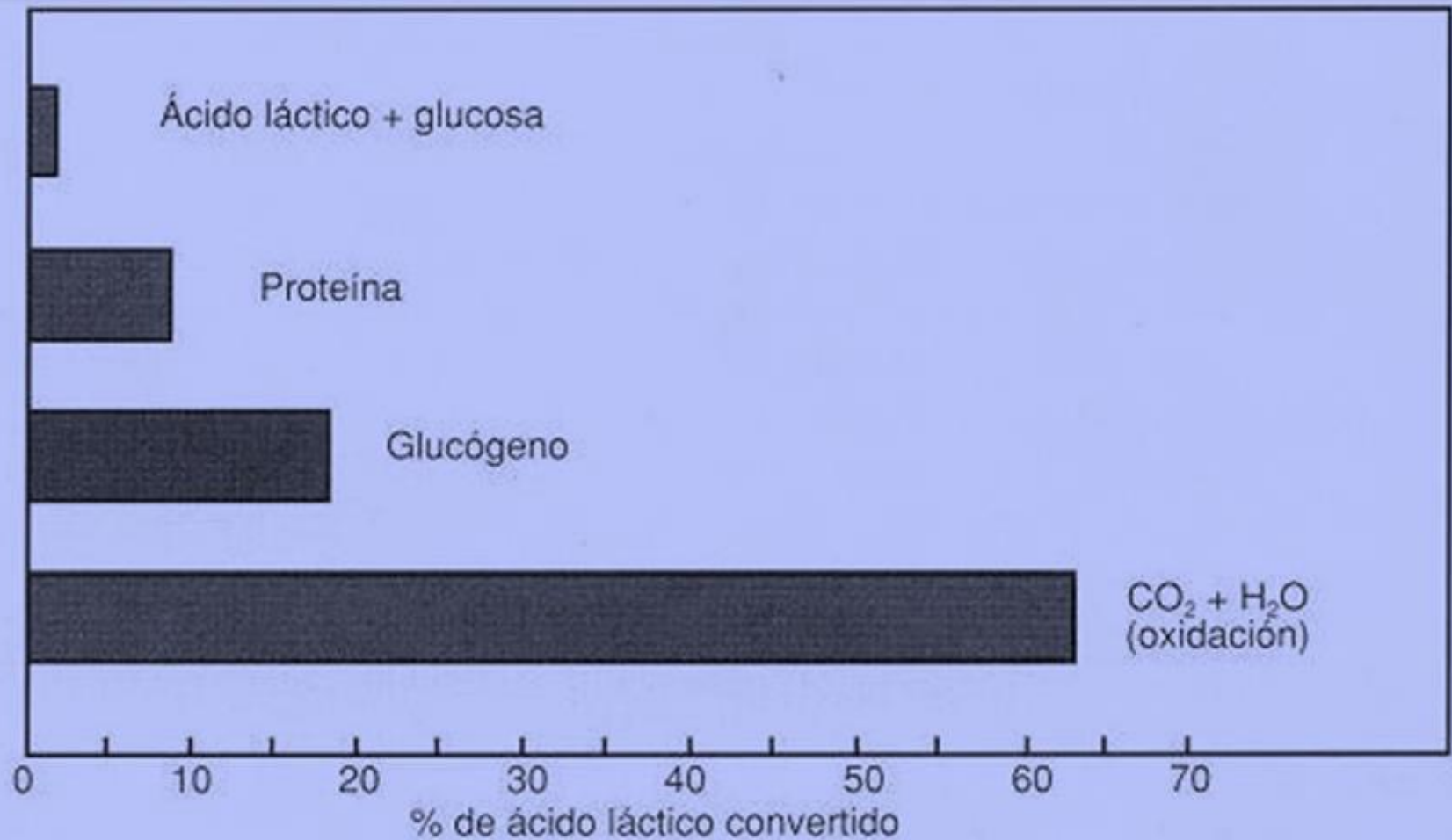
A

La eliminación del ácido láctico de la sangre durante la recuperación de un ejercicio con agotamiento es más rápida cuando el periodo de recuperación se emplea para realizar ejercicios suaves en lugar de descansar. En A se ilustra la disminución real del ácido láctico en la sangre durante la recuperación con reposo y las recuperaciones con ejercicio.

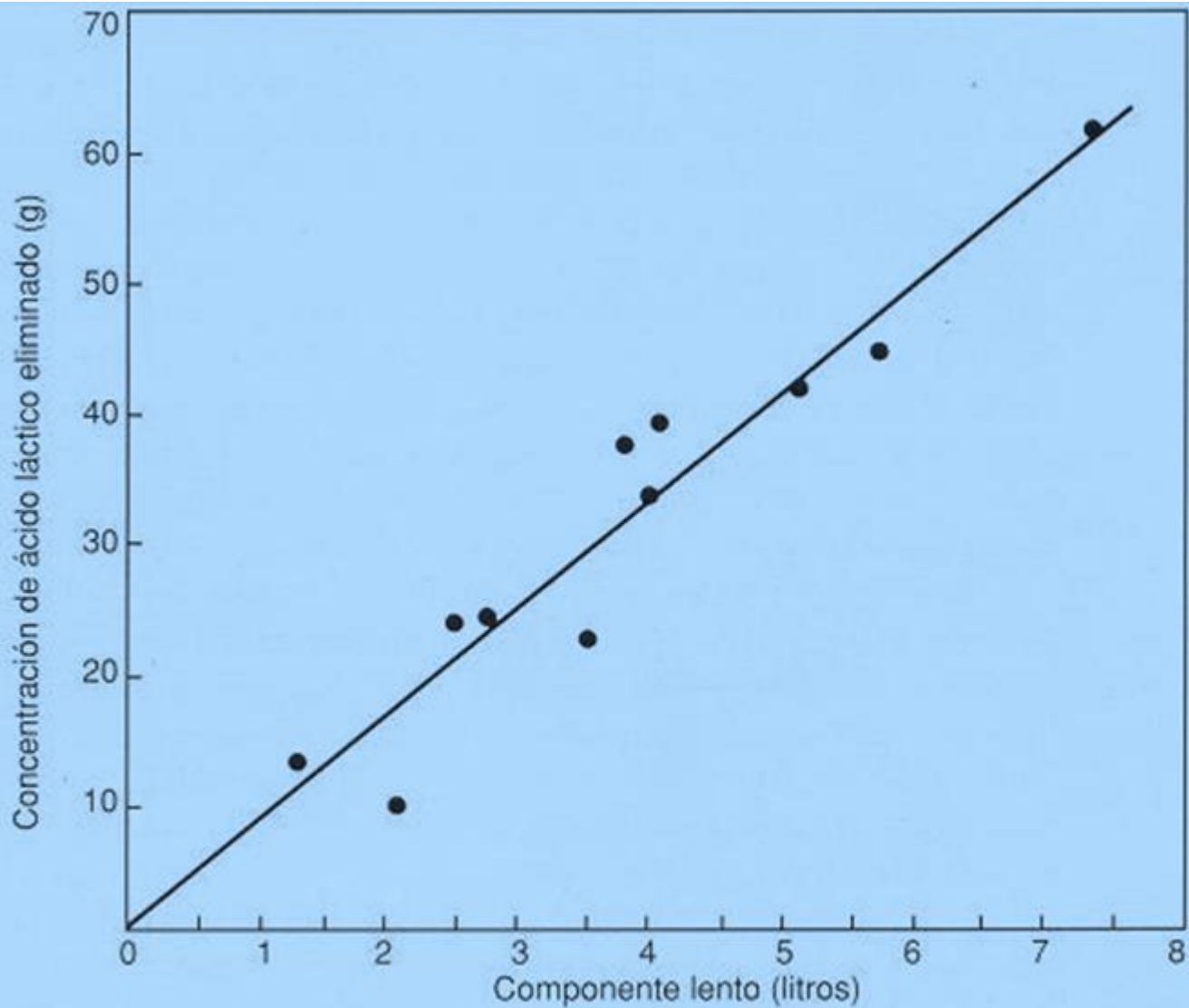


La eliminación del ácido láctico de la sangre durante la recuperación de un ejercicio con agotamiento es más rápida cuando el período de recuperación se emplea para realizar ejercicios suaves en lugar de descansar.

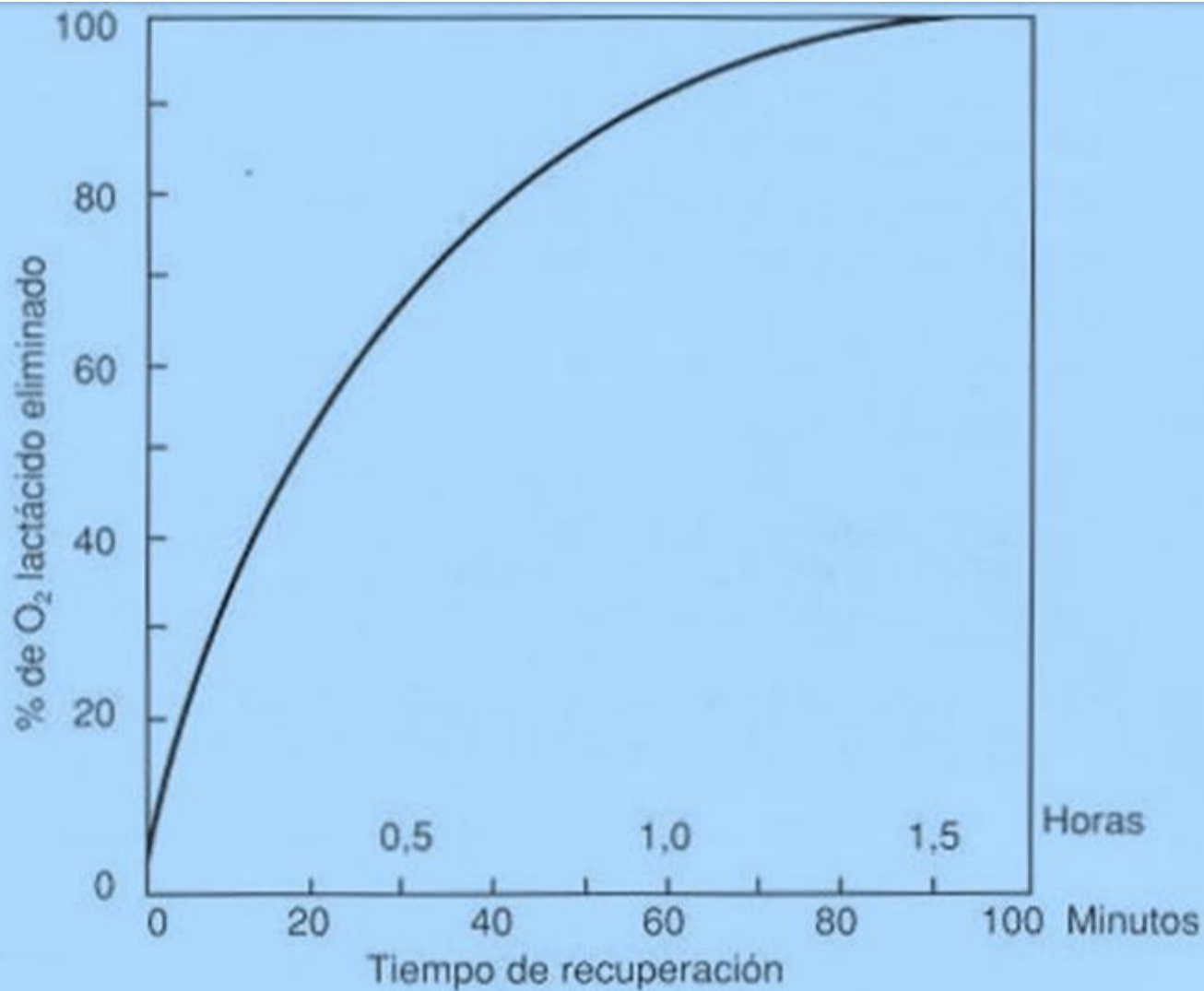
se representará la velocidad de eliminación del ácido láctico. El tiempo para la eliminación de la mitad del total del ácido láctico acumulado durante la recuperación con descanso es dos veces mayor que durante la recuperación con ejercicio. (Los datos de **A** son de Bonen y Belcastro, 1976; los datos de **B** son de Hermansen y col., 1975.)



Destino del ácido láctico. El ácido láctico eliminado de la sangre y del músculo durante la recuperación puede ser convertido en glucosa, proteína, glucógeno o CO₂ y H₂O (oxidado). La oxidación constituye el destino principal. (Basada en datos de Brooks y Gaesser, 1980.)



Relación entre el ácido láctico eliminado de la sangre durante la recuperación y el componente de recuperación láctácida, según lo determinado por un trabajo experimental. (Basada en datos de Fox y col., 1969.)



La velocidad de cancelación del oxígeno de recuperación lactácido luego de un ejercicio con agotamiento. El tiempo medio de cancelación es de alrededor de 15 minutos, lo que significa que el 50% de la deuda será cancelada en 15 minutos. Como se puede observar, el 75% se cancela en 30 minutos y el 95% en 1 hora.

En resumen.....

	Tiempo recomendado de recuperación	Tiempo recomendado de recuperación
Proceso de recuperación	Mínimo	Máximo
Restauración de fosfágeno musc (ATP, FC)	2 minutos	3 minutos
Cancelación del oxígeno alactacido	3 minutos	5 minutos
Restauración reservas de oximioglobina	1 minuto	2 minutos
Restauración de glucógeno muscular	10hs	46hs (ejercicio prolongado)
	5hs	24hs (ejercicio intermitente)
Eliminación del ac. Láctico de musculo y sangre	30min 1h	1h (rec activa) 2hs (rec pasiva)
Cancelación componente lactacido de recuperación	30min	1h

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. *Capítulo 5*