

## 6 消化器系のしくみと働き

### 1. 消化器系 (170)

消化とは	吸収に適したより小さい分子に分解される過程	機械的消化	咀嚼、混合、蠕動運動による
		化学的消化	消化酵素、胃液、胆汁などによる
吸収とは	食物は消化分解され、栄養素は消化管を通過して <b>血中に移動する過程</b>		

#### 1) 消化器管

消化管	口腔、 <b>咽頭</b> 、食道(25cm)、胃(30cm)、小腸(7m)、大腸(1.6m)、直腸、肛門
付属腺	唾液腺、肝臓、胆嚢、膵臓

#### 2) 消化管の基本構造

粘膜	食道(重層扁平上皮)以外は <b>単層円柱上皮</b> からなる。
粘膜下組織	血管、神経、リンパ管が通る。(粘膜下神経叢は粘膜の運動に関わる)
筋層	<b>内輪走筋、外縦走筋の2層からなり(胃は3層)</b> アウエルバツハ神経叢筋層間神経叢は腸管の蠕動運動などに関わる。
漿膜	腸管の最外層を被い腹膜につながり固定される

### 2. 口腔の構造 (170)

#### 1) 口腔の構造

口腔のはたらき	咀嚼(歯で噛み砕く)、分解、味覚(味わう)、嚥下(飲み込む)
口蓋	<b>硬口蓋</b> ・前2/3(内部に上顎骨)、 <b>軟口蓋</b> ・後1/3(骨がない部分)
口蓋扁桃	口蓋帆の左右基部(ワルダイエル咽頭扁桃輪の一部がある)

#### 2) 歯の成長と数

歯の発生	<b>生後6~7ヶ月から生える、下顎正中に2本萌出</b>
2歳~3歳(20本)	2歳で上下に10本( <b>乳歯</b> )、6歳頃から脱落がはじまり
10~13歳(28本)	乳歯と入替わって <b>永久歯</b> 28本(第1~2大臼歯加えて)
17歳~(32本)	第3大臼歯(上下4本)がそろって32本となる

#### 3) 歯の構造 (172 (図))

	表面	中側	最内側
歯冠	<b>エナメル質(生体で最も硬い)</b>		
歯頸	歯冠と歯根をつなぐ	セメント質・象牙質	歯髄 血管、神経が走る
歯根	顎骨に埋まる部分		

#### 4) 舌 (173 (図))

舌の構造	舌乳頭	有郭乳頭 葉状乳頭 糸状乳頭 茸状乳頭	味蕾++(味覚受容器) 味蕾+ 角化する乳頭 味蕾±	味覚細胞と神経支配域 ・舌前方2/3 顔面神経 ・舌後方1/3 舌咽神経 ・舌根・咽頭 迷走神経 ・舌の運動 舌下神経
	舌扁桃	リンパ装置	咽頭リンパ輪を構成	

#### 5) 唾液腺 (174 (図))

(1) 唾液腺と唾液 1500ml/日を分泌(自律神経支配) pH 6-7

三大唾液腺	耳下腺	純漿液腺(酵素と水分に富む)	25%	αアミラーゼの分泌 舌扁桃から分泌型 IgA抗体が分泌
	顎下腺	混合腺(漿液が中心の混合性液)	70%	
	舌下腺	混合腺(粘液が中心の混合性液)	5%	

(2) 唾液の消化作用(至適PH6.9)

αアミラーゼ(プチアリン)	デンプン→グリコーゲン→ <b>麦芽糖(マルトース)</b> にまで分解
---------------	--------------------------------------

(3) 唾液の分泌と神経支配(中枢は延髄)

副交感神経刺激	薄い唾液を分泌	顔面神経VII(顎下腺、舌下腺)、舌咽神経IX(耳下腺)
交感神経刺激	粘液性唾液分泌	口渇、ストレス、恐怖

#### 6) 咀嚼と嚥下作用(190)

咀嚼(そしゃく) 嚥下作用 食道	第1相	臼歯と舌の随意運動(舌下神経)
	第2相	口腔相は <b>随意運動</b> 、咽頭相・食道相は <b>不随意運動</b>
	第3相	<b>蠕動運動</b> で食塊は胃へ運ばれる
嚥下中枢	延髄	舌下神経・迷走神経の損傷で嚥下困難となる

\* **誤飲**: 異物(ボタンなど)を誤って飲み込むこと。 **誤嚥**: 食物が気管に入ること。

#### 3. 咽頭の構造

咽頭	鼻腔後方部と喉頭の上部、消化管と気道の交差部にある。
咽頭扁桃	ワルダイエル咽頭輪の一部を構成するリンパ組織

#### 4. 食道 (175 (図))

食道の位置	長さ <b>25cm</b> 、直径約2cmで第6頸椎—第11胸椎間にある。後縦隔器官である食道は <b>気管後方</b> の膜性壁に接し、横隔膜を貫通し胃に連なる。
食道狭窄部	<b>(癌の好発部) 1・食道の起始部 2・気管分岐部 3・横隔膜貫通部</b>

逆流性食道炎: 下部括約筋が緩んで胃液が逆流し、食道炎を起こす。

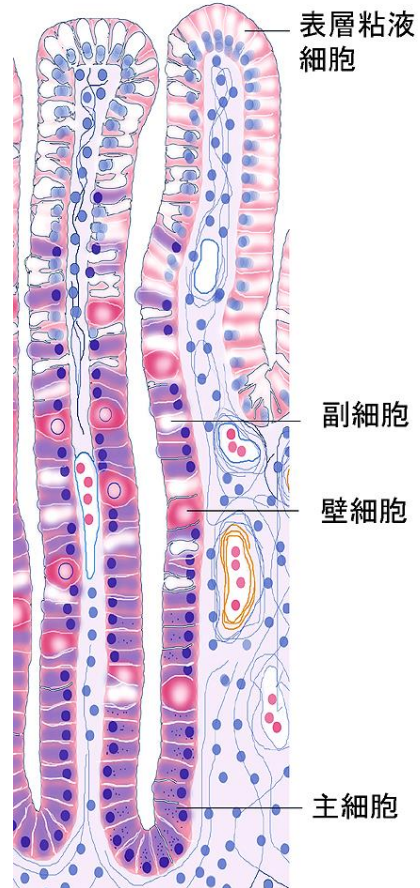
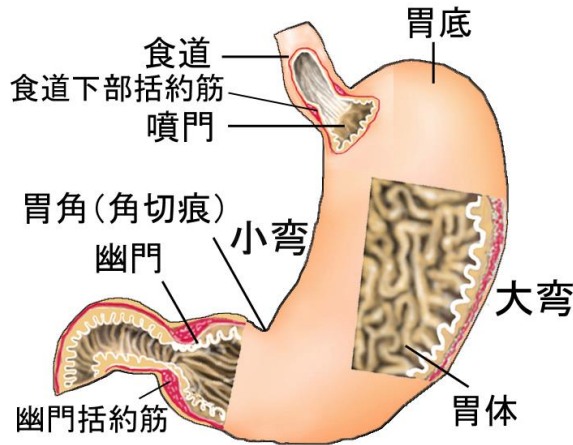
アカラシア: アウエルバツハ神経細胞の変性による食道括約筋が弛緩しない病気。

1) 食道の組織構造

粘膜	粘膜上皮は <b>重層扁平上皮(角化しない)</b> 、発生するガンは <b>重層扁平上皮がん</b>
筋層	<b>上部1/3骨格筋・下1/3平滑筋</b> 食道上部と下部に括約筋を持つ
外膜	<b>漿膜を欠く</b> (食道は縦隔器官)、食道癌が縦隔に波及するとは転移しやすい。

5. 胃の構造とはたらき(176 (図))

1) 胃各部の名称



2) 胃粘膜の構造

胃粘膜	表層粘膜上皮	アルカリ・中性粘液
円柱上皮	胃底腺	胃液(酸性)を分泌
粘膜下組織	動脈叢(胃潰瘍で浸襲され大出血)	
<b>筋層</b>	<b>内斜走筋、中輪走筋、外縦走筋</b>	

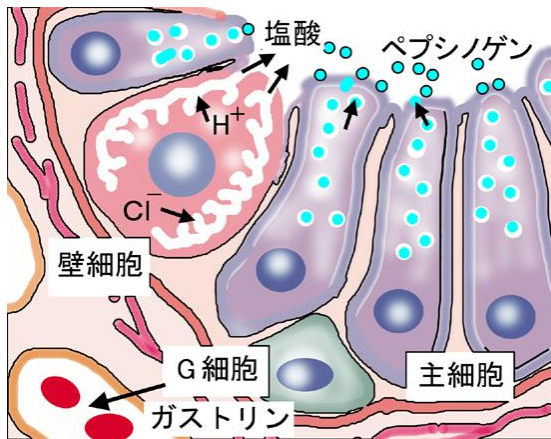
3) 胃底腺の3つの細胞

<b>主細胞</b>	1) <b>ペプシノゲン</b> (塩酸によって活性化したペプシンとなる) 2) <b>リパーゼ</b> (pH4-5で活性化) 乳児の牛乳脂肪の分解に重要
<b>壁細胞</b>	1) <b>塩酸</b> ( $H^+/K^+ATPase$ 、 $HCO_3^-/Cl^-$ ポンプによる交換輸送) を分泌 2) <b>内因子</b> (赤血球生成、成熟に必要な因子。塩酸の分泌刺激により分泌され、 <b>VB12</b> と結合して小腸(回腸)粘膜で吸収される
<b>副細胞</b>	粘液分泌(粘膜を保護する)* <b>ピロリ菌</b> はウレアーゼによりアンモニアを生成
幽門 G 細胞	<b>ガストリン</b> を分泌して胃液の分泌を亢進。 幽門部粘膜に存在

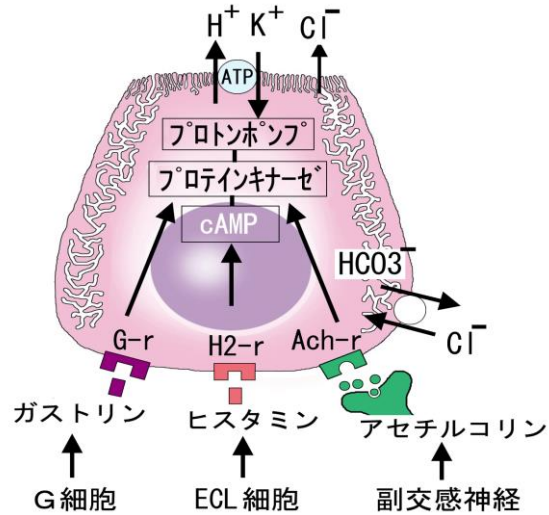
4) 胃液

胃の容積	1200-1400ml
<b>胃液の分泌量</b>	<b>1500ml/日</b>
<b>pH</b>	<b>1.0-2.0</b> 上皮は粘液によって強い酸から保護される

5) 主細胞と壁細胞



塩酸と消化酵素の分泌



壁細胞の塩酸分泌

6) 胃液の分泌過程

a・胃液の分泌(胃相)

1) 胃壁の拡張	胃に内容物が入り、胃壁を拡張する。
↓	
2) 食物の化学的刺激	G細胞からガストリンが分泌をされる
↓	
3) ガストリン分泌	<b>胃運動・胃液・塩酸とペプシノゲンの分泌促進</b>

b・胃液の腸相(十二指腸へ移行した段階でガストリン分泌抑制)

<b>セクレチン</b>	胃液が十二指腸に入ると分泌され、ガストリン分泌を抑制し、膵液分泌
<b>コレシストキニン</b>	脂肪が入ると分泌され胃酸分泌抑制・胆汁・膵酵素を分泌させる。

7) 胃液の組成

水・塩酸(HCl)・電解質(K・Na など)・消化酵素(ペプシノゲン)・ <b>内因子</b> ・粘液	
<b>長引く嘔吐</b>	<b>H<sup>+</sup>が損失して代謝性アルカローシスを起こす。</b>

8) 胃液(胃酸)環境の必要性 胃粘膜萎縮 高齢者

ペプシノゲンの活性化には pH3 以下の酸性環境が必要。  
銅 Cu、鉄 Feなどを吸収させるために酸性環境が必要

9) 胃液の分泌異常

過剰分泌	ストレス、アルコール
分泌低下	高齢者の萎縮性胃炎(胃癌の前段階)
粘液分泌抑制	非ステロイド性抗炎症薬(NSAIDs: アスピリン、セデスなど)
粘膜障害	ピロリ菌(慢性胃炎、胃潰瘍、胃癌の発生原因)



10) 胃潰瘍の発生素地

a. 胃酸の過剰分泌 b. 非ステロイド性抗炎症薬: NSAIDs (粘液分泌抑制) c. ピロリ菌 (尿素をアンモニアにして強酸環境でも生育)	➔	治療: H2 ブロッカー、 プロトンポンプ阻害薬
--	---	-----------------------------

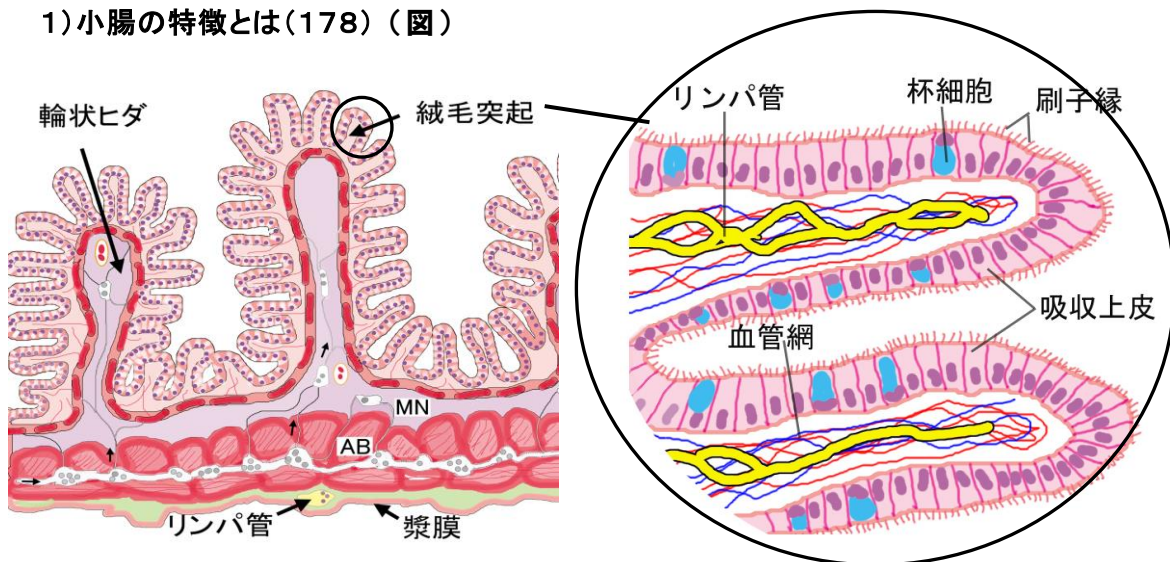
11) 胃の神経

副交感神経	胃の運動と胃液の分泌を促進	リラックス状態
交感神経	運動と分泌を抑制	興奮、緊張状態

6. 小腸(長さ6-7m) (177)

十二指腸 25cm	第一腰椎の右前に位置する後腹膜下器官で腸間膜を欠く 十二指腸腺(ブルネル腺)はアルカリ粘液 ファーター乳頭(大十二指腸乳頭: 膵管と総胆管が合して開口)
空腸 2.4m	腸間膜を持つ 孤立リンパ小節
回腸 3.6m	腸間膜を持つ。回盲弁を持つ。集合リンパ小節を持つ。

1) 小腸の特徴とは(178) (図)



小腸の特有な構造 (大腸には見られない構造)

① 輪状ヒダ	粘膜下結合組織が内腔に飛びだし、絨毛突起に覆われる。
② 絨毛突起	絨毛突起には吸収上皮と杯細胞が並ぶ。
③ 微絨毛	吸収上皮内腔には微絨毛(刷子縁)が生え、消化酵素を持つ。

2) 腸腺の分泌と水の吸収 (飲水、唾液、胃液、腸液の合計約9ℓが小腸に入る)

水摂取と腸液の分泌および吸収	経口摂取約 2ℓ、消化管から分泌7ℓの計9ℓが腸管に入る 水分の吸収: 小腸で85%: 約 8ℓ、大腸で15%: 約 1ℓ
十二指腸腺	別名ブルネル腺: 胃液を中和するアルカリ性粘液を分泌する

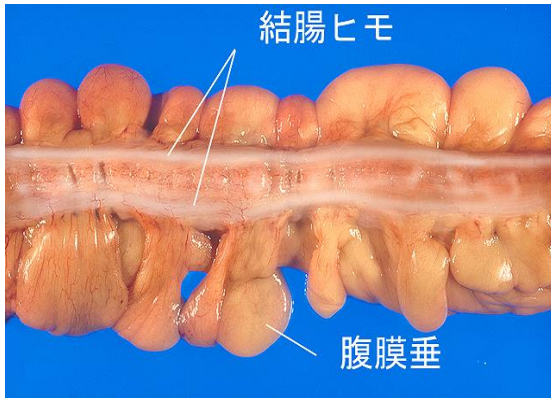
3) 小腸の消化と栄養吸収 (196 図参照)

酵素の種類	その作用	吸収部位
糖分解酵素	スクラーゼ、マルターゼ、ラクターゼにより単糖まで分解	血液へ
蛋白分解酵素	アミノペプチターゼ、ジペプチダーゼでアミノ酸まで分解	血液へ
脂肪分解酵素	リパーゼで脂肪酸とグリセリンに分解後キロミクロンとして	リンパへ

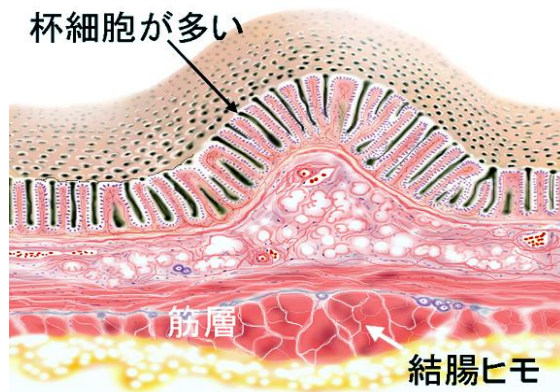
単糖: グルコース(ブドウ糖)、フルクトース(果糖)、ガラクトース

7. 大腸 (1.6m) (179 (図))

大腸にある特異な構造 ・結腸ヒモ・結腸膨起・腹膜垂・結腸半月ヒダ p179参照			
盲腸	回腸との境に弁を持つ(回盲弁:バウヒン弁)、虫垂(二次リンパ器官:6~9cm)		
結腸	上行結腸 20cm	腹膜後器官	上腸間膜静脈へ
	横行結腸 50cm	(横行結腸間膜)	1/2 上腸間膜静脈へ
	下行結腸 25cm	腹膜後器官	下腸間膜静脈へ
	S状結腸 40cm	(S状結腸間膜)	下腸間膜静脈へ
直腸	直腸上部静脈叢 中、下部の静脈叢(痔静脈)		下腸間膜静脈へ 内腸骨膜静脈へ
			迷走神経支配 “ 骨盤神経支配 “ 骨盤神経支配



結腸の外観



結腸粘膜の構造

1) 大腸のはたらき

大腸の働き	①水吸収1.2L、 ④消化酵素はない	②電解質の吸収 ⑤糞便の形成	③消化吸収は行われない ⑥腸内細菌を持つ
-------	-----------------------	-------------------	-------------------------

2) 排便 排便中枢(仙髄)便の pH5.5~8.0 (p198)

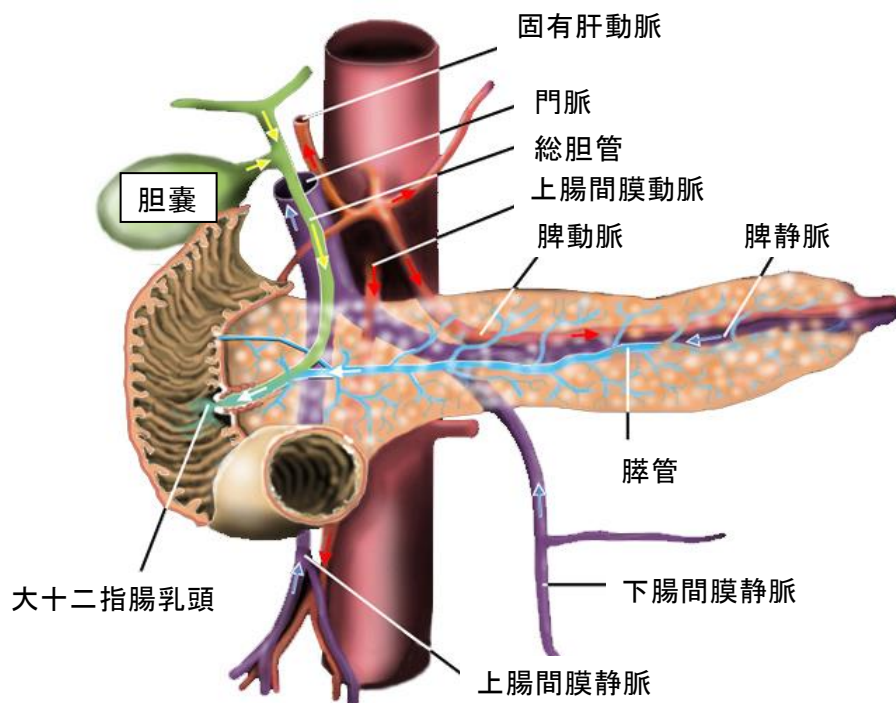
排便	内肛門括約筋(平滑筋)	弛緩	直腸伸展→骨盤神経(副交感:知覚)→仙髄排便中枢→直腸収縮→内肛門括約筋弛緩
	外肛門括約筋(骨格筋)	弛緩	いきみ→腹圧と外肛門括約筋の随意的弛緩
下痢	EC細胞からセロトニンが過剰分泌されると、蠕動運動を促進させ、HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> を含む腸液を含む水様性便が排泄される。長期の下痢は代謝性アシドーシスを生じる。		

### 3) 消化管の運動と神経支配 (自律神経支配)

	副交感神経 (迷走神経)	交感神経
消化管の運動	運動促進	運動抑制
胃幽門括約筋	弛緩	収縮
消化管の分泌作用	分泌促進	分泌抑制

## 8. 膵臓 (183 (図))

### 1) 膵臓の位置と構造



### 2) 膵液と消化酵素

膵液	<b>セクレチンの作用</b>	
	膵導管からアルカリ性膵液 pH8.0を分泌 分泌量1000ml/日 酸性の粥状食物(胃液を含む)の中和 膵液は重炭酸液 $\text{HCO}_3^-$ を含む (膵液と胆汁はアルカリ性)	
腺房	<b>コレシストキニンの作用</b>	
	1) 腺房から消化酵素に富む分泌顆粒を分泌。アルカリ環境下で活性化される。 2) 胆嚢を収縮させ胆汁を十二指腸に分泌	
	消化酵素	トリプシノーゲン キモトリプシノーゲン リパーゼ 膵アミラーゼ タンパク分解酵素(活性化してトリプシン) タンパク分解酵素(活性化キモトリプシン) 脂肪分解酵素 糖質分解酵素



3) 膵液の消化作用(アルカリ環境で活性化する)

消化酵素	消化酵素の種類	分解物	最終分解物	老廃物の発生
蛋白分解酵素	トリプシン キモトリプシン	蛋白質	アミノ酸に分解	アンモニア (アルカリ物質)
脂肪分解酵素	リパーゼ :胆汁酸が必要	脂肪	グリセリンと 脂肪酸に分解	ケトン体 (酸性物質)
糖分解酵素	膵アミラーゼ マルターゼ	糖質	マルトース(麦芽糖) をブドウ糖まで分解	乳酸 (酸性物質)

4) 膵液分泌のホルモン性調整

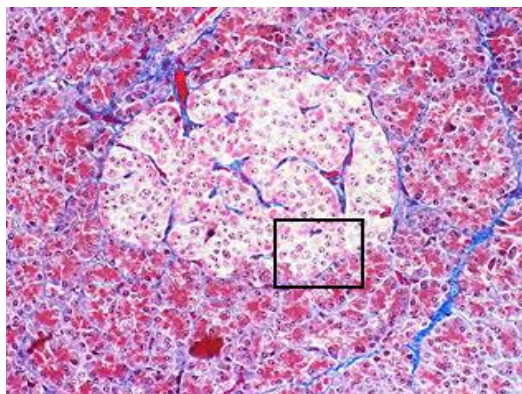
消化管ホルモン (十二指腸から分泌)	セクレチン	膵液分泌 膵消化酵素分泌、	胃の運動と分泌を抑制
	コレシストキニン		

5) 膵臓と十二指腸の構造

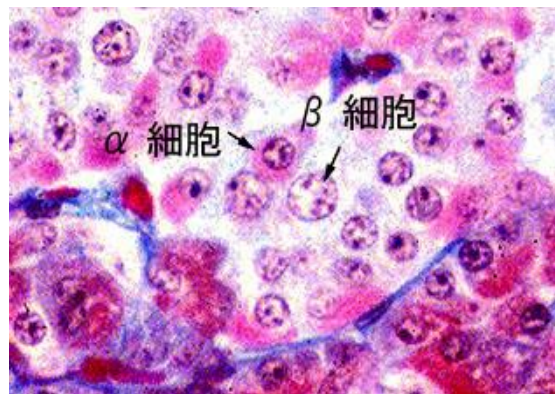
膵臓	膵液	消化酵素に富むアルカリ性膵液を分泌
総胆管	胆汁	肝臓で作られた胆汁は胆嚢で約10倍に濃縮され、 食後に分泌される(胆汁酸は脂肪の分解に必要)
大十二指腸乳頭 (ファーター乳頭)	膵管と総胆管は膵頭部で合流し、膵液と胆汁が混合されて十二指腸乳頭から十二指腸内に排出される(オッディー括約筋の調節による)	
副乳頭	副膵管が独立して胃側の十二指腸乳頭上部で開口	

6) 膵ランゲルハンス島

膵ラ氏島	$\beta$ (B)細胞	インスリン 70%	血糖値を下げる。細胞での糖利用促進
	$\alpha$ (A)細胞	グルカゴン 20%	肝グリコーゲンを分解して血糖値を上げる
	$\delta$ (D)細胞	ソマトスタチン 10%	インスリン、グルカゴン分泌抑制



ランゲルハンス島

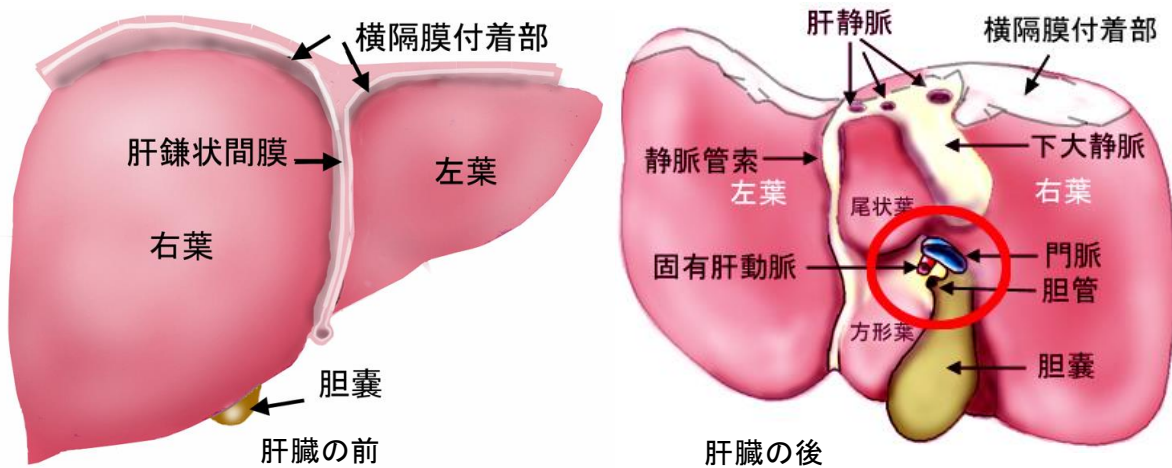


$\alpha$ 細胞と $\beta$ 細胞



## 9. 肝臓 (181 (図))

### 1) 肝臓の外観



肝臓の重量	約1200g (肝鎌状間膜により右葉、左葉を分ける。)
肝臓の位置	腹腔横隔膜、胃、十二指腸、横行結腸、右腎臓に接する。
肝門	1) 門脈(肝臓に流れる静脈血 約4/5(1200ml/分))は機能血管 2) 固有肝動脈(肝臓に流れる動脈血 約1/5(300ml/分))は栄養血管 3) 肝管(肝臓から出る胆管)は胆嚢に胆汁を運ぶ
肝静脈	肝臓を出た静脈血は下大静脈に合流する。(肝門を経由しない)

### 2) 肝臓の機能血管と栄養血管

機能血管	門脈	小腸で栄養吸収された静脈血を肝臓に運ぶ静脈血管
栄養血管	固有肝動脈	酸素に富む動脈血

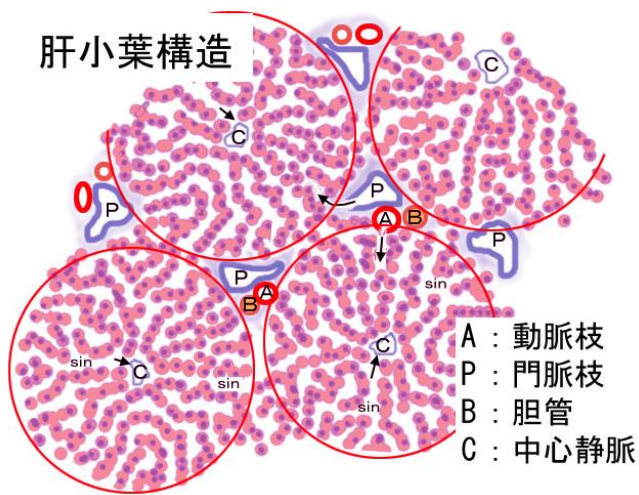
### 3) 肝類洞

類洞	洞様毛細血管と呼ばれる特殊な毛細血管網で肝細胞間を流れる。血管内皮は一般の内皮と異なり基底膜を欠くので物質交換に都合がよい構造となっている。類洞血管は門脈血と動脈血が混合されゆっくりと小葉の中心静脈に流れる。中心静脈はさらに集まって最終的に肝静脈となって肝臓を出る。類洞のクッパー細胞はマクロファージの一種で貪食能(古い赤血球)がある。
----	--

### 4) 肝臓の血液の流れ方と胆汁の流れ方

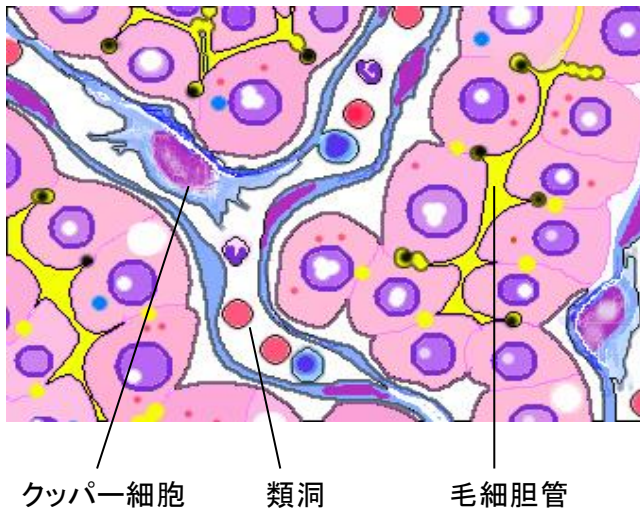
血液の流れ方	門脈血と動脈血は小葉間結合組織を出て類洞で混合血となり、小葉の中心静脈へ流れる。中心静脈は集まって肝静脈となり、下大静脈に合流
胆汁の流れ方	肝細胞で生成する胆汁は肝細胞間にある毛細胆管を通して小葉間結合組織中の胆管に流れる。(血流とは逆である)肝管となって肝臓を去る。

5) 肝小葉とは(182 (図))



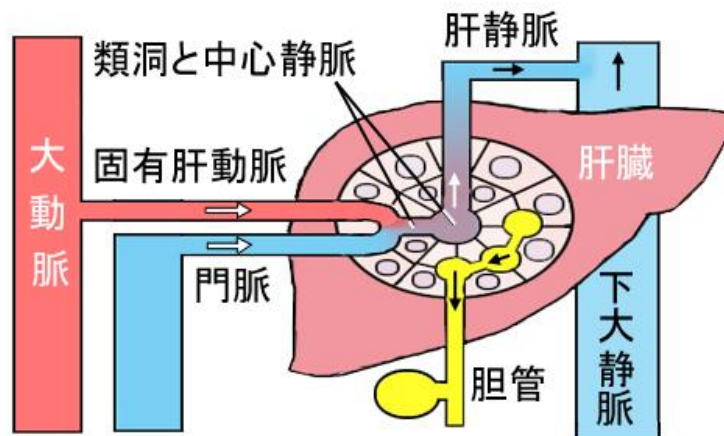
- 1・肝小葉は肝臓の基本構造であり物質代謝の行われる場所。
- 2・各小葉間の**小葉間結合組織をグリソン鞘**と呼ぶ。
- 3・グリソン鞘には門脈(静脈)、動脈、胆管が見られる。
- 4・小葉の中心にある中心静脈は類洞を流れる**混合血**を集め、徐々に太くなって肝静脈となり、肝臓を出て行く。
- 5・胆汁は肝細胞で生成されグリソン鞘の小葉間胆管に合流。

6) 類洞構造とは



- 1・類洞は肝細胞間を流れる血管。
- 2・類洞壁に存在する**クッパー細胞**(kpf)は強い食機能を持つ。
- 3・肝細胞の細胞膜に挟まれる部位に毛細胆管(bil)があり、小葉間結合組織の胆管に流れる。
- 4・類洞壁を構成する血管上皮(en d)は基底膜を欠き、血漿は肝細胞に直接に触れることが可能で、盛んな物質代謝を行う肝細胞にとって都合がよい。

7) 肝臓の血流と胆汁の流れ



### 8) 肝臓のはたらき (199)

胆汁の生成	<ul style="list-style-type: none"> <li>胆汁の生成(0.5-1.0リットル/日)</li> <li>胆嚢で10倍に濃縮される</li> </ul>
グリコーゲンの合成	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>合成</b>(インスリン作用)と<b>分解</b>(グルカゴン作用)</li> <li>血糖不足でアミノ酸や脂肪酸からグルコースを生成(糖新生)</li> </ul>
ビタミンの貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>VA、VD、VE、VKなどの脂溶性ビタミンとVB12、葉酸などの水溶性ビタミンを貯蔵</li> </ul>
コレステロールの合成	<ul style="list-style-type: none"> <li>コレステロールやケトン体、リン脂質を合成する</li> </ul>
凝固因子の合成	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>凝固因子</b>をつくる フィブリノーゲン、(IIプロトロンビン、VII、IX、XはVK依存性)などの凝固因子を合成する</li> </ul>
解毒作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>血中の毒物をグルクロン酸抱合して無毒化する</li> <li><b>アンモニアを尿素に変換</b> アミノ酸を分解してエネルギーを取り出し、燃えカスのアンモニアを尿素に換える。(尿素回路)</li> <li><b>尿酸</b>(プリン体)の生成 核タンパクを分解して尿酸に変え、尿中に排出。</li> <li><b>薬物、アルコールを解毒</b>。滑面小胞体の <b>p450 酵素の作用</b> アルコールはアセトアルデヒドにして最終的に CO<sub>2</sub>と水にする。</li> </ul>
血漿タンパク	<ul style="list-style-type: none"> <li>免疫グロブリンを除く全ての<b>血漿蛋白の生成</b></li> </ul>
ホルモンの不活化	<ul style="list-style-type: none"> <li>余分なインスリン、サイロキシン、<b>エストロゲン</b>などを分解</li> </ul>
血液を貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量出血時に放出、鉄、銅を貯蔵</li> </ul>
造血作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>胎生期では造血機能を持つ。</li> </ul>

### 9) 胆汁と膵液の分泌

胆汁	肝臓を出た胆汁は胆嚢で約5倍に濃縮される。脂肪が十二指腸粘膜に接すると、コレシストキニンの作用で胆嚢は収縮し、総胆管から、十二指腸に分泌される。
膵液	コレシストキニンの作用で腺房から消化酵素を分泌させ、セクレチンの作用で導管からアルカリ膵液が分泌される。さらに胆汁と一緒に十二指腸内に分泌される。

### 10) 胆汁の成分(胆汁はアルカリ性で消化酵素は含まれない。)

コレステロール	ステロイドホルモンの材料となる
胆汁色素(ビリルビン)	肝臓でつくられた直接ビリルビンのほとんどが十二指腸に排出
胆汁酸	分泌された多くは回腸で再吸収され、肝臓に戻る(腸管循環) 胆汁酸の5%が糞便から排泄される。 界面活性剤作用で脂肪滴の表面を親水性にする(ミセル化)

\* 界面活性剤:石けん液のような作用を持つ

### 11)胆汁の働き

1) 脂肪の乳化	脂肪を乳化(ミセル化)して分解を助ける。
2) 脂溶性ビタミン吸収	VA、VD、VE、VK の吸収を助ける。
3) 糞便を着色	胆汁は腸内細菌の作用でウロビリןとなり糞便を着色

### 10. 消化と吸収作用(188)

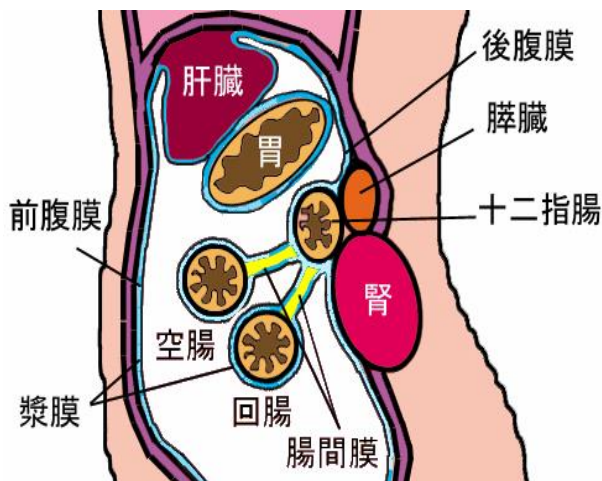
#### 1) 糖質の分類

多糖類	デンプン・グリコーゲン・セルロース
二糖類	スクロース(ショ糖)・マルトース(麦芽糖)・ラクトース(乳糖)
単糖類	グルコース(ブドウ糖)・フルクトース(果糖)・ガラクトース

#### 2) 主な消化酵素とその作用(196)

	消化酵素	作用
唾液	プチアリン(アミラーゼ)	デンプン→デキストリン→マルトース(麦芽糖)
胃液	ペプシン リパーゼ	タンパク質→ペプトン→ポリペプチド 脂肪→脂肪酸 + モノグリセリド(グリセリン)
膵液	アミロプシン(アミラーゼ) ステアプシン(膵リパーゼ) トリプシン・キモトリプシン	デンプン→マルトース(二糖類まで) 脂肪→脂肪酸 + モノグリセリド(グリセリン) タンパク質→ポリペプチド→カルボキシペプチターゼ
腸液	ラクターゼ・マルターゼ リパーゼ エレプシン・ペプチターゼ	乳糖(ラクトース)→マルトース+グルコース(ブドウ糖) 脂肪→脂肪酸 + モノグリセリド(グリセリン) ポリペプチド→オリゴペプチド→ジペプチド+アミノ酸

### 11. 腹膜と腹膜後器官 18 (図) 4



**腹膜**は腹腔表面や臓器表面を被う漿膜からなる。器官を被う漿膜が二重からなるものを間膜(肝胃間膜、胃横行結腸間膜、腸間膜、大網など)と呼ぶ。

#### 腹膜後(下)器官

後腹膜下に位置する(腹腔に飛び出してない)器官の総称で以下のものがある。

**腎臓、膵臓、十二指腸、副腎、**  
下大静脈、腹大動脈、尿管など