

## 4. からだの仕組みを知る (丈夫な馬を育てるために)

# = 消化器の仕組みを知ろう =

軽種馬育成調教センター 参与 兼子 樹広

前号までは、競走馬が速く走るためのエネルギーを得る必要不可欠な器官として口から胃までの消化器管の仕組みを書きました。

今号には、馬を含め哺乳動物は、食べた物から栄養を消化・吸収するために重要な働きをしている腸のうちの小腸について記述します。丈夫な馬に成長させるためには、小腸の役割を知り、日常の飼養管理に役立てて欲しいものです。

### 1. 腸の全般的な役割

**腸**は、ある程度胃で消化した食糜しょくびに更に消化液を追加して消化作用を行う部位です。

栄養分を吸収し、残りかすである残渣ざんさを糞便ふんべんとして大腸へ送る作用を担っています。

腸の消化作用と栄養分の吸収を増すため、ヒタちようじゆうもつ(腸絨毛とも言う)を発達させて吸収面積の拡大をはかっています。因みに、ヒトの腸絨毛の全面積は42.3m<sup>2</sup>(畳約25畳分)あると言われています。

馬や牛のような草食性の動物は、ライオンやトラのような肉食性の動物よりも繊維質せんいしつの多いものを食べる関係で腸が長いのです。

人間に飼育されて家畜化された動物は腸が長くなります。例えば、家イヌや家ネコは同類の野獣よりも腸が長いことが知られています。

鳥類は空中飛行のため 体重を軽くする必要性から 腸を短くしている 特に宿糞しゆくふんを少なくするために大腸が短い。しかも尿を溜めないために膀胱ぼうこうを持たない。鳥類の白い排泄物はいせつぶつは実は尿なのです。

草食性の動物 盲腸がよく発達。肉食性は小さい。

\* 盲腸が大きい動物 ; 馬、ウサギ、ヤマアラシ等

\* 盲腸が全く無い動物 ; クマ、テン、クジラ、イルカ等

腸粘膜は典型的な吸収器官ですが、馬の十二指腸で1m、口径7cm、腸絨毛の長さ0.5~1mm、幅0.2mmで、1mm<sup>2</sup>中に15~50個の腸絨毛をもち、十二指腸全体の全絨毛の面積は41,452cm<sup>2</sup>となります。逆に十二指腸がのっぺりした円筒の場合は2,199cm<sup>2</sup>となり、腸絨毛をもつことによって19倍の吸収面積となります。腸炎や疝痛などで腸絨毛が冒された場合は馬にとって大変なダメージとなります。

### 2. 腸の運動の一般的な仕組み

腸管内の食糜しょくびがよく消化吸収されるためには 腸壁を伸縮しんしゆくさせて運動(分節、蠕動、振り運動)を起こし 食糜に消化液を混じり合わせる必要があります そのために多数の腸絨毛に食糜を

せつよく  
 接触させ 吸収効果をあげています(腸の運動の仕組みはBTCニュース55号 12ページ、図-5を参照して下さい;食道と同じ仕組みです)。

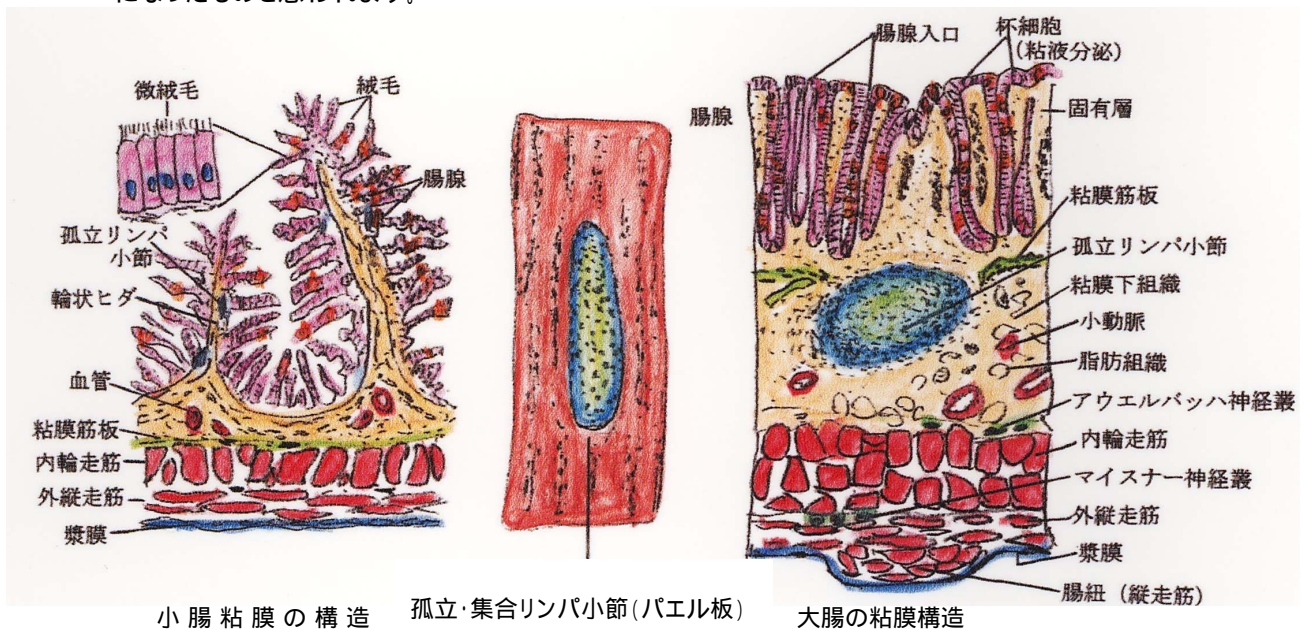
**腸運動に機能異常・障害が起こった時は特に馬では疝痛になり易い(図 - 1)。**



ちょうじゅうせき  
**図 - 1 小腸の腸重積**

腸の運動を司る自律神経叢の局所的な異常運動のために小腸が小腸の管の中に約 70cm 入り込んで(黒く出血している部分)1日の経過で斃死した疝痛例。2歳6ヵ月齢、サラ、雄、競走馬。

原因として、温かい飲水の後の急激な寒冷給水などによる腸の局所的な機能亢進が言われていますが、本例は重積部分に古い原因不明の病変があったことから、この部の病変が疝痛の引き金になったものと思われます。



**図 - 2 小腸と大腸の粘膜の特徴とパエル板**

小腸の粘膜は多くのヒダがあり、栄養の消化と吸収に役立っています。因みに大腸は水分を吸収し、糞便を作り排泄する役目のため単純な粘膜構造になっています。また、腸内に入った異物や細菌などを素早くキャッチして対応するためのパエル板(孤立リンパ小節)は粘膜上皮より盛り上がっています。

### 3.小腸(全長約 22 ~ 25m) :

**小腸は主に栄養物の消化と吸収を行う部位です。**

#### 1)小腸の構造;

十二指腸、空腸、回腸と続き、消化と吸収の 90%以上を行う最も重要な部位です(BTC ニュース 55号 9ページ、図-1を参照して下さい)。

空腸が大半で、回腸には小指頭面大ほしとうめんたい ~ 親指頭面大たいじのリンパ球の集合した**パイエル小節**(パイエル板・孤立リンパ小節;食糜と共に侵入した**有害物を退治する部位**で、細菌性の腸炎などでは大きく腫れ上がります)が肉眼でも見られますが、空腸には無い(図 - 2)。

#### 2)小腸の微細構造:

(1)粘膜:ちょうじゅうもう ちょうせん(腸 絨毛と腸腺があります)

##### 腸絨毛;

- \* 粘膜面上に密生している小突起しょうとつきですが、特に十二指腸で長い。
- \* 粘膜上皮は、大腸と違い吸収を盛んにするために丈の高い単層円柱上皮と言う細胞からなり、しかも**小皮縁**しょうひえんと言う微小な絨毛が更に細胞についています(図 - 2)。
- \* ネバッコイ粘液を分泌する**杯細胞**さかずきさいぼうと言う細胞があります。食肉性の動物・家畜で多くみられます(図 - 3)。
- \* この**杯細胞**は、粘膜が消化液で傷められないように保護する役目をしていますが、**消化酵素**しょうかこうそを活発化させたり、**大腸では糞塊がスムーズに移動しやすいようにする潤滑油の役割**ぶんがいをしています(便秘が起らないようにする役目)。
- \* **絨毛の上皮から吸収された栄養分は、腸絨毛内にあるリンパ洞や毛細血管が輸送路**どう もうさいけっかんとなります。特に脂肪は**中心乳糜腔**ちゅうしんにゅうびこう(リンパ管)と言うところに集め、その他の栄養分は毛細血管により肝臓へと運ばれます(図 - 4)。

##### 腸腺;

腸腺は**リーパーキューン腺**あるいは**腸陰窩**ちょういんかとも言われ、杯細胞やパネート細胞からなっています。

**パネート細胞**は、サラサラした漿液しょうえきせい性の液を出す細胞で、ウマでは小腸と盲腸に多く存在しています。

**腸絨毛の運動は粘膜筋板**ねんまくきんばんと言う筋線維層の収縮によって起こり、しかも**腸腺の分泌**ちょうせんを促うながしています。

(2)平滑筋と自律神経からなっている筋層:(図 - 4)

- \* **2層の筋層**は(意識的に動かすことの出来ない不随筋である平滑筋)それぞれ収縮して**食糜を混合し、後方に輸送する役目**をしています。
- \* 内層をつくる筋は**輪走筋**りんそうきん、外層は**縦走筋**じゅうそうきんと言い、前者が厚く、特に馬では最も厚い筋層(平均2.5mm)になっています。
- \* **神経叢**しんけいそう; (2種類の神経があり、厚い筋層を動かしています)。

**腸筋神経叢**ちようきんしんけいそう(アウエルバッハ)

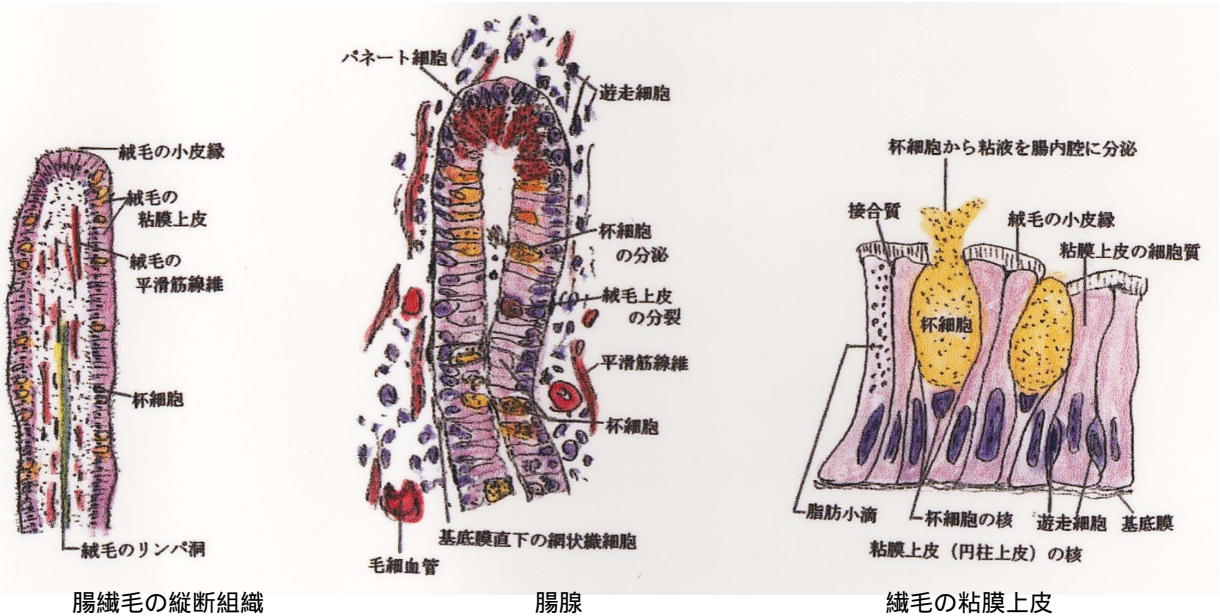


輪走筋と縦走筋の間にあり、**全般的な腸の運動**に関与しています。  
なんまくかしんけいそう  
**粘膜下神経叢** (マイスナー)

粘膜下組織にあって**絨毛や粘膜筋板の運動**に関与しています。

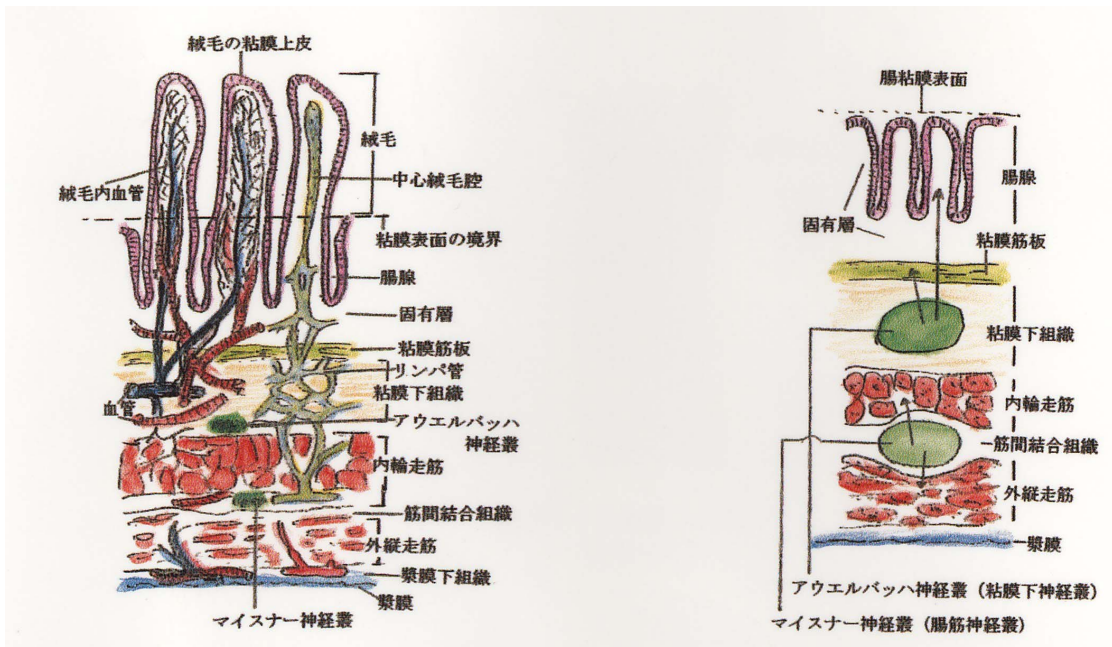
しょうまく  
**(3) 漿膜:**

\* 腸間膜の連続で腸管の最外層をしっかりと取り囲んでいます。



**図 - 3 腸絨毛の仕組み**

腸絨毛の粘膜上皮には表面(管腔側)に多くの小皮縁が栄養吸収を助けています。また、消化・吸収を促進するために粘液を出す杯細胞が多くみられます。



小腸から栄養分を吸収する血管(左側の絨毛)とリンパ管(右側の絨毛)

腸の運動を支配する自律神経

**図 - 4 腸の血管とリンパ管、そして神経**

小腸での栄養分を吸収するための血管(図左の左側)とリンパ管(図左の右側)は粘膜に多く分布しています。また、腸の運動を支配している神経叢がそれぞれの役目をもって分布しています。

### 3) 小腸の各部位の特徴

#### (1) 十二指腸(長さ約1m)

胃の幽門から出て直ぐに、S字状に曲がっています。

名称は人体解剖から由来したもので、胃に続く腸で人間の手指12本程度の長さの腸という意味からきていますが、家畜には相応しくない名前です。

**十二指腸腺(ブルナー腺)**をもっている(**胃酸を中和し粘膜を保護する**)。この腺は馬で十二指腸の始まりから7~8mまで存在しています。

**胃や小腸の上皮細胞**の寿命は極端に短く2~3日です。それは厳しい環境(潰瘍の多発部位)におかれているため、**盛んに再生**していることを示しています。

**十二指腸憩室**と呼ぶ膵管と胆管が一緒になって開口している排泄口があります。

脂肪の消化と吸収に必要な胆汁を肝臓から3,000cc / 20時間が十二指腸に分泌されています。

食糜中の蛋白質、脂肪、炭水化物、酵素などを消化分解して **腸粘膜から吸収し易いようにしています**。

胃からの酸性の強い食糜を胆汁と協同して 中和して**粘膜を保護**しています(900cc / 1日)。

#### (2) 空腸(長さ約20~23m)

小腸で最も長い部分です。

腹腔内を迂曲しているため、脊椎部分に吊るされて長い腸間膜で保護されているが 腹腔内で自由に動くことが出来るために**捻れ易い**。そのため空腸捻転は、馬に多発します(図 - 5)。

空腸の名称はヒトにおいて死後に内容物が無くなって空虚になることからの呼び名です(剖検時に内容物がある場合は病的です)。

粘膜下層に腸腺がないのが特徴です。

#### (3) 回腸(約1m)

名称は人間でうねる腸の意味からつけられていますが、家畜とくに馬ではうねる腸は回腸よりもむしろ空腸です。

大腸への連絡口である**回盲腸口**によって盲腸尖端部で直接盲腸と連結し、馬では**盲腸の内容物が小腸に逆流しないように**特に括約筋が発達しています。馬の葉条条虫が寄生する部位でもあります。

### 4) 小腸での消化と吸収の仕組み; (図 - 6)

十二指腸への膵臓からの膵液と肝臓からの胆汁の流入、そして小腸粘膜からの大量の腸液によって、食糜(糜粥とも言う)は小腸でほぼ最終段階までに消化され、栄養分が吸収されます。この仕組みには**管内消化と膜消化の2通り**があります。

粘膜にある腸腺から分泌される腸液は、弱アルカリで、1日約2ℓ分泌され、三大栄養素の消化を受け持つ消化酵素を含み、膵液の消化作用を補って消化を完成させています。

**腸液**は、粘液と重炭酸ナトリウム( $\text{NaHCO}_3$ )を多く含み、<sup>さんせいびじゅう</sup>酸性糜汁を中和しています。

消化液の分泌や小腸の運動は、自律神経の支配を受けるが、糜粥が十二指腸や上部小腸の粘膜に触れると、**消化管ホルモン**(セクレチン、コレシストキニン、パンクレオチミンなど)が分泌され、これが消化液の分泌や運動を促します。

**ビタミンの吸収は小腸で**行われ、水溶性ビタミンは拡散によって速やかに吸収され、脂溶性ビタミン(A, D, E, k など)は脂肪とともに吸収され、<sup>こうひんけつ</sup>抗貧血ビタミン  $\text{B}_{12}$  は回腸で吸収されています。

## 5)小腸での管内消化と膜消化の2段階の流れ図:(図 - 6)

### (1)1段階としての腸管内消化;

**炭水化物**は、<sup>ばくがとう</sup>麦芽糖(オリゴ糖類)などの中間消化まで行う。

**タンパク質**は、オリゴペプチドなどの中間消化まで行う。

**脂肪**は、脂肪酸、グリセリン、モノグリセリンなどの中間消化まで行う。

### (2)2段階目としての腸の粘膜による膜消化;

消化管から細胞に吸収されて、血管やリンパ管にはいるまでの消化を行っています。主に上皮細胞の<sup>びじゅうもう</sup>微絨毛の細胞膜に含まれるので膜消化と言われています。

**炭水化物**は、ブドウ糖などの単糖類にした上で 血管に入り肝臓へ送られます。

**タンパク質**は、アミノ酸にした上で 血管に入り肝臓へ送られます。

**脂肪**は、カイロミクロンにした上で リンパ管へ さらに静脈へ 全身へと送られます。

(次号へ続く)

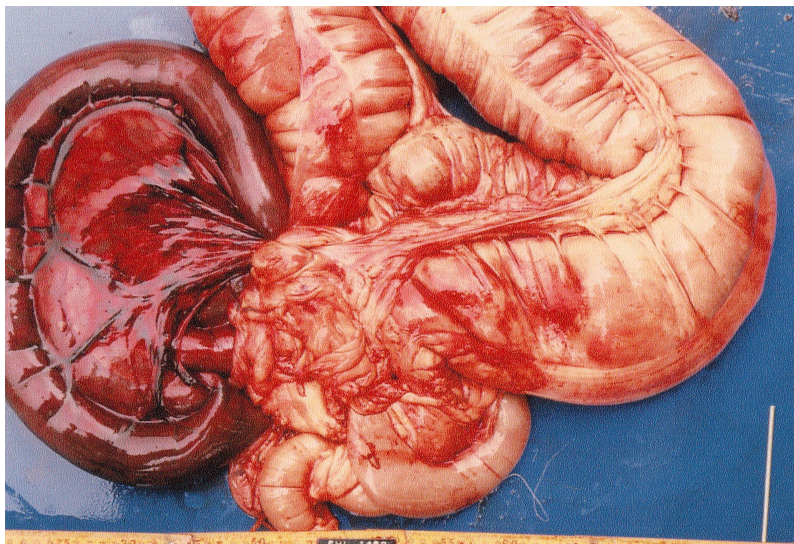


図 - 5 <sup>よこじくねんてん</sup>小腸の横軸捻転

馬に多発する疝痛の一つですが、腸管膜を軸として小腸が回転して元に戻らなくなった状態(左側の赤黒く出血している小腸とそれに連続した血管の見える薄い膜が腸間膜で、この膜の根部で捻れて発症。なお、右側の黄褐色にみえるのは大腸で正常)で約1日の経過で斃死した疝痛症例。11歳、ポニー、去勢馬。

原因として、馬に多い腸間膜の根部に形成される寄生虫性の動脈瘤により腸機能に異常をきたした場合、あるいは馬の腸神経の末端は他の動物よりも鋭敏であるために通常と異なった飼料を食



べた場合などに腸の異常な運動が起こり発症します。例えば、飼葉の量や種類の変更、運動前後の冷水や飼葉の過量、不潔な発酵した飼葉、春先の青草、過激な寝返りなども疝痛発症の原因となりますので、日常の飼養管理には十分な注意が必要です。

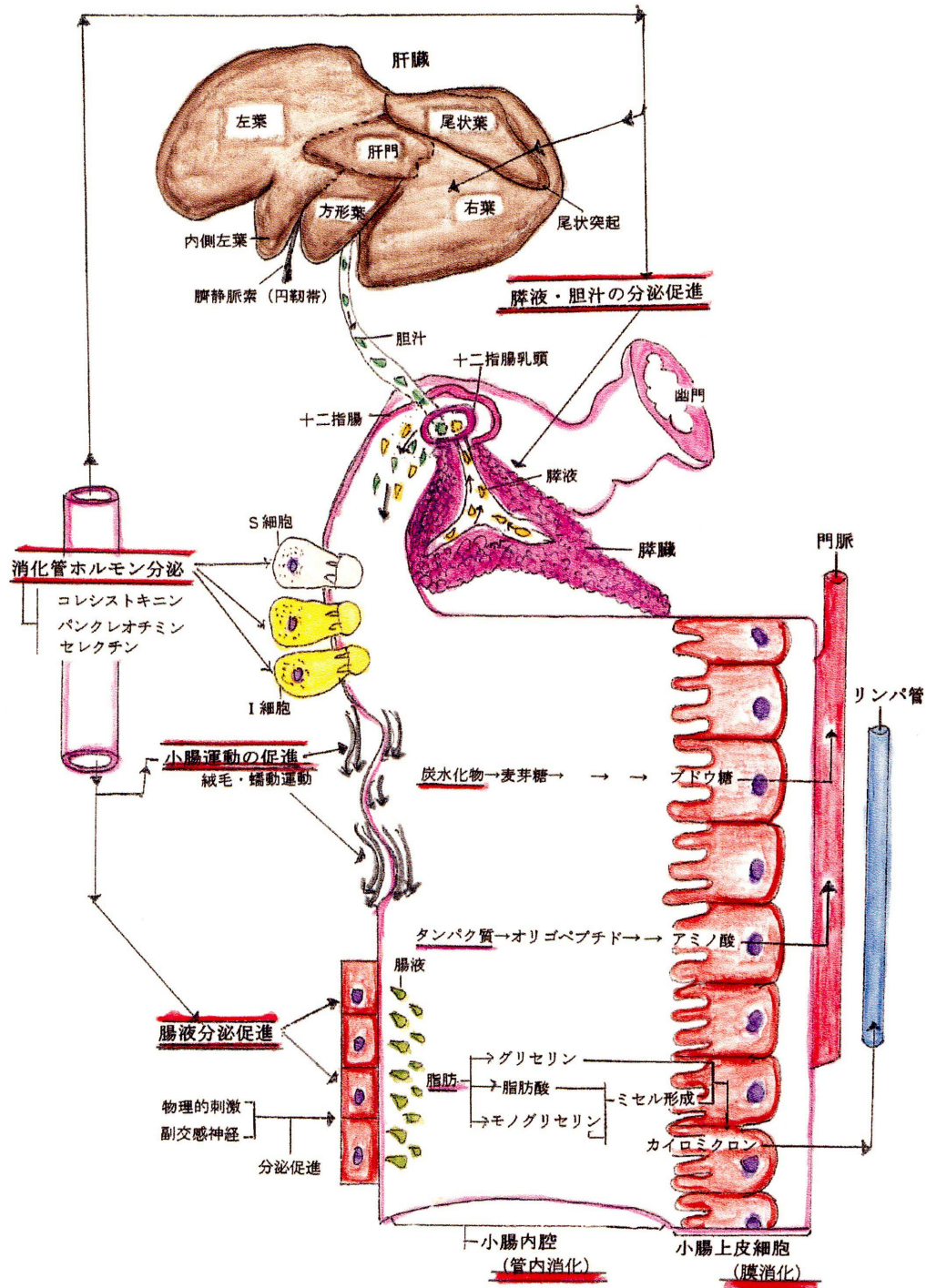


図 6 小腸における消化と吸収の仕組み

胃の食糜が十二指腸で肝臓と膵臓から分泌された消化液で混和され、空腸や回腸で更に消化ホルモンや腸腺から分泌された腸液によって小腸管内消化が行なわれ、次いで小腸上皮細胞によって最終的な膜消化が起こり、腸粘膜を縦横無人に走っている血管やリンパ管に吸収されて肝臓や全身に栄養分を行き渡らせます。