

Morfofisiología III  
Tema 3: Metabolismo  
Clase Taller # 1

Título: Metabolismo de glúcidos

Sumario

- 1.-Digestión y absorción de los glúcidos.
- 2.-Vías metabólicas de los glúcidos
- 3.-Regulación coordinada del metabolismo de los glúcidos

Objetivos

1. - Identificar los metabolitos de encrucijada y explicar su importancia.
2. Explicar las transformaciones químicas de los glúcidos de la dieta en el tubo digestivo.
3. Identificar a la glucosa-6-P como metabolito de encrucijada y describir las fuentes de procedencia y las vías que puede tomar.
4. Interpretar el balance energético de la glicolisis y la gluconeogénesis
5. Explicar la importancia médica y metabólica del ciclo de las pentosas
6. Interpretar la regulación coordinada del metabolismo de los glúcidos

Bibliografía

Bioquímica Médica Tomo I Cap. 10 (154-155); Tomo III Cap. 42 (715-718), 43 (721-742), 44(743-769).

Introducción

El ser humano se alimenta de forma discontinua y en los períodos interalimentarios utiliza la energía almacenada en forma de sustancias de reservas. Los carbohidratos o glúcidos constituyen la reserva energética del organismo de más fácil movilización. El glucógeno es la macromolécula biológica que el organismo utiliza para mantener los niveles de glucosa en sangre, lo cual es particularmente importante para el cerebro ya que éste depende esencialmente de la glucosa para satisfacer sus requerimientos energéticos. En los últimos años, se ha incrementado a nivel mundial el

consumo de glúcidos. Este consumo desmedido ha conducido a la ocurrencia de diversas enfermedades metabólicas. Para todo profesional de la salud se hace necesario el estudio del metabolismo de los glúcidos y es particularmente importante para el estomatólogo para poder comprender por qué la caries dental constituye la enfermedad más difundida a nivel mundial y para conocer la razón del aumento de la ocurrencia de la diabetes mellitus en el mundo y en la población cubana.

## Preguntas

1.-Seleccione la respuesta correcta para cada enunciado:

- a) Son productos de la digestión total del almidón:  
 ----dextrina límite    -----maltosa    -----maltotriosa    ---- glucosa
- b) La alfa amilasa salival tiene un pH óptimo de alrededor de:  
 ----4    -----10    -----8    -----7
- c) La alfa amilasa pancreática ejerce su función en:  
 ----estómago    -----intestino    -----páncreas    -----bazo
- d) En las microvellosidades intestinales se localizan:  
 ----las alfa amilasas    -----las disacaridasas    -----lipasas
- e) Los productos de la digestión del almidón son:  
 ----- moléculas de glucosa y galactosa    -----moléculas de glucosa  
 ----moléculas de fructosa
- f) La degradación de la lactosa se lleva a cabo en:  
 ----estómago    -----intestino    -----páncreas    -----boca

## Respuesta

Son productos de la digestión total del almidón:  
 ----dextrina límite    ---X---maltosa    -----maltotriosa    --X-- glucosa

La alfa amilasa salival tiene un pH óptimo de alrededor de:  
 ----4    -----10    -----8    ---X---7

La alfa amilasa pancreática ejerce su función en:  
 ----estómago    --X---intestino    -----páncreas    -----bazo

En las microvellosidades intestinales se localizan:

-----las alfa amilasas ---X---las disacaridasas -----lipasas

Los productos de la digestión del almidón son:

----- moléculas de glucosa y galactosa ---X---moléculas de glucosa

----moléculas de fructosa

La degradación de la lactosa se lleva a cabo en:

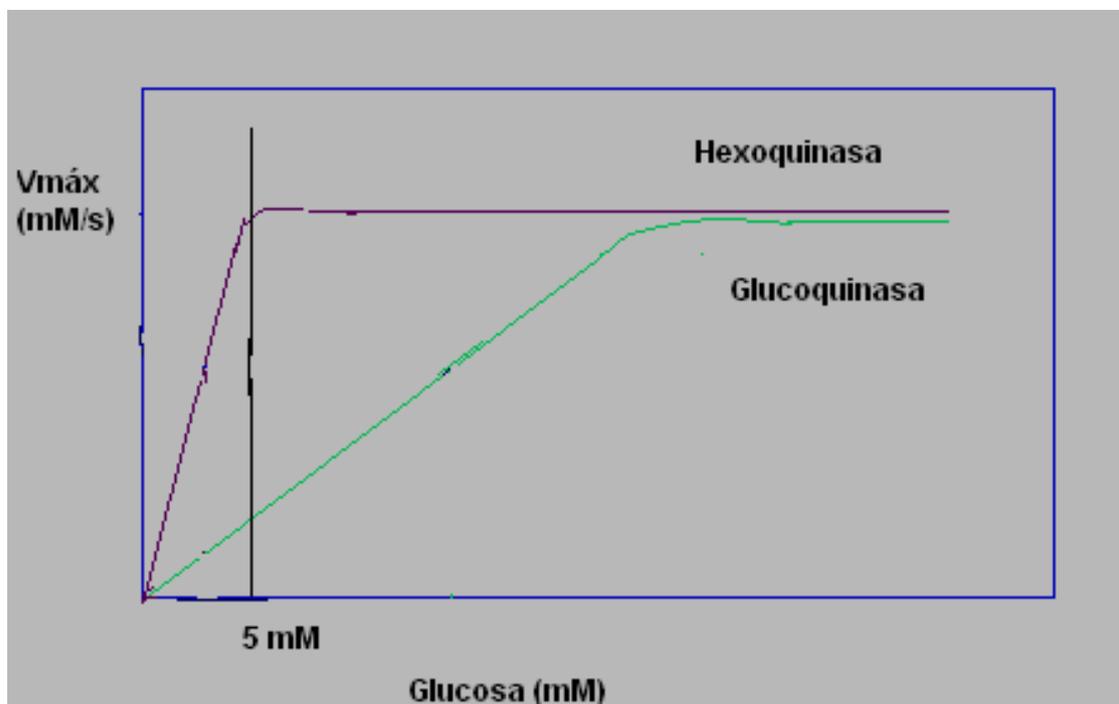
-----estómago --X--intestino -----páncreas -----boca

2.-La concentración normal de glucosa en la sangre humana es alrededor de 5 mM. La concentración de glucosa libre en el interior de las células musculares es mucho menor. Escoja de las siguientes afirmaciones cuál pudiera ser la explicación a este fenómeno y justifique su selección.

- a) ---- La entrada de glucosa a las células musculares no está favorecida
- b) ----No hay degradación de glucógeno a nivel muscular
- c) -- --- La glucosa cuando entra a las células musculares es sustrato de la enzima hexoquinasa y se transforma a glucosa 6 P.
- d) ---La glucosa se degrada inmediatamente que entra a la célula muscular.

Respuesta--- La glucosa cuando entra a las células musculares es sustrato de la enzima hexoquinasa y se transforma a glucosa 6 P.

3.-Basándose en el siguiente gráfico, explique por qué se plantea que la glucoquinasa contribuye al mantenimiento de la glicemia cuando ésta se encuentra elevada después de la ingestión de alimentos.



Respuesta: Porque a los niveles de glicemia normal la hexoquinasa se encuentra saturada y la glucoquinasa todavía no se ha saturado.

4.-Una de las siguientes afirmaciones sobre el glucógeno es incorrecta. Justifique su selección.

- a) -----Se almacena en músculo e hígado
- b) ---- ----Se almacena en el citosol en forma anhidra
- c) -----Presenta ramificaciones debido a enlaces  $\alpha$  1,6 O-glicosídico
- d) -----Se almacena en forma de gránulos densos asociados a numerosas enzimas

Respuesta

Se almacena en el citosol en forma anhidra (No se puede almacenar en forma anhidra ya que presenta numerosos grupos OH que serán los responsables de formar numerosos puentes de hidrógeno con las moléculas de agua)

5.- En el metabolismo del glucógeno como en todo proceso metabólico participan determinadas enzimas. Coloque el número correspondiente a cada enunciado sobre el metabolismo del glucógeno.

1. Glucógeno fosforilasa
2. Glucógeno sintasa
3. Enzima ramificante
4. Enzima desramificante

---- Libera glucosa 1P.

----Rompe los enlaces  $\alpha$  1,4.

----Libera glucosa.

----Transfiere tres residuos de glucosa de una cadena a la otra.

- Cataliza la formación de la mayoría de los enlaces  $\alpha$  1,4.
- Cataliza la formación del enlace  $\alpha$  1,6.
- Requiere de fosfato inorgánico para su acción.
- Uno de sus centros activos hidroliza los enlaces  $\alpha$  1,6.
- Es una enzima bifuncional.
- Emplea como sustrato a la UDP glucosa

Respuesta

- 1-- Libera glucosa 1P.
- 1--Rompe los enlaces  $\alpha$  1,4.
- 4--Libera glucosa.
- 4--Transfiere tres residuos de glucosa de una cadena a la otra.
- 2--Cataliza la formación de la mayoría de los enlaces  $\alpha$  1,4.
- 3--Cataliza la formación del enlace  $\alpha$  1,6.
- 1---Requiere de fosfato inorgánico para su acción.
- 4---Uno de sus centros activos hidroliza los enlaces  $\alpha$  1,6.
- 4---Es una enzima bifuncional.
- 2--Emplea como sustrato a la UDP glucosa

6.- Diga verdadero o falso.

- a) ---- La glucógeno sintasa es activa cuando está desfosforilada
- b) --- La glucógeno sintasa es activa cuando está fosforilada
- c) ----La glucógeno fosforilasa es activa cuando está fosforilada
- d) ---La glucógeno fosforilasa es activa cuando está desfosforilada
- e) ---El glucógeno es un homopolisacárido de reserva que se almacena en la mitocondria
- f) ---La síntesis y la degradación del glucógeno involucran a la glucosa 1 P

g) ---La cascada que conduce a la fosforilación de la glucógeno fosforilasa se desencadena cuando en la célula aumentan los niveles de AMPc

h) --- La hexoquinasa tiene especificidad de sustrato relativa.

i) --- La hexoquinasa cataliza la conversión de glucosa 6P a fructosa 6P

Respuesta

a)--V-- La glucógeno sintasa es activa cuando está desfosforilada

b) -F-- La glucógeno sintasa es activa cuando está fosforilada

c) --V--La glucógeno fosforilasa es activa cuando está fosforilada

d) -F--La glucógeno fosforilasa es activa cuando está desfosforilada

e) --F--El glucógeno es un homopolisacárido de reserva que se almacena en la mitocondria

f) -V--La síntesis y la degradación del glucógeno involucran a la glucosa 1 P

g) -V--La cascada que conduce a la fosforilación de la glucógeno fosforilasa se desencadena cuando en la célula aumentan los niveles de AMPc

h) -V-- La hexoquinasa tiene especificidad de sustrato relativa.

i) -F-- La hexoquinasa cataliza la conversión de glucosa 6P a fructosa 6P

7.- Relacione las siguientes columnas

A	B
----- Es uno de los precursores de la gluconeogénesis	1. Glucosa 1 P
----- Vincula el metabolismo de los glúcidos con el metabolismo de los lípidos	2. Glucosa 6 P
---- Producto de la glicolisis en el eritrocito	3. Fructosa 6 P
----Se produce en el hígado por acción de la glucoquinasa (hexoquinasa IV)	4. Fructosa 1.6 bis P
----Se acumula en hígado de pacientes con galactosemia clásica al inhibirse la fosfoglucomutasa	5. Ácido láctico
----Enzima reguladora del ciclo de las pentosas	6. Fosfato de dihidroxiacetona
----Se activa cuando aumenta el Acetil CoA, lo que favorece a la gluconeogénesis.	7. Galactosa
----Isoforma presente en hígado con elevada Km e inducible por insulina.	8. UDP galactosa
----Participa en la degradación de la glucosa en cerebro pero no en el eritrocito	9. Ácido pirúvico
	10. Glucógeno sintasa
	11. Hexoquinasa IV
	12. Glucosa 6 fosfatasa
	13. Glucosa 6 P deshidrogenasa
	14. Piruvato deshidrogenasa
	15. Aldolasa
	16. Piruvato quinasa

Respuesta

---5-- Es uno de los precursores de la gluconeogénesis

--6--- Vincula el metabolismo de los glúcidos con el metabolismo de los lípidos

--6-- Producto de la glicolisis en el eritrocito

--2--Se produce en el hígado por acción de la glucoquinasa (hexoquinasa IV)

--1--Se acumula en hígado de pacientes con galactosemia clásica al inhibirse la fosfoglucomutasa

-13---Enzima reguladora del ciclo de las pentosas

--11--Isoforma presente en hígado con elevada Km e inducible por insulina.

--14--Participa en la degradación de la glucosa en cerebro pero no en el eritrocito

8.-Escoja la respuesta más adecuada a cada situación:

a) El proceso de la glucogénesis hepática debe cambiar de intensidad según la situación del organismo, por lo cual debe ser más intensa:

-----En estado de ayunas

-----En estados de hipoglicemia.

----- En estado de hiperglicemia

b) La glucógenolisis hepática puede participar en el control de la glicemia pues este órgano tiene la enzima:

----Glucógeno fosforilasa.

----Enzima desramificante.

----Glucosa-6-fosfatasa.

-----Fosfogluco mutasa

c) La glucogenolisis desde el punto de vista energético es :

----Es un proceso endergónico que consume energía metabólica.

----No existen diferencias energéticas entre el sustrato y los productos.

----El proceso en su conjunto tiene carácter exergónico.

----Hay reacciones exergónicas y endergónicas pero el balance total es endergónico.

d) En la diabetes mellitus existe una baja actividad de la insulina que puede deberse a muchas causas. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones se corresponde con el estado del metabolismo del glucógeno en los pacientes diabéticos?

----Glucogénesis elevada y glucógenolisis elevada.

----Glucogénesis disminuida y glucógenolisis elevada.

----Glucogénesis elevada y glucógenolisis disminuida.

----Glucogénesis disminuida y glucógenolisis disminuida.

e) Un médico que ha llegado de África donde cumplía misión internacionalista es recibido por su familia con un gran banquete. Después de la comida se sienta a conversar. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones se corresponde con el estado del metabolismo del glucógeno en este hombre mientras está conversando?

----Glucogénesis elevada y glucógenolisis elevada.

----Glucogénesis disminuida y glucógenolisis elevada.

----Glucogénesis elevada y glucógenolisis disminuida.

----Glucogénesis disminuida y glucógenolisis disminuida.

f) Habitualmente ingerimos la última comida del día entre las seis y las ocho de la noche y nos levantamos entre las seis y las siete de la mañana. Si medimos la glicemia en el momento de levantarnos, comprobaremos que tiene un nivel normal. ¿Cuál de los siguientes enunciados explica mejor la causa de este fenómeno?

----Como después de comer no hacemos ejercicios y poco rato después de comer nos vamos a dormir, casi no consumimos energía.

----Después de la comida se produce una hiperglicemia, que como estamos en reposo dura muchas horas en normalizarse.

----La salida de glucosa de la sangre para los tejidos es compensada por la glucógenolisis hepática estimulada por el glucagón.

----Como después de comer no hacemos esfuerzos físicos intensos y al poco rato nos vamos a dormir, la digestión de los alimentos es muy lenta y eso mantiene los niveles de la glicemia.

g) El metabolismo del glucógeno está sujeto a control hormonal especialmente por el glucagón y la insulina. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones refleja mejor el efecto de estas hormonas sobre el metabolismo del glucógeno?

----La insulina incrementa la capacidad del hígado de sintetizar glucógeno.

----El glucagón estimula la glucógenolisis en el tejido muscular.

----La insulina actúa incrementando los niveles intracelulares de AMPc.

----El principal mediador de la acción de la insulina es la Proteína Kinasa A.

h) ¿Cuál de las siguientes razones explicaría mejor por qué la glucólisis se convirtió durante la evolución en la principal vía metabólica de los organismos vivos?

----Requiere un número reducido de enzimas.

----La glucosa es la biomolécula más abundante de la naturaleza.

----Produce mayor cantidad de energía que cualquier otra biomolécula.

----La glucosa es una biomolécula fácil de metabolizar.

i) Si tenemos en cuenta que los eritrocitos carecen de mitocondrias, ¿cuál será el balance energético de la glucólisis en esas células?

---32 ATP. -----10 ATP -----8 ATP ----2 ATP

Respuestas

a) En estado de hiperglicemia

b) Glucosa-6-fosfatasa.

c) El proceso en su conjunto tiene carácter exergónico.

d) Glucogénesis disminuida y glucógenolisis elevada.

e) Glucogénesis elevada y glucogenolisis disminuida.

f) La salida de glucosa de la sangre para los tejidos es compensada por la glucógenolisis hepática estimulada por el glucagón.

g) La insulina incrementa la capacidad del hígado de sintetizar glucógeno.

h) La glucosa es la biomolécula más abundante de la naturaleza.

i) 2 ATP

9.- Diga si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Justifique las falsas.

a) ----- Cuando las concentraciones de ATP son elevadas se produce un aumento en la intensidad de las reacciones de la glucólisis.

b) -----Cuando las concentraciones de ADP son elevadas se produce un aumento en la intensidad de las reacciones de la glucólisis.

- c) ----- La degradación de la glucosa hasta ácido láctico produce 32 ATP
- d) ----- La degradación de la glucosa hasta ácido láctico produce 2 ATP
- e) ----- La degradación de la glucosa hasta ácido láctico produce 9 ATP.
- f) ----- La degradación total de la glucosa produce una energía metabólicamente útil equivalente a 12 ATP
- g) ---- La degradación total de la glucosa produce una energía

### Respuestas

a) F

b) V

c) F

d) V

e) F

f) F

g) V

10.- De los siguientes enunciados seleccione los que se corresponden con el ciclo de las pentosas.

-----Se obtiene energía metabólicamente útil en forma de ATP.

-----Es una vía para el metabolismo de los monosacáridos.

-----Se obtiene Ribosa-5-P para la síntesis de nucleótidos.

----- Se obtiene equivalentes de reducción en forma de NADPH.

-----Ocurre en eritrocitos, glándulas mamarias, hígado.

-----Ocurre principalmente en el cerebro.

Respuesta

- Se obtiene Ribosa-5-P para la síntesis de nucleótidos.

Se obtiene equivalentes de reducción en forma de NADPH.

--X---Ocurre en eritrocitos, glándulas mamarias, hígado.

11.- Una de las enfermedades del metabolismo de los glúcidos es la galactosemia. ¿Cuál de las siguientes medidas usted recomendaría para el tratamiento de la galactosemia en un recién nacido?

-----Emplear solamente la lactancia materna.

-----Combinar la lactancia materna con alimentos específicos para la edad.

----Suprimir la leche y sus derivados de la dieta.

-----Sustituir la leche por yogurt.

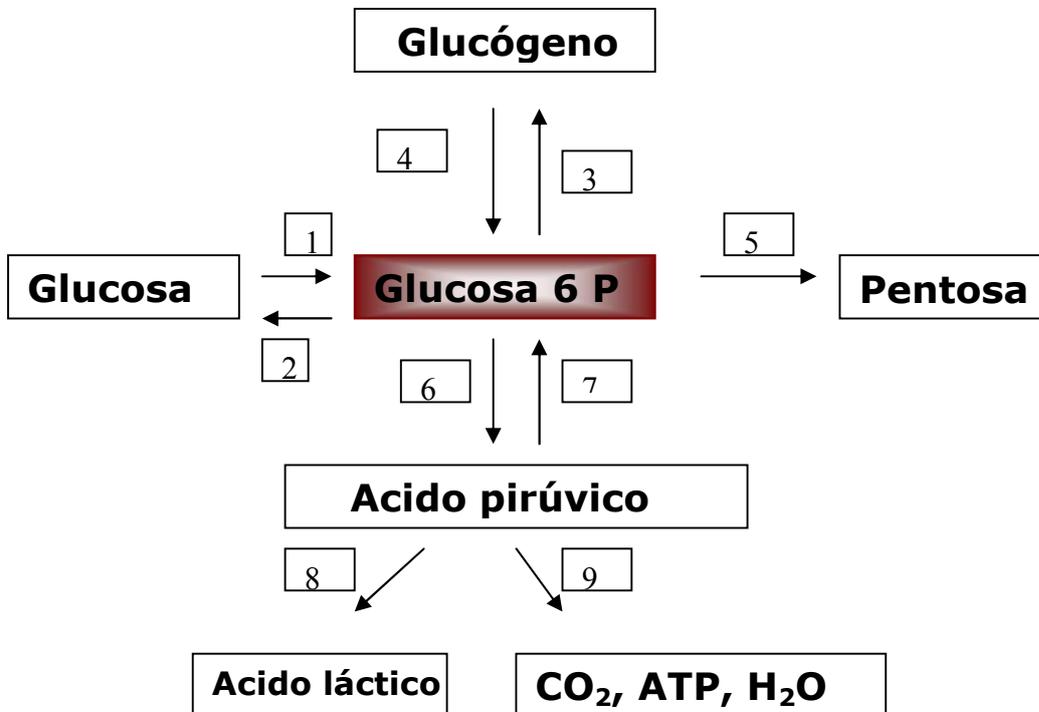


Cataratas en niños producto de la galactosemia

Respuesta

Suprimir la leche y sus derivados de la dieta.

12. A continuación se muestra un esquema que resume los principales procesos metabólicos involucrados en la transformación de los glúcidos.



Relacione a continuación cada uno de los números que aparecen y que designan a un proceso metabólico determinado con las características del mismo.

- Se produce NADPH, que se utiliza en la síntesis de lípidos
- Está afectada en pacientes con déficit de glucosa 6 P deshidrogenasa
- No ocurre en el músculo, por lo que el glucógeno muscular no contribuye al mantenimiento de la glicemia.
- Requiere de la acción concertada de la glucógeno sintasa y de la enzima ramificante
- Proceso favorecido por el glucagón al propiciar el paso a la forma fosfatada de su principal enzima reguladora.
- Su principal enzima reguladora es la fosfofructoquinasa
- Ocurre a partir de compuestos no glucídicos.
- Vía que ocurre en condiciones anaeróbicas
- Involucra al Ciclo de Krebs.

### Respuesta

- 5--Se produce NADPH, que se utiliza en la síntesis de lípidos
- 5--- Está afectada en pacientes con déficit de glucosa 6 P deshidrogenasa
- 2--No ocurre en el músculo, por lo que el glucógeno muscular no contribuye al mantenimiento de la glicemia.
- 3-- Requiere de la acción concertada de la glucógeno sintasa y de la enzima ramificante
- 4--Proceso favorecido por el glucagón al propiciar el paso a la forma fosfatada de su principal enzima reguladora.
- 6--Su principal enzima reguladora es la fosfofructoquinasa
- 7-- Ocurre a partir de compuestos no glucídicos.
- 8--Vía que ocurre en condiciones anaeróbicas
- 9--Involucra al Ciclo de Krebs.

13.- A continuación se muestra el resumen de un caso clínico.

Un paciente llega al hospital con vómitos y diarreas después de la ingestión de leche. Dado esta sintomatología se le realizó una prueba de tolerancia a la lactosa (Para ello el paciente ingiere una cantidad estándar de lactosa y se determinan la concentración de glucosa y de galactosa en la sangre a diferentes intervalos. En los individuos normales los niveles aumentan hasta el máximo en aproximadamente 1 h después de la ingestión y luego disminuyen). En este paciente, los niveles de glucosa y de galactosa no aumentaron sino que permanecieron constantes.

De acuerdo a sus estudios, seleccione la enzima que se encuentra en déficit y el tratamiento que usted le pondría.

### Enzimas

- Fosfofructoquinasa 1
- Fosfomanosa isomerasa
- Galactosa 1 P uridiltransferasa

---Glucógeno fosforilasa muscular

---Triosa quinasa

---Lactasa en mucosa intestinal

---Maltasa en mucosa intestinal

#### Tratamiento

---Correr 5 km cada día

---Dieta libre de grasa

---Dieta baja en lactosa

---Eliminar ejercicios físicos intensos

---Grandes dosis de niacina

---Comidas frecuentes y regulares.

#### Respuesta

Lactasa en mucosa intestinal

#### Tratamiento

Dieta baja en lactosa