

## TEMA 10

### I. ABSORCIÓN

1. Concepto
2. Área
3. Movimiento de sustancias de la luz intestinal al intersticio y viceversa
  - 3.1 Transporte Pasivo
  - 3.2 Transporte Activo
    - 3.2.1 Primario
    - 3.2.2 Secundario: cotransporte y contratransporte

### II. ABSORCIÓN DE CARBOHIDRATOS

1. Glucosa
  - 1.1 Cotransporte sodio-glucosa.  
Transportadores de hexosas  
Secuencia de pasos transporte con SGLUT1
  - 1.2 Arrastre por solvente
2. Otros monosacáridos
  - 2.1 Galactosa
  - 2.2 Fructosa
  - 2.3 Pentosas
3. Tratamiento de la diarrea secretora infecciosa

### III. ABSORCIÓN DE PROTEÍNAS

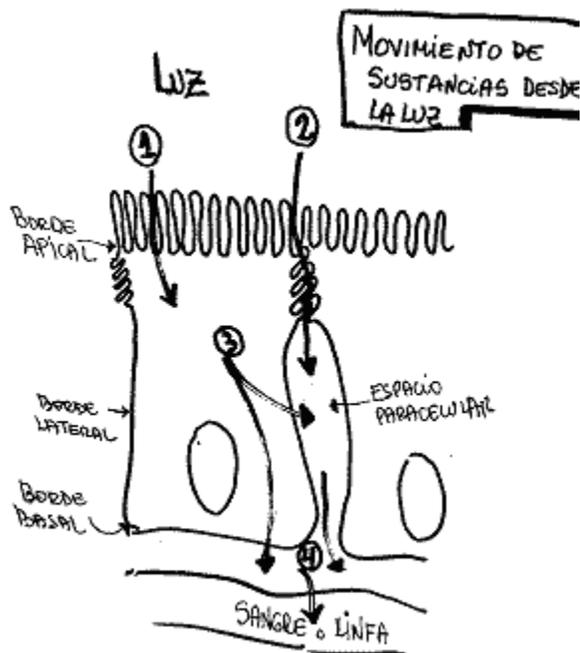
1. Cotransporte sodio-aminoácidos
2. Transporte de tripéptidos y dipéptidos
3. Absorción de proteínas no digeridas
4. Alteraciones de la absorción de proteínas
  - 4.1 Alergia
  - 4.2 Alteraciones congénitas

### IV. ABSORCIÓN DE GRASAS

1. Absorción de TG, MG, ácidos grasos de cadena larga, fosfolípidos
  - 1.1 Emulsificación
  - 1.2 Hidrólisis
  - 1.3 Formación de micelas, transporte al enterocito
  - 1.4 Resterificación de grasas dentro del enterocito
  - 1.5 Formación de quilomicrones, exocitosis, paso a la linfa.
2. Absorción de colesterol

- 2.1 Transporte en micelas al enterocito, paso a linfa con quilomicrones
3. Absorción de vitaminas liposolubles A, D, E y K
4. Absorción de ácidos grasos de cadena corta, paso a sangre portal.
5. Esteatorrea, concepto y causas

## V. DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DE ÁCIDOS NUCLEÍCOS



**Fig.10. 1 PASO DE IONES DE LA LUZ INTESTINAL AL INTERSTICIO.** El movimiento de sustancias desde la luz intestinal hasta llegar a la sangre o linfa puede ser de distintos tipos. 1. Paso de la luz al interior del enterocito. 2. Paso de la luz al espacio paracelular atravesando uniones estrechas entre enterocitos. 3. Del citoplasma al espacio paracelular basal y/o lateral. 4. Del intersticio a la sangre o linfa. Para estos movimientos las sustancias a ser absorbidas utilizan diferentes mecanismos de transporte: pasivos, activos, arrastre por solvente endocitosis y exocitosis.

## 1. TRANSPORTE PASIVO:

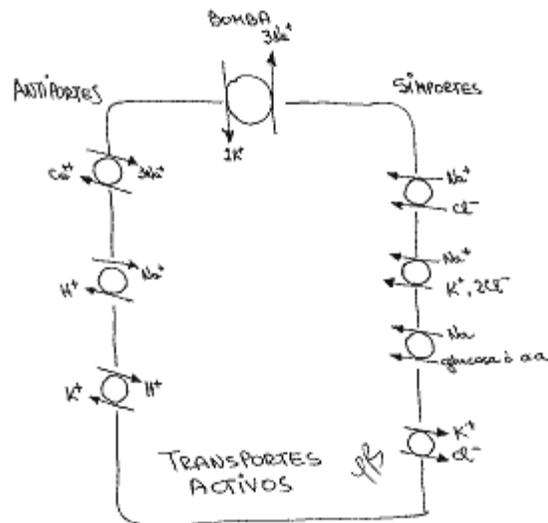
1.1 **Difusión:** la sustancia se mueve siguiendo gradientes no hay gasto de energía y el tiempo depende del área de difusión, la distancia y la naturaleza de la sustancia (coeficiente de difusión).

1.2 **Difusión facilitada:** la sustancia se mueve a favor de su gradiente con la ayuda de una proteína transportadora de la membrana. Este transporte es saturable y específico y puede haber inhibición competitiva.

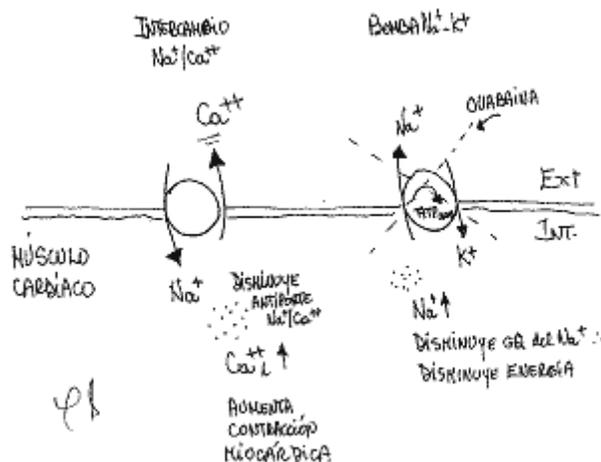
## 2. TRANSPORTE ACTIVO:

2.1 **Primario:** la sustancia se mueve contra gradiente y por tanto se requiere gasto de energía. Ej. Bomba de sodio potasio ATPasa

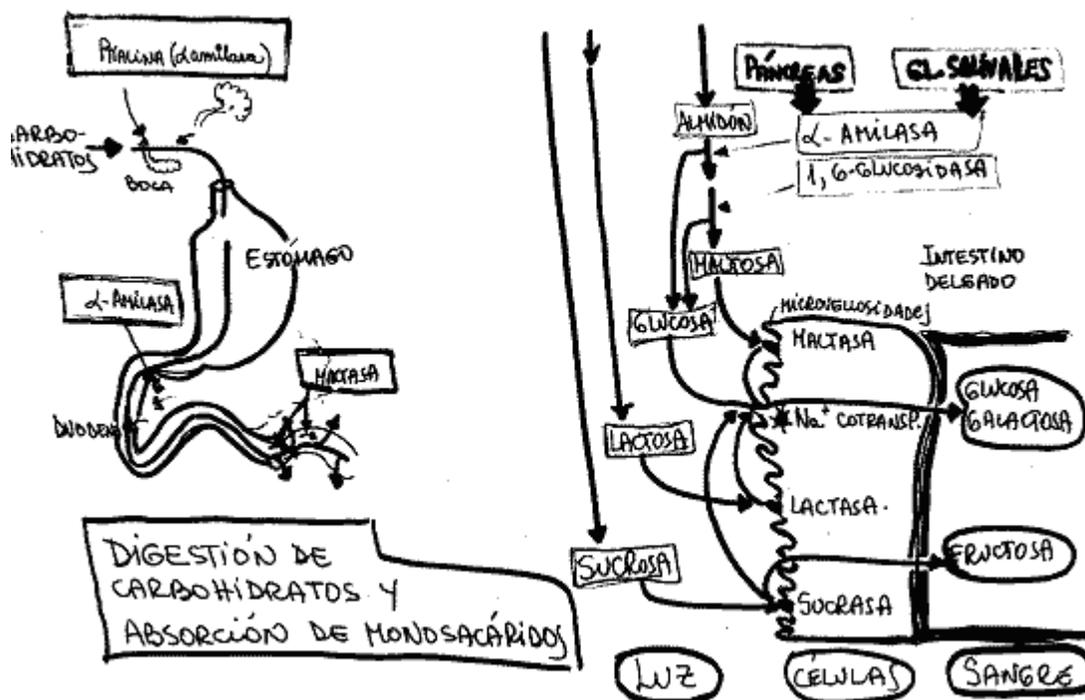
**Secundario:** la sustancia se mueve contra gradiente y su movimiento está acoplado por una proteína transportadora al movimiento de un ion que se mueve pasivamente a favor de su gradiente. La energía está dada por el gradiente del ion que se mueve pasivamente y que es mantenido por una bomba.



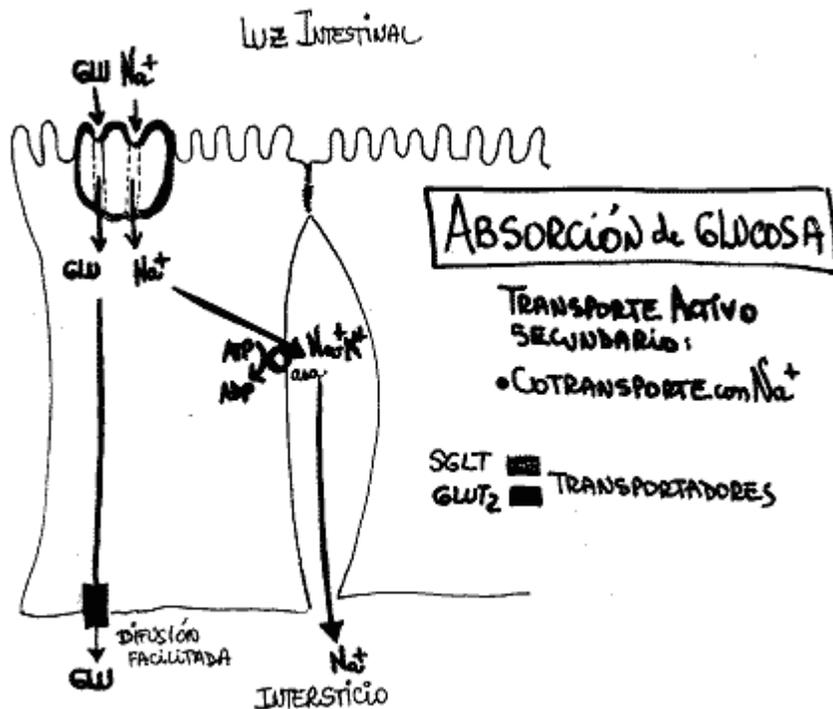
**Fig. 10.2 TIPOS DE TRANSPORTE ACTIVO.** Las bombas como la bomba de sodio-potasio ATPasa son ejemplos de transporte activo primario, son movimientos de iones contragradiante con gasto de energía que es dado por la hidrólisis del ATP por acción de la misma proteína que es una ATPasa. Los transportes activos secundarios son movimientos contra gradiente de iones o sustancias acoplado al movimiento de iones a favor de su gradiente, la energía está dada por este gradiente. Este transporte puede ser en la misma dirección cotransporte o sinporte y en dirección opuesta contratransporte o antiporte. En el diagrama se dan ejemplos de ambos.



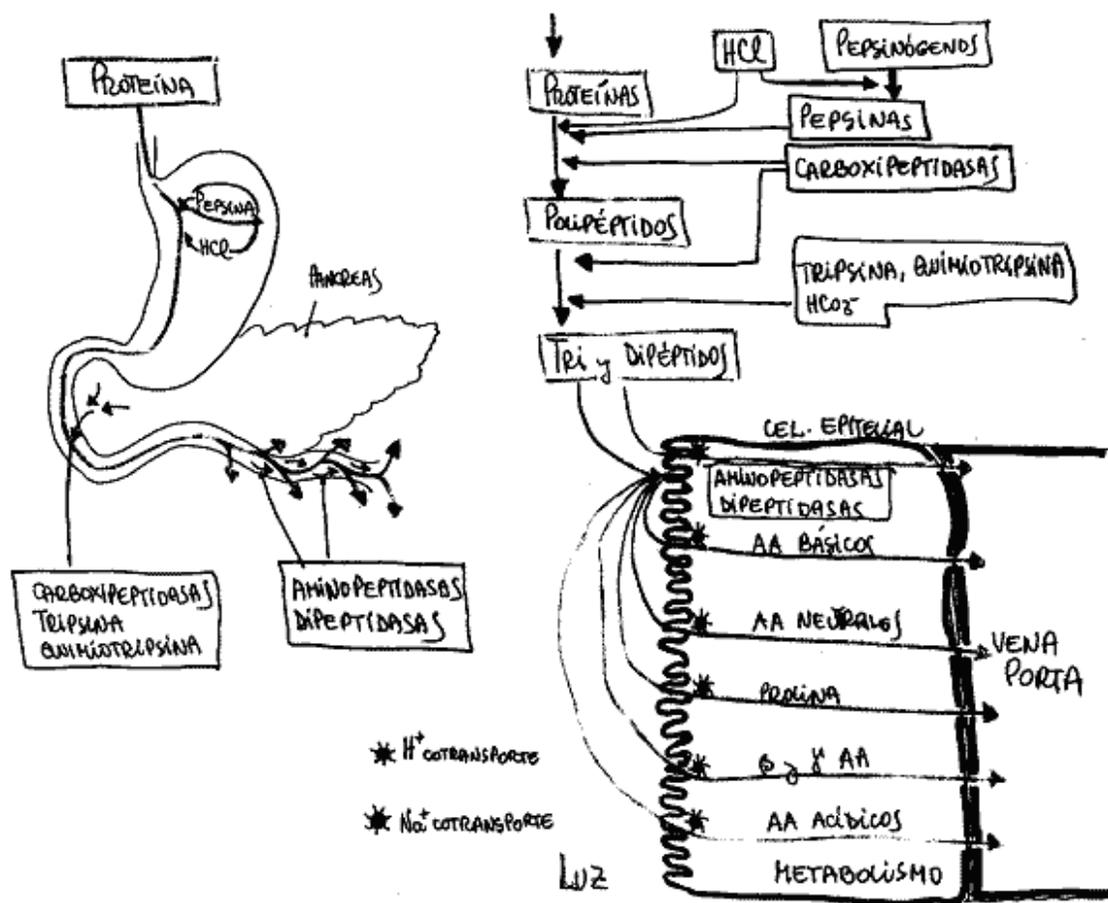
**Fig. 10.3 ANTIPOORTE DE CALCIO EN EL MIOCARDIO.** Es un ejemplo de transporte activo secundario acoplado al sodio. La energía está dada por el gradiente de sodio mantenido por la bomba de sodio-potasio ATPasa. Los digitálicos como la ouabaina que se usan para aumentar la fuerza de la contracción del miocardio en las insuficiencias cardíacas, inhiben la bomba de sodio-potasio y por lo tanto el gradiente a entrar del sodio se reduce pues no saca el sodio y este aumenta en el interior. Al reducirse el gradiente de sodio, disminuye la energía para el transporte activo secundario antiporte de calcio, entra menos sodio y sale menos calcio por tanto aumenta el calcio intracelular y esto hace aumentar la contracción muscular que es el efecto que se quiere con el uso del digital.



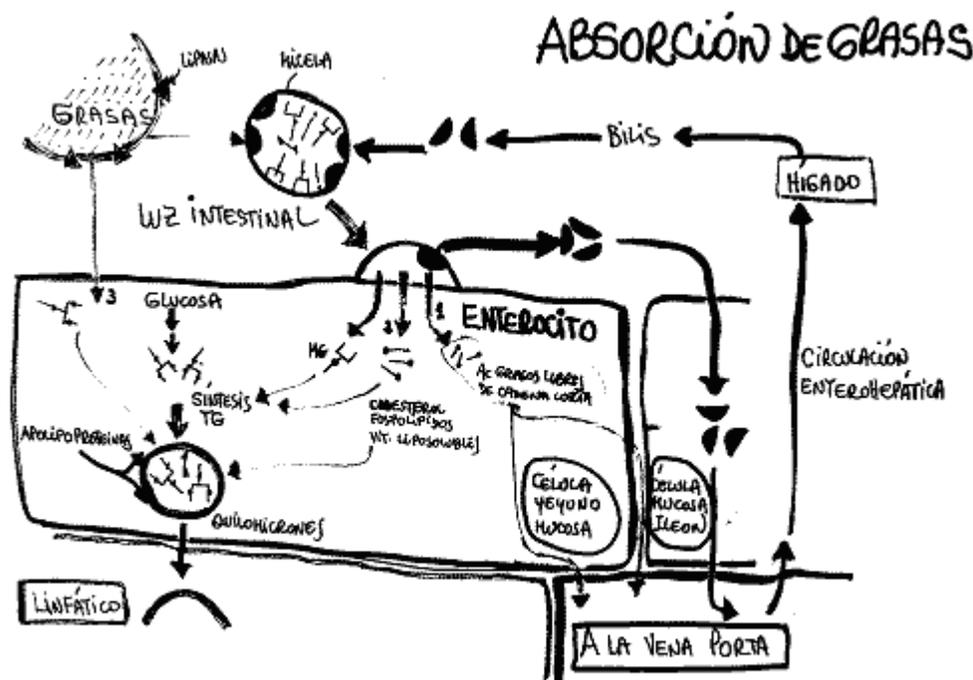
**Fig. 10. 4 ABSORCIÓN DE CARBOHIDRATOS.** Las grandes moléculas de polisacáridos de la dieta son digeridos a pequeñas moléculas, los monosacáridos que van a ser absorbidos a la circulación general vía vena porta. Los monosacáridos son las hexosas glucosa, galactosa que se absorben por cotransporte con sodio y la fructosa que se absorbe por difusión facilitada. Las pentosas son monosacáridos que se absorben por difusión simple.



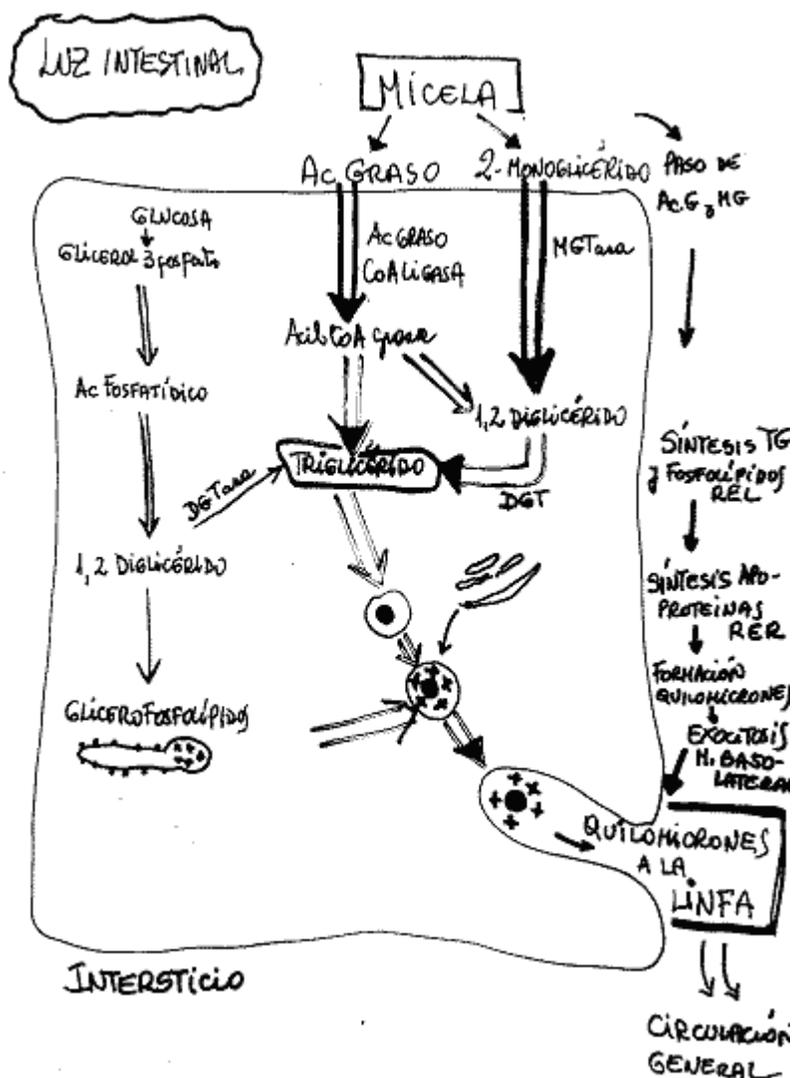
**Fig. 10.5 ABSORCIÓN INTESTINAL DE GLUCOSA.** Esta hexosa se absorbe por transporte activo secundario por cotransporte con sodio gracias a una proteína transportadora de la membrana del enterocito SGLT1, que es el mismo transportador de glucosa en los túbulos contorneados proximales del riñón. Hay sitios para el enlace de sodio y el de glucosa, cuando se pegan al transportador este cambia de forma y trasloca el sodio y glucosa al interior del enterocito. La energía para este transporte la da el gradiente mantenido por la bomba de sodio-potasio que está en el lado lateral. La glucosa también puede pasar al intersticio cuando está en gran cantidad en la luz intestinal, el agua pasa a al luz por ósmosis y arrastra las sustancias disueltas en agua (glucosa) y las lleva al espacio parcelular. La glucosa pasa del enterocito al intersticio por difusión facilitada gracias a un transportador GLU2. Este mecanismo de absorción de glucosa se usa para la rehidratación oral en el tratamiento de diarreas, pues al dar sodio y glucosa por boca, se estimula este transporte y entra sodio y agua junto con la glucosa y se para la pérdida de electrolitos y agua.



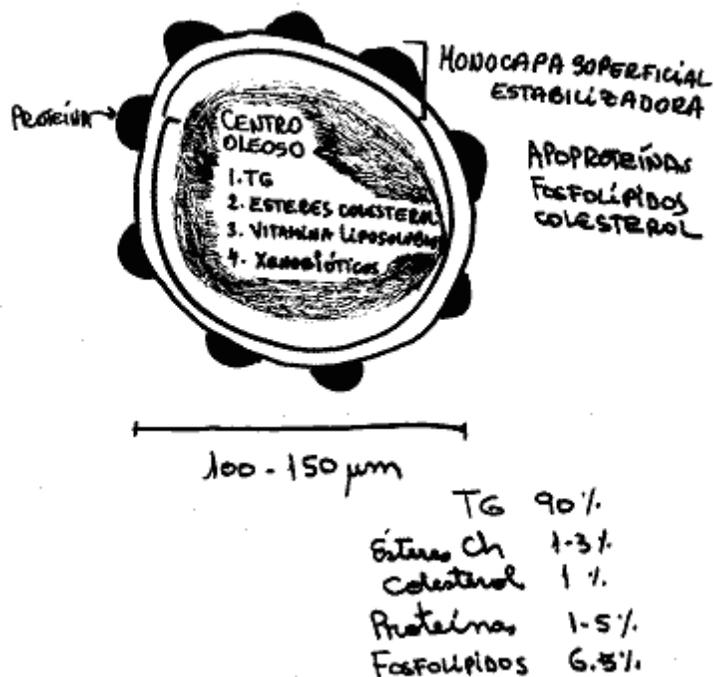
**Fig. 10.6 ABSORCIÓN DE PROTEÍNAS.** La mayoría de los aminoácidos se cotransportan con sodio igual que la glucosa. Hay varias moléculas transportadoras para los diferentes tipos de aminoácidos. Incluso hay dos transportadores que son independientes del sodio. Hay un sistema aparte para absorción de dipéptidos y tripéptidos por cotransporte de  $H^+$ . Del interior del enterocito al intersticio los aminoácidos van por difusión facilitada.



**Fig. 10.7 ABSORCIÓN DE GRASAS, ACCIÓN DE SALES BILIARES.** Las grasas digeridas por las enzimas digestivas en presencia de una concentración de sales biliares por encima de cierto nivel son englobadas por la formación de micelas. Algunos de esos productos de digestión van a ser transportados dentro de esas micelas mixtas formadas por sales biliares y lípidos. Los lípidos absolutamente insolubles en grasa como el colesterol se transportan necesariamente en el interior de la micela, y los fosfolípidos se disponen con su parte polar hidrofílica hacia fuera y el polo hidrofóbico hacia adentro en la micela. Se transportan también parte de los monoglicéridos y ácidos grasos. Los lípidos transportados dentro de las micelas se disuelven en la membrana del enterocito y pasan a su interior. Allí los ácidos grasos de cadena corta pasan directamente a la sangre portal en su forma libre. Los ácidos grasos de cadena larga y colesterol se reesterifican y se forman de nuevo ésteres del colesterol y triglicéridos que van a ser transportados dentro de los quilomicrones y en estos pasar a la linfa para ir a la circulación general sin pasar por el sistema porta hepático. Parte de triglicéridos y diglicéridos no digeridos son solubles en la membrana y se absorben aunque poco. No son transportados por micelas pues no se solubilizan en ellas. Por lo tanto para la absorción de triglicéridos no son necesarias las sales biliares. Las sales biliares luego de que las micelas entregan su contenido se absorben en el ileon distal para ir a la circulación enterohepática para ser utilizados nuevamente varias veces.



**Fig. 10.8 ABSORCIÓN DE GRASAS DE LA LUZ INTESTINAL A LA CIRCULACIÓN GENERAL.** Los ácidos grasos y monoglicéridos absorbidos son captados por el retículo endotelial liso y allí se forman de nuevo triglicéridos que se agregan con colesterol y fosfolípidos, de donde pasan al aparato de Golgi y forman glóbulos que contienen fosfolípidos que se disponen con la parte polar hacia fuera, los triglicéridos, ésteres apolares del colesterol y las vitaminas liposolubles se incorporan al centro de estos glóbulos. Éstos son los quilomicrones, los cuales se cubren con una capa de proteínas hidrofílica sintetizada en el retículo endoplásmico rugoso. Esta cubierta hidrofílica es necesaria para que se fusione con la membrana basolateral del enterocito y que por exocitosis vayan los quilomicrones vía linfática a la circulación general. El 95% de las grasas digeridas se absorben rápido en la parte superior del intestino delgado.



**Fig. 10. 9 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE UN QUILOMICRÓN.** La parte externa es una capa de proteínas hidrofílicas de apoproteínas y fosfolípidos con su extremo hidrofílico hacia fuera. En el centro del quilomicrón se transportan triglicéridos, ésteres del colesterol, vitaminas liposolubles y sustancias exógenas de naturaleza lipídica. La mayor parte de grasas transportadas son los triglicéridos y fosfolípidos.

#### LOS ÁCIDOS GRASOS DE CADENA CORTA:

- Se absorben directamente y pasan a la sangre portal por ser:
- Altamente solubles en agua
- No necesitan solubilizarse en las micelas
- Se absorben paracelularmente
- No necesitan ninguna transformación dentro de los enterocitos.

#### LOS ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA:

- Son poco solubles en agua
- Necesitan solubilizarse en micelas
- Se absorben poco paracelularmente
- Se transforman dentro de los enterocitos
- Forman ésteres de CoA y se reesterifican con glicerol para dar triglicéridos
- Se absorben como triglicéridos en los QUILOMICRONES y van a la linfa.