



## Aporte de Carbohidratos en Deportes de Larga Duración

**Dr. Patricio Venegas Pérez**

Médico Jefe dpto. Médico Centro de Alto Rendimiento, DIGEDER  
Cardiólogo Clínica Las Condes



# Aporte de Carbohidratos en Deportes de larga duración

**Dr. Patricio Venegas Pérez**

Médico Jefe dpto. Médico Centro de Alto Rendimiento, DIGEDER  
Cardiólogo Clínica Las Condes

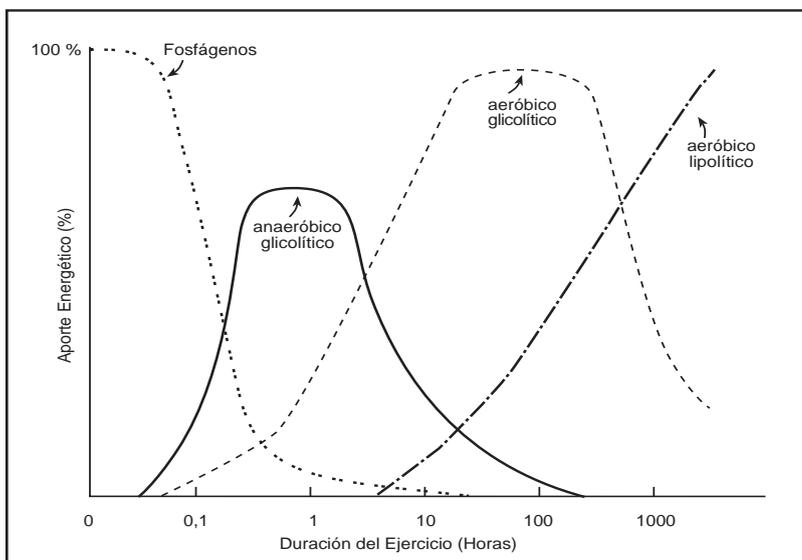
Tradicionalmente se reconocen tres sistemas energéticos independientes en la producción de energía para la contracción muscular: sistema de los fosfágenos, sistema anaeróbico glicolítico (oxígeno independiente), sistema aeróbico (oxígeno dependiente).

Pero, algunos autores (1,2) consideran muy simplista esta afirmación y proponen que la oxidación de carbohidratos y lípidos deben considerarse como dos sistemas energéticos aeróbicos distintos (ver Figura N° 1):

7

Figura N° 1

Contribución de los distintos sistemas energéticos según la duración del ejercicio (adaptado de Hanley y Hopkins (1))



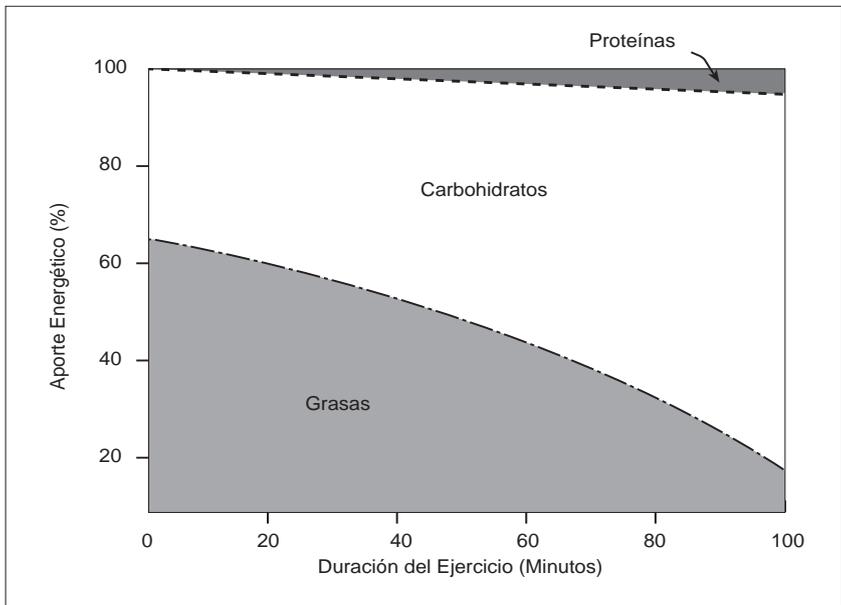
Sistema aeróbico glicolítico (que oxida carbohidratos para eventos de resistencia de alta intensidad).

- Sistema aeróbico lipolítico (que oxida lípidos para aportar la mayor parte de la energía para actividades de resistencia de menor intensidad o muy prolongadas).

Diversos factores determinan la utilización de uno u otro sistema aeróbico como fuente energética.

La intensidad del ejercicio es un factor muy importante (3,4). En ejercicios aeróbicos de gran intensidad (mayor del 70% del  $VO_2$  máx) el sustrato predominante son los carbohidratos. En cambio, predominan las grasas cuando el ejercicio es de baja intensidad (menor al 50% del  $VO_2$  máx), (ver Figura N° 2).

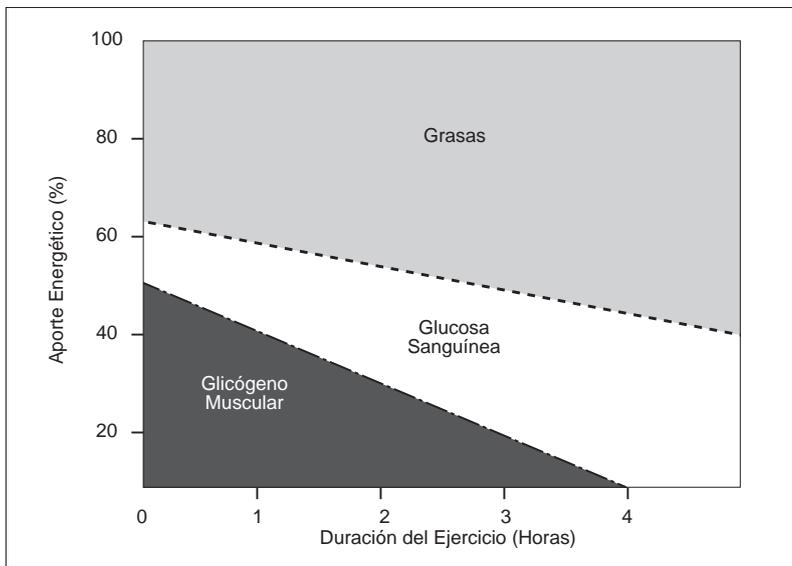
Figura N° 2  
Aporte energético de los distintos sustratos energéticos aeróbicos, según intensidad del ejercicio.



La intensidad del ejercicio a la cual se iguala el aporte energético de los carbohidratos y lípidos, se conoce como entrecruzamiento, sobre ésta intensidad el combustible principal son los carbohidratos y bajo ésta, el combustible principal son los lípidos.

La duración del ejercicio es otro factor que influye en la utilización de los sustratos energéticos (5). Así, para cualquier intensidad de ejercicio, a medida que éste es más prolongado, aumenta la contribución de las grasas como fuente energética y va disminuyendo el aporte de los carbohidratos, especialmente del glicógeno muscular (ver Figura N° 3).

Figura N° 3  
Aporte energético de los distintos sustratos aeróbicos,  
según duración del ejercicio.



Otros factores que modifican la utilización de estas fuentes energéticas son: *la condición física o entrenamiento previo, el tipo de dieta, y el aporte calórico durante el ejercicio.*

## Sustrato Energético y Posibles Causas de Fatiga

La fatiga física asociada al ejercicio o al trabajo muscular se relacionaría, al menos en parte, a la existencia o no de fuentes energéticas.

En ejercicios de baja intensidad (menos del 50% del  $\text{VO}_2$  máx) y larga duración, aparece una fatiga subjetiva, sin que ésto se asocie a acumulación de lactato sanguíneo, depleción de carbohidratos y de grasas a nivel de los depósitos. En esta condición, probablemente algunos componentes nerviosos centrales, más que los metabólicos, sean los causantes de la fatiga.

En ejercicios de moderada intensidad (50 a 75% del  $\text{VO}_2$  máx) la fatiga física, habitualmente asociada a una disminución del rendimiento deportivo se relacionaría a la depleción de glicógeno hepático, glicógeno muscular y eventualmente glucosa sanguínea.

En ejercicios de alta intensidad (75 a 90% del  $\text{VO}_2$  máx), la disminución del rendimiento parece relacionarse principalmente a la depleción de reservas de glicógeno muscular y posiblemente a la acumulación de lactato muscular. En este tipo de ejercicios que son de una duración mediana, alrededor de 90 minutos, no existe una disminución significativa de glicógeno hepático y la glucosa sanguínea.

Por último, en ejercicios supramáximos (más del 100% del  $\text{VO}_2$  máx) la aparición de fatiga muscular no parece estar asociada a los depósitos de carbohidratos.

De todo ésto podemos concluir, que el rendimiento en ejercicios que son dependientes del glicógeno muscular y de la glucosa sanguínea, se esperaría que fueran influenciados favorablemente por la ingesta de carbohidratos, ya sea tanto previa como durante la competencia. Esto es válido en eventos de moderada a alta intensidad con duraciones mayores a 90 minutos. Por otro lado, los ejercicios de baja intensidad en donde los ácidos grasos libres son la fuente primaria de energía y aquellos supramáximos (anaeróbicos) no se verían favorecidos por la ingesta de carbohidratos.

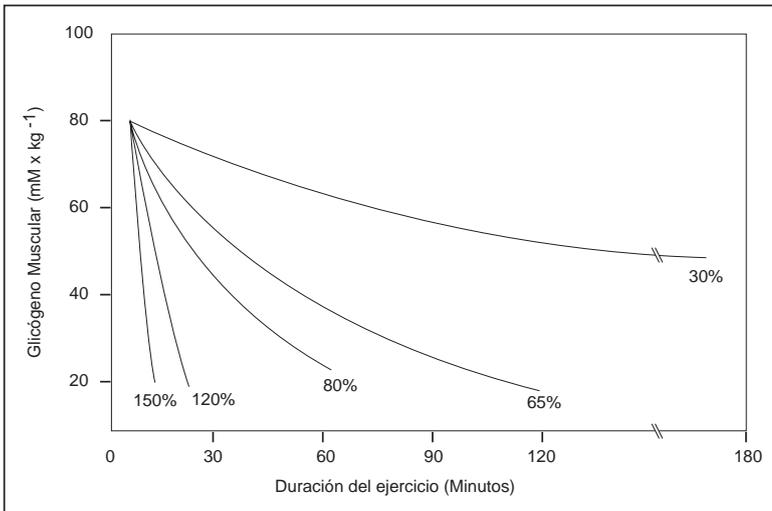
## Depósitos de Carbohidratos y su efecto sobre el Rendimiento

Los depósitos de glicógeno muscular son reconocidos como el combustible preferido durante ejercicios de moderada y alta intensidad.

En la Figura Nº 4 se observa como a mayor intensidad del ejercicio, se produce una más rápida depleción del glicógeno muscular. Ejercicios de muy baja intensidad (30% de VO<sub>2</sub> máximo) producen algún grado de depleción del glicógeno muscular sin llegar a su agotamiento. Los ejercicios de mayor intensidad (65 - 150% de VO<sub>2</sub> máximo), en cambio, producen un agotamiento de las reservas de glicógeno que se ve más precozmente a mayor intensidad del ejercicio.

7

Figura Nº 4  
Depleción temporal del glicógeno muscular a diferentes intensidades de ejercicio (adaptada de Gallnich PD (13))



Diversos estudios se realizaron para evaluar si el rendimiento competitivo podría mejorarse aumentando las reservas de glicógeno muscular.

En un estudio (6) hicieron competir a 10 atletas en una carrera de 30 km., en dos ocasiones diferentes separadas por tres semanas. En una ocasión dieta rica en CHO y en otra, una dieta mixta. La dieta rica en

CHO lleva a depósitos de glicógeno muscular mayores que la dieta mixta (35 -vs- 17 g/músculo vasto lateral) y a mejores tiempos de carrera en el transcurso de la prueba. Se pudo observar que los menores depósitos de glicógeno no afectan la velocidad de carrera al comienzo de la prueba, en cambio, si se vió afectada más avanzada la prueba, cuando el glicógeno muscular disminuye. Así, la velocidad de carrera disminuye en la dieta mixta y se mantiene con la dieta rica en CHO.

En otro estudio, Bergstrom (7) y colaboradores evaluaron el impacto de los depósitos de glicógeno en el rendimiento en un grupo de ciclistas que fueron ejercitados hasta el agotamiento. Los niveles de glicógeno muscular alcanzados luego de tres días de una de tres dietas distintas: rica en grasas y proteínas (o pobre en CHO), mixta, y dieta rica en carbohidratos: fueron de 6.3, 17.5, y 33.1 g/kg de músculo vasto lateral, respectivamente.

Estos mayores depósitos de glicógeno muscular tuvieron un impacto significativo en el tiempo que mantuvieron un ejercicio submáximo antes de agotarse, de manera que los individuos con mayores niveles de glicógeno muscular duraban más tiempo, generando una relación lineal.

## ¿Cómo aumentar los depósitos de glicógeno muscular?

Como mencionamos previamente, una dieta rica en CHO aumenta los depósitos de glicógeno muscular y como consecuencia, el rendimiento deportivo. Se han utilizado diversas técnicas para cargar los músculos de glicógeno, conocidas como sobrecarga de CHO.

El primer esquema de sobrecarga de CHO utilizado consistía en una dieta rica en CHO durante tres días, evitando realizar ejercicios intensos en este período. Con este esquema se conseguía aumentar los depósitos de glicógeno en el músculo de aproximadamente 15 a 25 g/kg. de músculo. Este procedimiento se utilizó por varias décadas (8).

Posteriormente, se observó que la sobrecarga de CHO era más efectiva en aumentar los depósitos de glicógeno muscular si eran precedidas por una depleción de éste. Para depletar los depósitos de glicógeno se han utilizado dos métodos: el ejercicio y la dieta pobre en CHO (6).

Un método es utilizar un ejercicio intenso de larga duración a nivel de los músculos específicos que se desean cargar. Esta depleción de CHO debe ir

seguida por algunos días (3 a 4) de una dieta rica en CHO (mayor al 60% de CHO). No debe realizarse ejercicio agotador en esta fase. Este método permite duplicar las reservas de glicógeno muscular (este método es conocido con el nombre de supercompensación).

Otros métodos asocian ejercicio con dieta pobre en CHO en la fase de depleción de CHO.

En el procedimiento clásico se ha utilizado el ejercicio seguido por una dieta pobre en CHO para depletar de glicógeno muscular, en un esquema de dos etapas:

### **ETAPA A:** Depleción de CHO.

- Día 1: Por medio de un ejercicio intenso, casi extenuante y prolongado (60 a 90 minutos de duración) que utilice los músculos específicos que desean cargarse.
- Día 2 al 4: Durante estos tres días, el deportista sigue una dieta muy pobre en CHO (rica en grasas y proteínas).

### **ETAPA B:** Sobrecarga de CHO:

- Día 5 al 7: Se aporta una dieta rica en CHO por estos tres días (manteniendo cantidades adecuadas de proteínas, vitaminas, minerales y abundante agua).

Día de la competencia: seguir con dieta pobre en CHO, especialmente en la comida precompetencia.

Durante el período de dieta pobre en CHO se pueden realizar ejercicios preferentemente de moderada intensidad, pero no durante la dieta rica en CHO, donde sólo deben realizarse ejercicios de baja intensidad.

Con esta técnica se logra triplicar los depósitos de glicógeno muscular.

Pero este procedimiento puede no ser absolutamente inocuo, ya que una intensa sobrecarga de CHO, intercalada con períodos de ingesta elevada de lípidos y proteínas, puede llevar a aumentos en el colesterol y el

nitrógeno ureico, lo que podría acarrear problemas en individuos con diabetes mellitus, nefropatía o cardiopatía. Por ésto, siempre que se utiliza este procedimiento debe utilizarse con prudencia. No debe utilizarse más de 2 a 3 veces en una temporada, en competencias muy especiales y no sobre la base de competencias semanales.

Por estos motivos es que se ha adoptado un esquema modificado de sobrecarga de CHO, donde no se utiliza una dieta pobre de CHO. Este procedimiento dura seis días y no utiliza un ejercicio inicial extenuante (9).

El primer día el deportista se entrena a alta intensidad durante 90 minutos y debe reducir la duración del ejercicio en los días sucesivos (40 minutos los días 2 y 3, 20 minutos los días 4 y 5 y reposo el día 6).

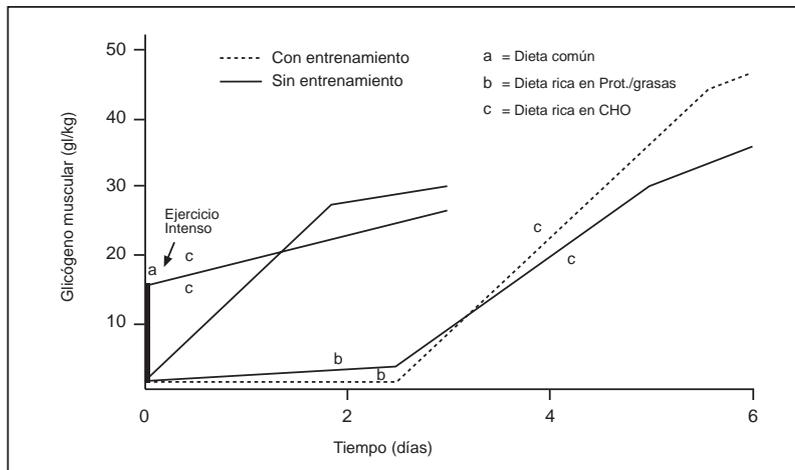
La dieta es una dieta mixta (50% del CHO) los primeros tres días y luego es rica en CHO (75% de CHO) por los siguientes tres días.

Este esquema permite aumentar los depósitos de glicógeno a niveles muy similares a los alcanzados por el procedimiento clásico.

Hay que insistir en que el uso de los procedimientos de sobrecarga de CHO no es una panacea. Debe utilizarse sólo en eventos caracterizados por ejercicios de alta intensidad y de más de una hora de duración. Para eventos de más corta duración, bastaría con una dieta mixta con cerca de 60% de CHO. La Figura N° 5 muestra las distintas técnicas utilizadas para producir depleción y sobrecarga de CHO. Figura N° 6 compara los procedimientos clásicos y modificado en la sobrecarga de CHO.

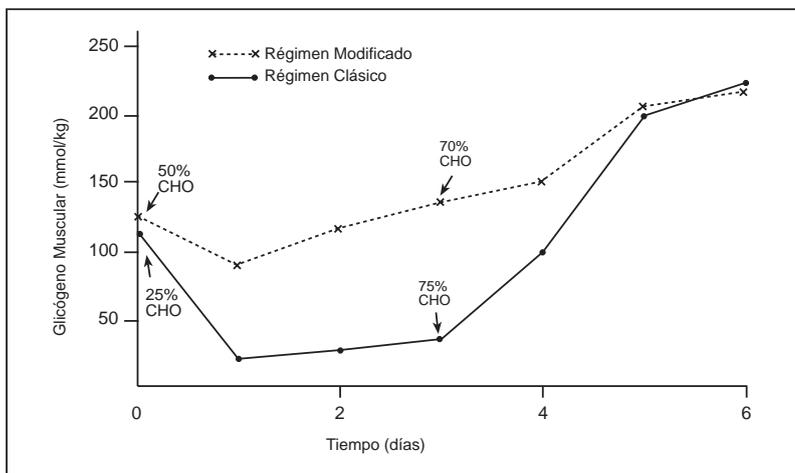
Un aumento de los depósitos de glicógeno implica un aumento de las reservas musculares de agua, lo que a veces lleva a una sensación de pesadez y/o rigidez. Así, un aumento del glicógeno muscular al doble (15 a 30 g/kg de músculo), en una masa muscular de aproximadamente de 15 kg., lleva a un aumento del glicógeno muscular de 225 gramos lo que se asocia a una retención de aproximadamente 550 ml. de agua, es decir, un aumento de 775 gramos de peso.

Figura N° 5  
Técnicas de Depleción y Sobrecarga de CHO



7

Figura N° 6  
Esquema modificado en sobrecarga de CHO v/s Clásico



## Aporte de CHO durante el ejercicio

Además de los depósitos de glicógeno, el aporte de CHO exógenos podría servir de combustible suplementario durante ejercicios prolongados, en el momento que las reservas de glicógeno se empiezan a terminar.

Coyle y cols. (4 y 10) han demostrado que la suplementación de CHO durante el ejercicio submáximo prolongado, retardó significativamente la aparición de fatiga y esto se produjo sin modificar la disminución del glicógeno muscular. El mecanismo subyacente a esto fue la mantención de la glucosa sanguínea en niveles que permitirían mantener un aporte energético adecuado a los músculos que están trabajando (a pesar del agotamiento de las reservas de glicógeno). En otro estudio del mismo grupo (11) demostraron que el aporte de glucosa, aún, muy avanzado el ejercicio, pero antes que aparezca la fatiga puede ser útil en mantener la oxidación de carbohidratos y niveles adecuados de glucosa sanguínea. Así, cuando el glicógeno muscular empieza agotarse, la glucosa ingerida puede remplazarlo como fuente energética.

## Guía práctica para la ingestión de Carbohidratos

La ingesta de carbohidratos tiene los siguientes objetivos: aumentar los depósitos de glicógeno muscular previo a un ejercicio prolongado, ahorrar glicógeno muscular durante el evento deportivo, y mantener niveles adecuados los carbohidratos circulantes (para más detalles ver referencia 12).

- a) **Aumento de los depósitos de glicógeno muscular.**- Esto se logra a través de una dieta rica en carbohidratos algunos días previos (3-5 días) a la competencia y con una comida precompetitiva rica en carbohidratos (200-300 g) entre 3-4 hrs previo al comienzo del evento.
- b) **Ahorrar glicógeno muscular durante el ejercicio.**- Es controvertido si es posible ahorrar glicógeno muscular con aportes externos de CHO. Existe alguna evidencia que la ingesta de fructuosa (50g) 30-60' antes del inicio del ejercicio pudiera ser útil.
- c) **Mantener niveles adecuados de CHO circulantes.**- La ingesta de CHO (25-50g) justo antes del comienzo del ejercicio y el aporte de CHO (25-50g cada 10-15') durante el evento permite mantener los niveles de CHO circulantes y así el aporte de energía por oxidación de CHO.

En resumen, los CHO son una fuente energética muy importante en los ejercicios de mediana y larga duración. Existe una relación muy significativa entre los depósitos de glicógeno muscular y el rendimiento en los eventos. Los depósitos de glicógeno muscular pueden optimizarse mediante una sobrecarga en días previos a la competencia, existiendo varios esquemas de sobrecarga. El aporte de CHO durante el ejercicio puede retardar la fatiga a pesar de no afectar la depleción del glicógeno muscular, al mantener niveles adecuados de CHO circulantes.

## Referencias

- 1.- Hawleys JA, Hopkins WG. "Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems". *Sports Med.* 1995; 19: 240-50.
- 2.- Brooks GA., Mercier J. "The balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise. The crossover concept". *J. Appl Physiol* 1994; 76: 2253-61.
- 3.- Ahlborg G., Felig P., Hagenfeldt L. y cols. "Splanchnic and leg metabolism of glucose, free fatty acids and aminoacids". *J. Clin Invest* 1974; 53: 1086.
- 4.- Coyle EF., Coggan AR, Hemment AR, Ivy JL. "Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate" *J. Apply Physiol* 1986; 61: 165-72.
- 5.- Romijn JA., Coyle EF., Sidossis LS., y cols. "Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration". *Am J Physiol* 1993; 265: E 380-91.
- 6.- Karlsson J., Saltin B. "Diet, muscle glycogen and endurance performance". *J Appl Physiol* 1971; 31: 203-6.
- 7.- Bergstrom J., Hermansen L., Hultman E., Saltin B. "Diet, muscle glycogen and physical performance". *Acta Physiol Scand* 1967; 71: 140-150.
- 8.- Astrand PO. "Diet and athletic performance". *Fed Proc* 1967; 26: 1772-7.
- 9.- Sherman WM., Costill DL., Fink WJ, Miller JM. "Effect of exercise diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during running performance". *Int J Sports Med.* 1981; 2: 114-8.
- 10.- Coyle EF., Hagberg JM., Hwerley BF., y cols. "Carbohydrate feedings during prolonged strenuous exercise can delay fatigue". *J Appl Physiol* 1983; 55: 59-65.

- 11.- Coggan AR., Coyle EF. "Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise". *Med. Sci Sports Exercise* 1989; 21: 59-65.
- 12.- Hasson SM., Barnes WS. "Effect of carbohydrate ingestion on exercise of varying intensity and duration. Practical implications". *Sports Med.* 1989; 8: 327-34.
- 13.- Gollnick PD. "Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibers after exercise of varying intensity and at varying pedaling rates". *J. Physiol* 1974; 241: 45-52.

