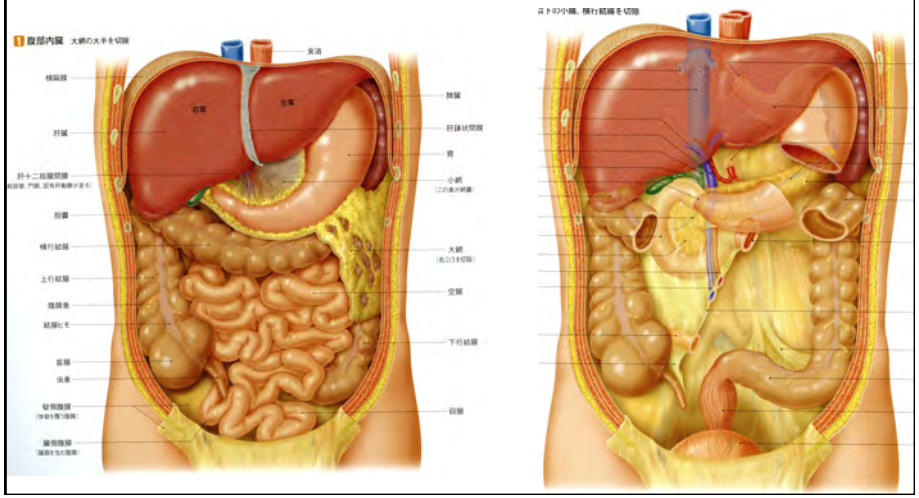
消化管2

・小腸
・大腸

小腸の解剖

小腸は、
・十二指腸（Duodenum)、・空腸（Jejunum）、・回腸（Ilenum）
に区分される。



小腸の解剖

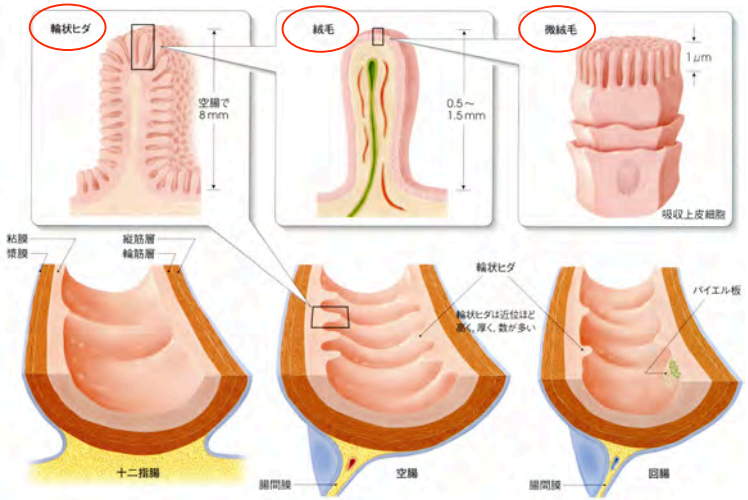
小腸の全長；約3m（体内）
人為的に伸ばすと10mに及ぶ。
・十二指腸は、約25cm、残りが空腸と回腸
・空腸と回腸はおおよそ2：3に分けられる。
※ただし半分切除しても生存には、問題ない。

小腸の直径；約4cm
小腸をただのパイプのような構造だとすると、
表面積は、0.04x3.14x3=0.38 (m^2)
しかし、実際は200 m^2もある。

小腸壁の構造にその秘密がある。

小腸壁の構造

輪状ヒダは、空腸で最も発達している。十二指腸では未発達。
空腸の絨毛は、背が高く太い。→空腸が吸収の中心である。



小腸壁の組織構造

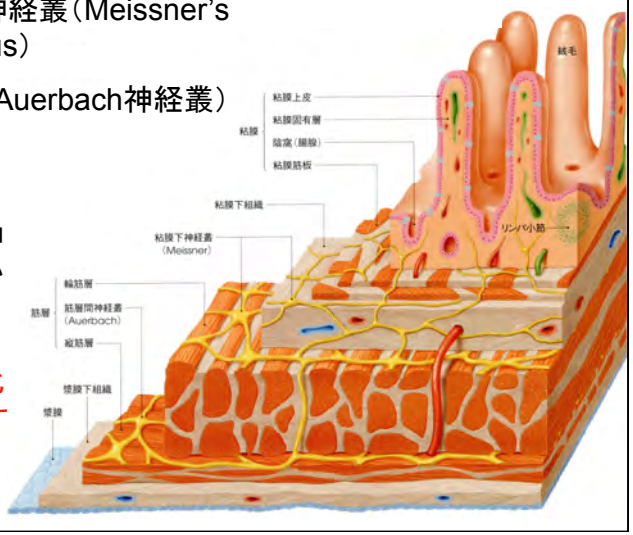
腸管には、豊富な壁在神経叢がある。

・粘膜下の粘膜下神経叢（Meissner's Plexus）

・筋層間の神経叢（Auerbach神経叢）

交感神経、副交感神経、内臓知覚線維からなる。

自律的に蠕動と消化酵素の分泌を調節する。



小腸粘膜（絨毛）の組織構造

小腸粘膜上皮は、単層円柱上皮に分類される吸収上皮細胞（absorptive epithelial cell）から成る

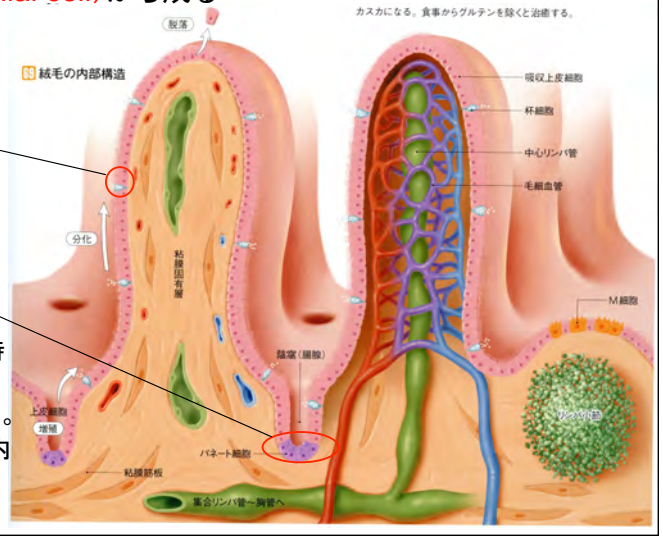
それ以外の細胞

・杯細胞（Goblet cell）

粘液顆粒を多く含み、粘液を分泌。

・パネート細胞（Paneth cell）

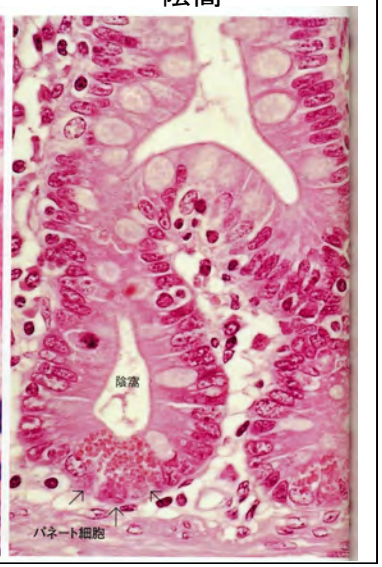
陰窩に存在する小腸特有の細胞。
消化酵素は分泌しない。
リゾチームを含み、腸内細菌叢を制御？



小腸粘膜を構成する細胞

小腸粘膜上皮

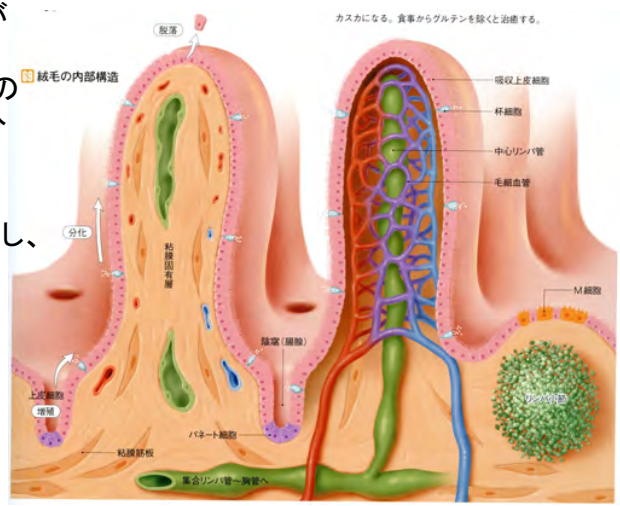
陰窩



吸収上皮細胞は、次々と新しい細胞に入れ替わる。

・陰窩に上皮幹細胞が存在。
・陰窩で増殖し、絨毛の先端に移動しながら分化。

2～3日で先端に移動し、脱落。

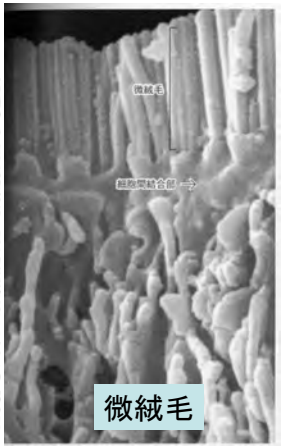


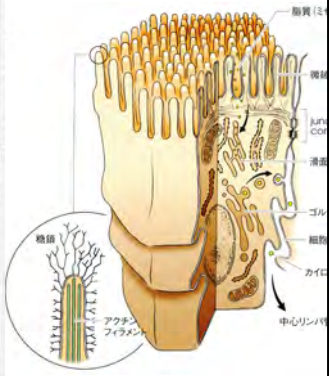
微絨毛

・吸収上皮細胞の微絨毛が、消化・吸収の最終場所である。

・微絨毛の表面は、糖衣と呼ばれる糖鎖で覆われている（負電荷）。

・微絨毛の膜で、糖、ペプチドは最終消化単位である単糖、アミノ酸に分解（膜消化）。





三大栄養素の消化と吸収

消化：高分子の栄養素を加水分解して低分子にすること。

・管腔内消化・・・消化管内に分泌される消化酵素で加水分解すること。

例）膵アミラーゼ、胃ペプシン

・膜消化・・・小腸粘膜上皮の膜に消化酵素が組み込まれている。

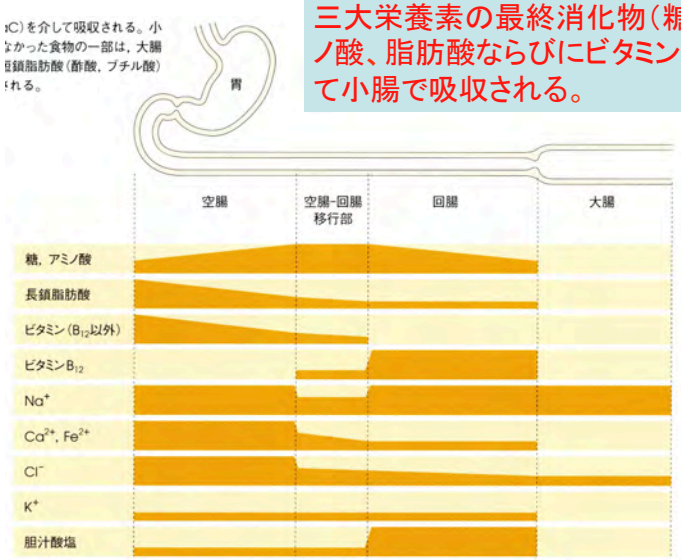
ここで糖、蛋白質は、最小単位の消化される。

小腸のみ存在。

例）スクラーゼ、アミノペプチダーゼ

三大栄養素の消化と吸収

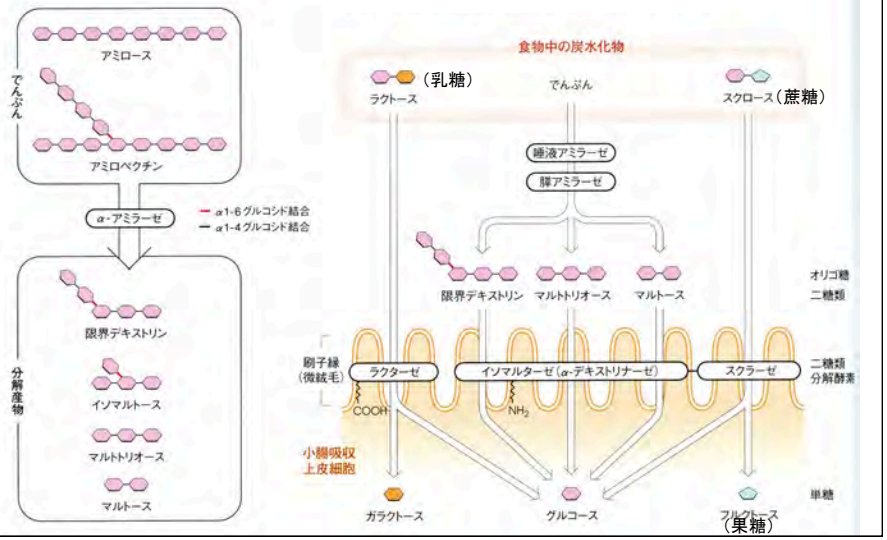
三大栄養素の最終消化物（糖、アミノ酸、脂肪酸ならびにビタミンはすべて小腸で吸収される。



糖の消化

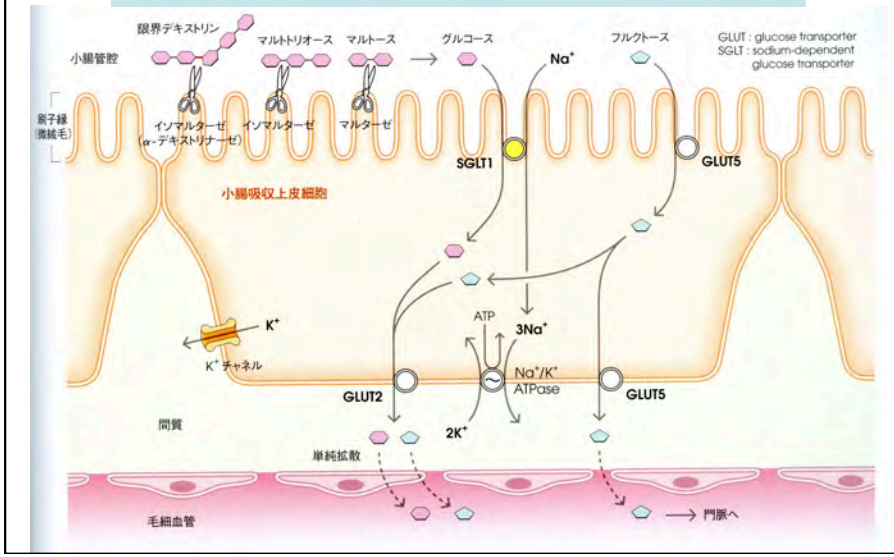
唾液・膵アミラーゼ

膜消化



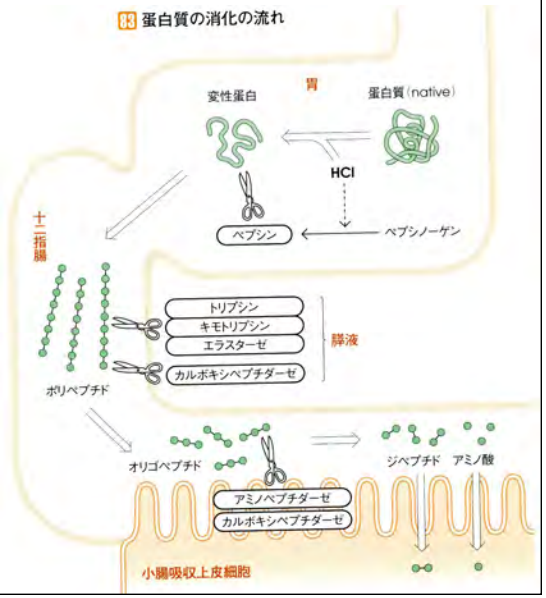
糖の吸収

グルコース輸送体（グルコーストランスポーター）にて
血中まで輸送される。



蛋白質の消化

1. 胃
蛋白質→ポリペプチド
ペプシンによる消化



蛋白質の消化

2. 十二指腸
部分消化された酸性糜粥が
十二指腸に到着

↓

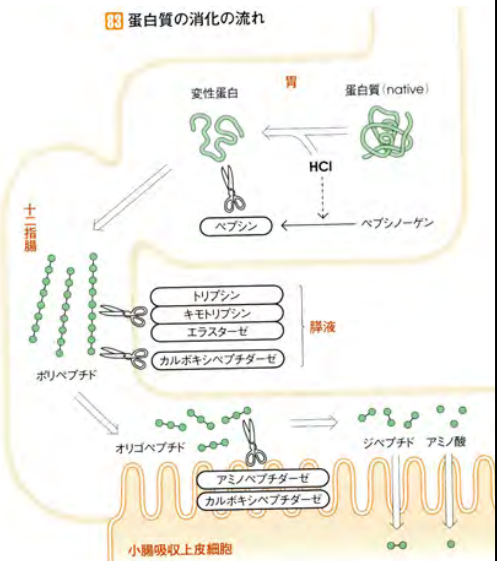
強酸性のため、膵液の消化
酵素が機能しない。

↓

十二指腸からセクレチン、コレ
シストキニン（CCK）の分泌促
進。

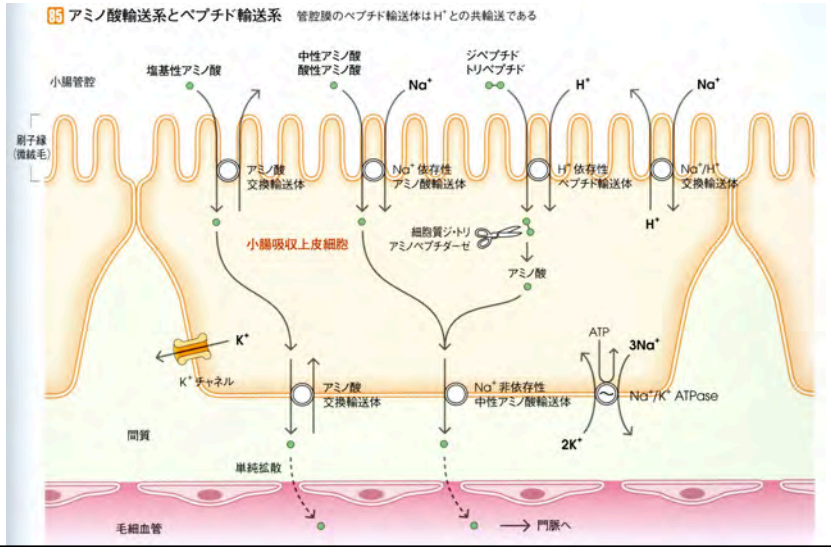
↓

膵導管細胞に作用し、HCO_3^-を
高濃度に含むアルカリ性膵液
分泌促進（セクレチン）、胆嚢収縮・胆汁分泌（CCK）



アミノ酸・ペプチドの吸収

アミノ酸輸送体（アミノ酸トランスポーター）



脂質の消化

・食物中の脂肪の大部分は、中性脂肪（トリグリセリド）である。

・脂質の消化の問題点
脂質は水に溶けない。

↓

脂質は、胃の蠕動運動により胃液と混合。
酸性糜粥内では、水と混ざらないので、直径0.1 mm～0.3 mm
の脂肪滴（油滴）として存在。

↓

舌・胃リパーゼは水溶性なので、機能する（加水分解）ことが困難
口腔、胃での消化は10%以下。

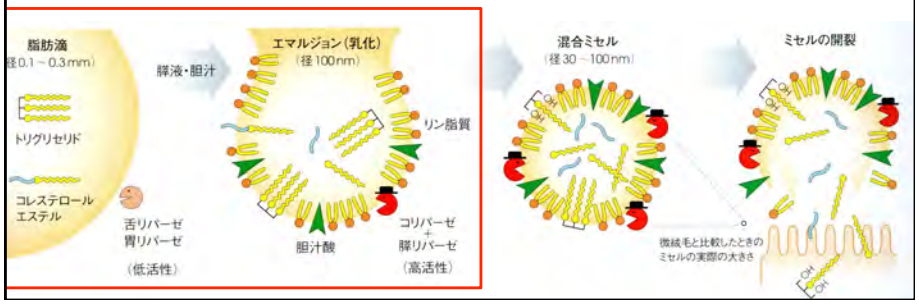
脂質の消化

十二指腸

胆汁に含まれる胆汁酸とリン脂質（レシチン）で直径100 nm以下の水と油の混合物になる。→ 乳化（エマルジョン）

↓

・リパーゼ活性が1000倍になる。
・膵リパーゼでトリグリセリドは、脂肪酸と2-モノアシルグリセロールに加水分解される。



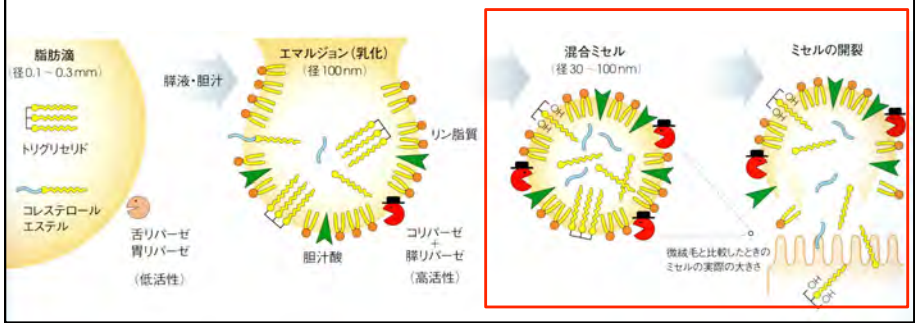
脂質の消化

十二指腸～空腸

遊離脂肪酸、2-モノアシルグリセロール、コレステロール、胆汁酸は、親水性部分を外側に向けた直径30～100nmのミセル形成

↓

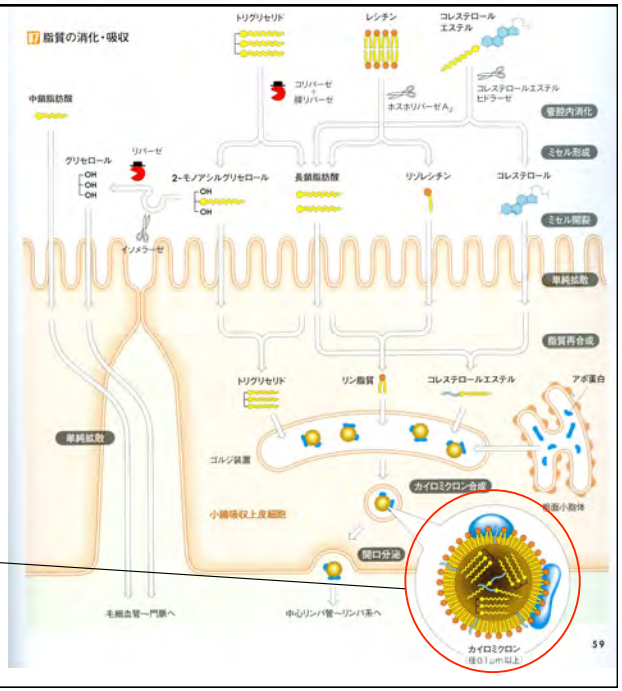
ミセルは、吸収上皮細胞の表面で開裂



脂質の吸収

脂質は、単純拡散にて小腸吸収上皮細胞内に入る。
↓
トランスポーターは必要ない。

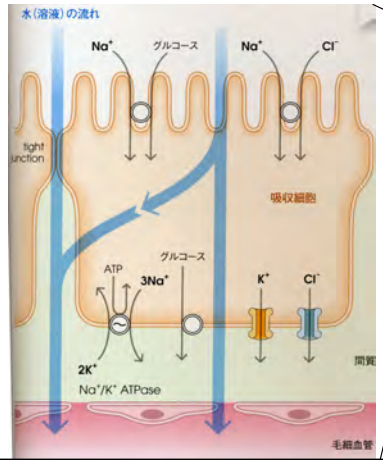
カイロミクロン

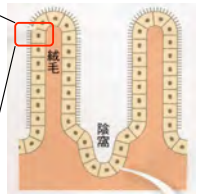


腸管からの水吸収

約9L/day（経口摂取：2L、消化液：7L）の水が腸管に入る。
そのほとんど（98%）は吸収される。

水の吸収は、浸透圧差により起こる。
すなわち、Na^+の能動輸送により水が腸管腔から体液に移動する。





小腸で大部分が吸収される。

小腸 ┌ 空腸・・・5.5 L/日
　　└ 回腸・・・2.0 L/日

結腸・・・1.0 L/日

ビタミンの吸収

多くのビタミン（A, B, C, D, E, K）は、生体内で合成できない。
→ 経口接種 → 腸管からの吸収

	種類	生理作用	欠乏症	含有食品
水溶性ビタミン	B_1 サイアミン	肝臓で糖代謝の補酵素として働く	脚気，多発性神経炎，心肥大	緑色野菜，胚芽，酵母，肝臓，肉，卵黄
	B_2 リボフラビン	酸化還元酵素の補酵素FAD，FMNの構成成分	口角炎，舌炎，皮膚炎	緑色野菜，豆，肝臓，牛乳，卵
	ナイアシン（ニコチン酸）	酸化還元酵素の補酵素NAD，NADPの構成成分	ペラグラ（皮膚炎，下痢，抑うつ）	肝臓，酵母，赤身肉　体内でトリプトファンから合成される
	B_6 ピリドキシン	ピリドキサルリン酸となり補酵素として働く	神経の興奮性増加	肝臓，トウモロコシ，バナナ
	パントテン酸	補酵素CoAの構成成分	皮膚炎，脱毛，副腎機能低下	胚芽，豆，卵，肝臓
	ビオチン	カルボキシラーゼの補酵素	皮膚炎，脱毛，腸炎	トマト，卵黄，肝臓*　腸内細菌により合成される
	葉酸	DNA合成，赤血球産生	巨赤芽球性貧血	ほうれん草，野菜，肝臓
	B_{12} コバラミン	DNA合成，赤血球産生	巨赤芽球性貧血（悪性貧血）	ほとんどの動物性食品
	C アスコルビン酸	コラーゲン合成，抗酸化作用	壊血病	かんきつ類，緑色野菜**
脂溶性ビタミン	A レチノール	核蛋白質に結合して遺伝子発現を調節	夜盲症，皮膚乾燥	黄色野菜（カロチノイド），肝油，バター
	D カルシフェロール***	小腸でのカルシウムとリン酸の吸収	くる病，骨軟化症	肝油，卵黄，バター，魚肉，干し椎茸
	E トコフェロール	抗酸化作用（活性酸素を阻害）	新生児溶血性貧血	植物油，小麦胚芽（調理・冷凍で破壊）
	K_1 フィロキノン	血液凝固因子（プロトロンビン，VII，IX，X）の生合成	出血	緑色野菜
	K_2 メナキノン	血液凝固因子（プロトロンビン，VII，IX，X）の生合成	出血	腸内細菌により合成される

ビタミンの吸収

1. 脂溶性ビタミン・・・脂質とともに吸収される。

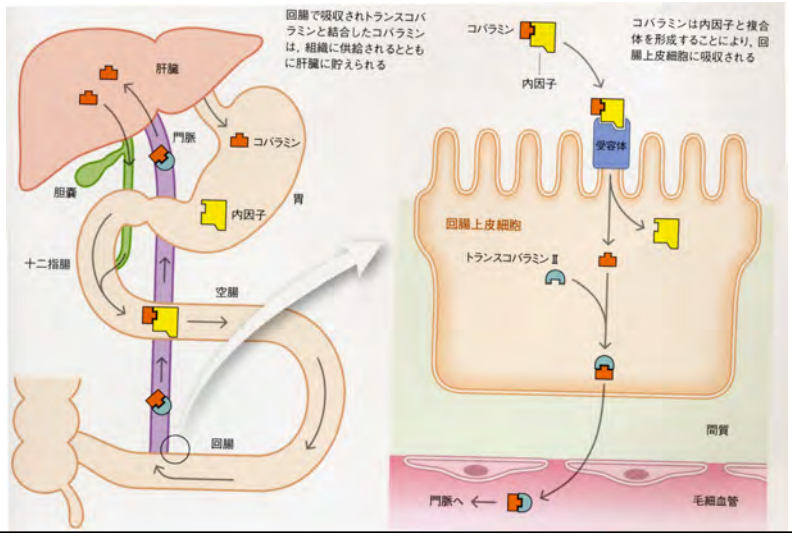
2. 水溶性ビタミン・・・消化管粘膜からの受動輸送、二次性能動輸送にて容易に吸収される。

91 水溶性ビタミンの吸収様式

	輸送様式	ビタミンの種類
受動輸送	単純拡散	B_6，ナイアシン
	促通拡散	デヒドロアスコルビン酸，サイアミン
二次性能動輸送	Na^+共輸送	アスコルビン酸，ビオチン，リボフラビン，パントテン酸
	OH^-交換輸送	葉酸

ビタミンの吸収

ビタミンB_{12}だけ例外で、胃の壁細胞から分泌される内因子と呼ばれる糖蛋白質と結合し、回腸上皮細胞の受容体から吸収される。

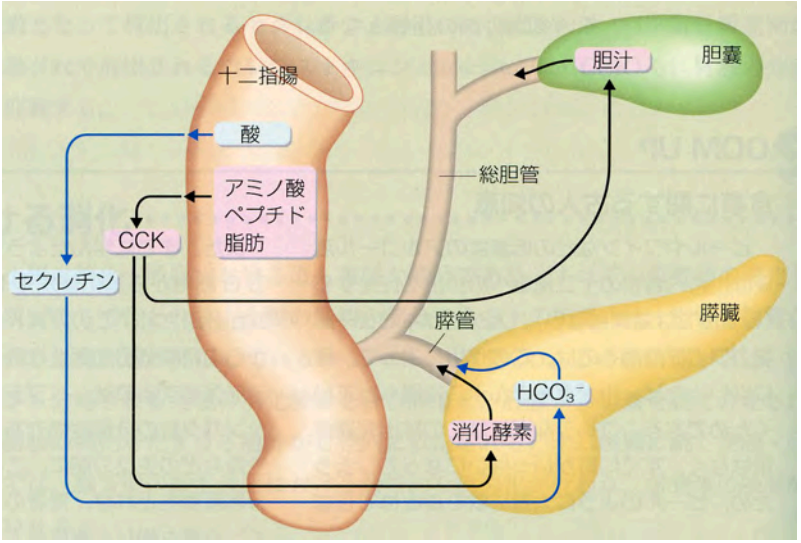


消化管ホルモン

覚える！

所　属	ホルモン名	産生部位	主な作用
ガストリン族	ガストリン	胃、十二指腸（G細胞）	胃酸分泌⬆ 胃運動⬆ 胃粘膜増殖⬆
	コレシストキニン（CCK）	十二指腸、空腸 CCK･･･I細胞 セクレチン･･･S細胞 GIP･･･K細胞	膵酵素分泌⬆ 胆嚢収縮
セクレチン族	セクレチン		胃酸分泌⬇ 膵液（重炭酸塩）分泌⬆
	胃抑制ペプチド（GIP）※		インスリン分泌⬆ （胃酸分泌⬇？）
	血管作動性小腸ペプチド（VIP）	腸全体	小腸液分泌⬆ 胃酸分泌⬇
	（腸管）グルカゴン	回腸、結腸	胃酸分泌⬇
その他	モチリン	十二指腸、空腸	腸平滑筋の収縮

消化管ホルモンによる膵液と胆汁の分泌調節

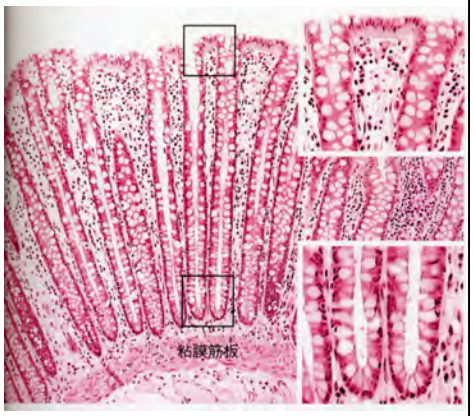


大腸

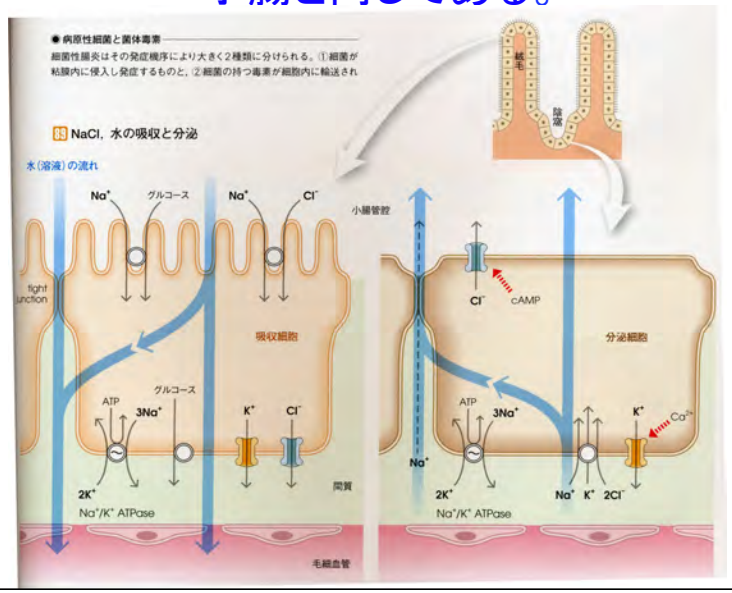
結腸は、小腸と大きく異なり絨毛が無い。
→ 栄養素の吸収は行われない。

結腸は、陰窩が発達
粘液を分泌する杯細胞
が豊富。

結腸は、粘膜円柱上皮における水分と塩類の再吸収、ならびにCl^-の能動輸送がその役目である。

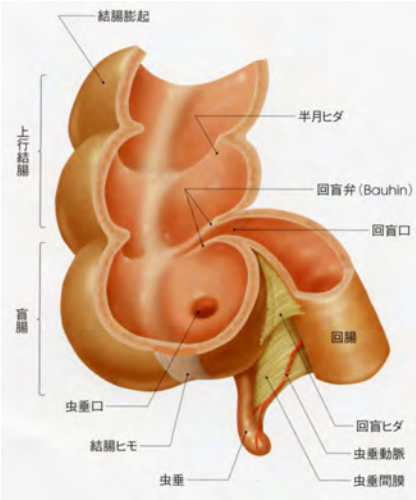


大腸における水分吸収機構は、小腸と同じである。



回盲部は小腸と大腸の境である

回腸と盲腸の境界には、回盲弁が存在。
腸内容物の逆流防止。



回盲部の疾患

1. 腸重積症

回腸が盲腸、結腸に入り込んでしまう疾患。

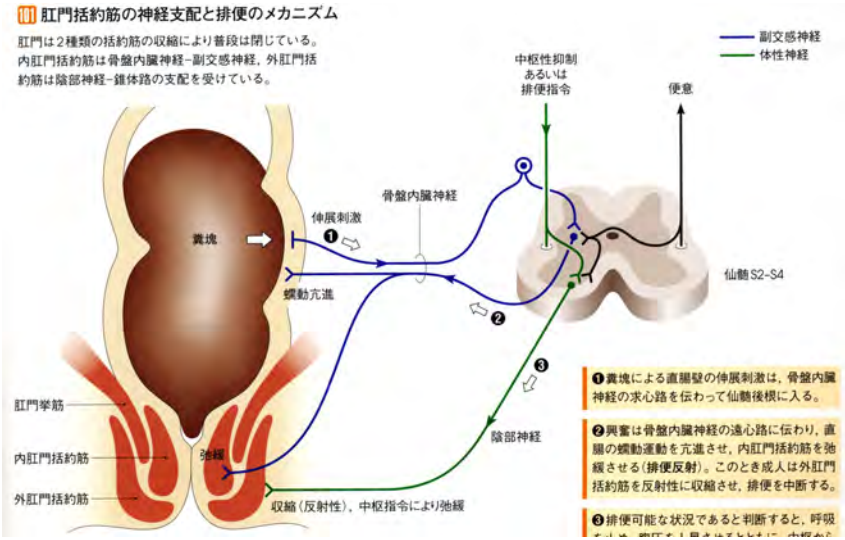
乳幼児に多い。
24時間以内に浣腸による腸整復
だめならオペ

2. 虫垂炎

虫垂が閉塞し（便とか異物）、細菌が増殖する。

抗菌薬の投与
重度（穿孔、腹膜炎併発など）ならオペ

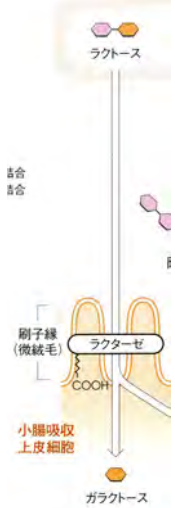
直腸：排便反射



ちょっと一息

牛乳飲むと必ず下痢する人がいるけどなぜ？

ラクトースをガラクトースに加水分解するラクターゼが原因



ラクターゼ活性は、出生児には高く、成長と共に低下する。
（ラクトースは、牛乳、母乳に豊富。）
この傾向は、草食動物に顕著。

ヨーロッパ人やアメリカ白人は、成人になってもラクターゼ活性が高く保たれているが、東洋人、ネイティブ・アメリカンはラクターゼ活性が低い人が多い。

下痢をする人は、ラクターゼ活性の著しい低下が原因。
（乳糖不耐症）→ 乳糖がそのまま大腸へ → 腸内細菌が分解 → 有機酸とガスを発生 ＆ 乳糖の高浸透圧性（膠質浸透圧性）の腸管内への水分取り込み。

乳糖不耐症に関するラクターゼ遺伝子の一塩基多型（SNP）が2つ同定されている。

ちょっと一息

女性で便秘症の人が多いのはなぜ？

いろいろと原因があります。

1. 肛門括約筋、腹直筋が弱い。

2. 排便の躊躇、我慢
→ 排便のリズムが狂い、排便反射の低下（習慣性排便障害、習慣性便秘）

3. プロゲステロンの関与
プロゲステロン：黄体ホルモン、黄体期に分泌
子宮内膜を肥厚させ受精卵を着床しやすくする。
月経周期調節
子宮筋の弛緩 → 妊娠後出産まで胎児が育つため。
→ 腸壁の筋肉の動きも低下（蠕動運動低下）
腸からの水吸収を促進 → 便の硬化

4. ダイエット
おそらく原因として最も多いのでは。