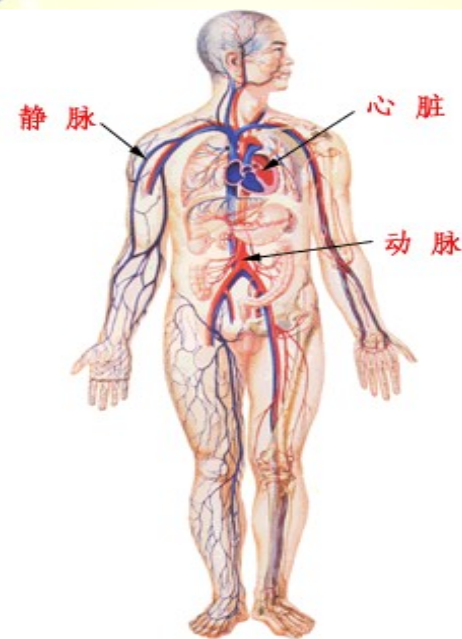
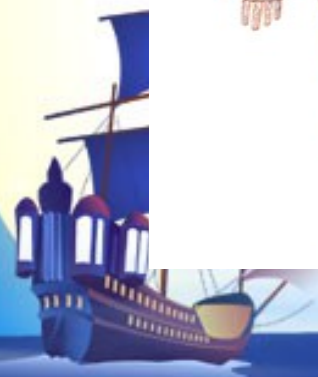


第一章 营养素在体内的消化与吸收



HAVE A NICE TRIP



第一节 消化与吸收生理



一、概念

1. 什么是消化（digestion）？

是人们摄入的食物必须被分解成小分子物质后才能进入体内，这种将食物分解为小分子物质的过程为消化。它包括机械消化和化学消化。

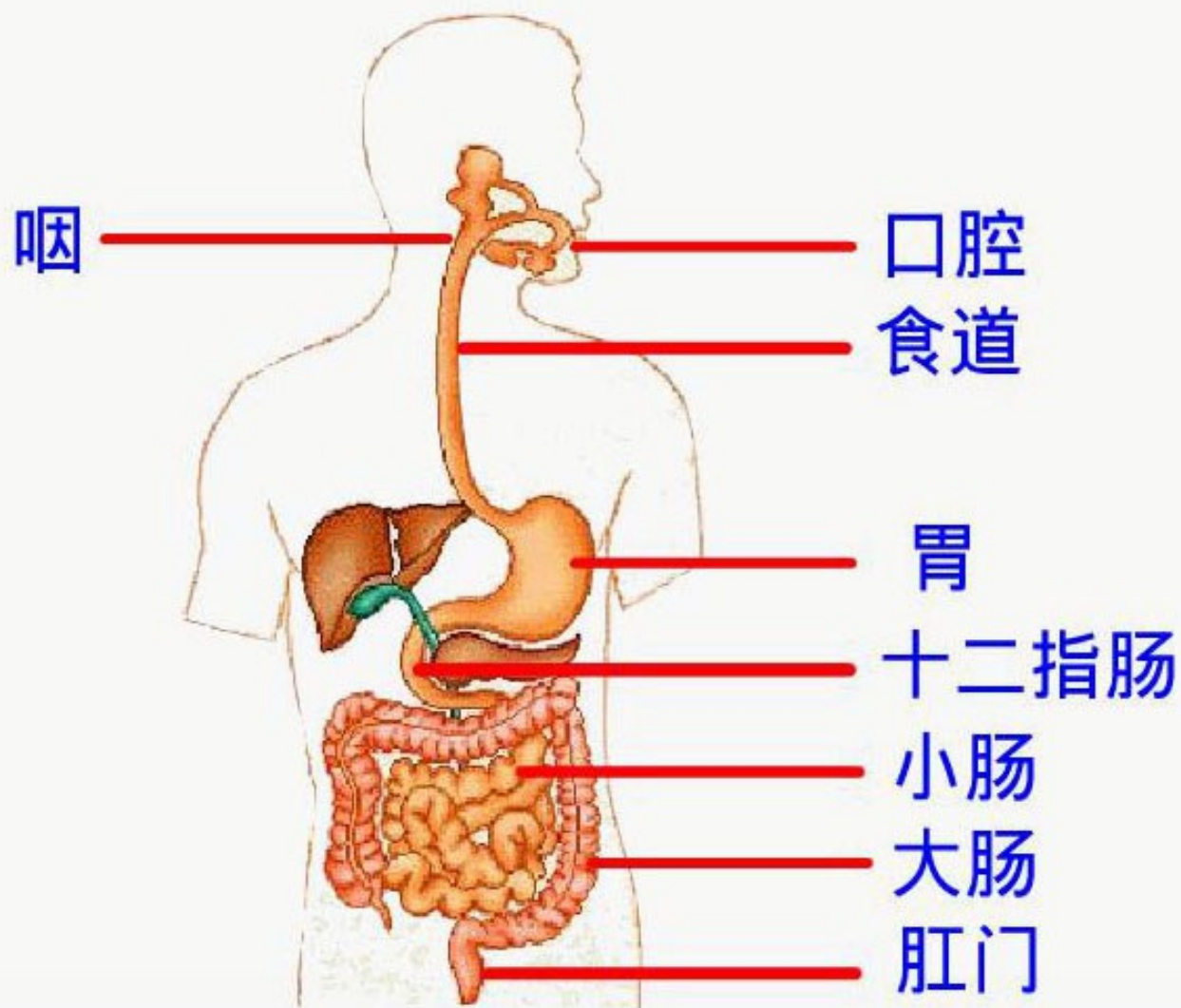
2. 什么是吸收（absorption）？

食物经过消化后，所形成的小分子物质通过消化道黏膜进入血液或淋巴的过程，称为吸收。有主动转运和被动转运两类方式。

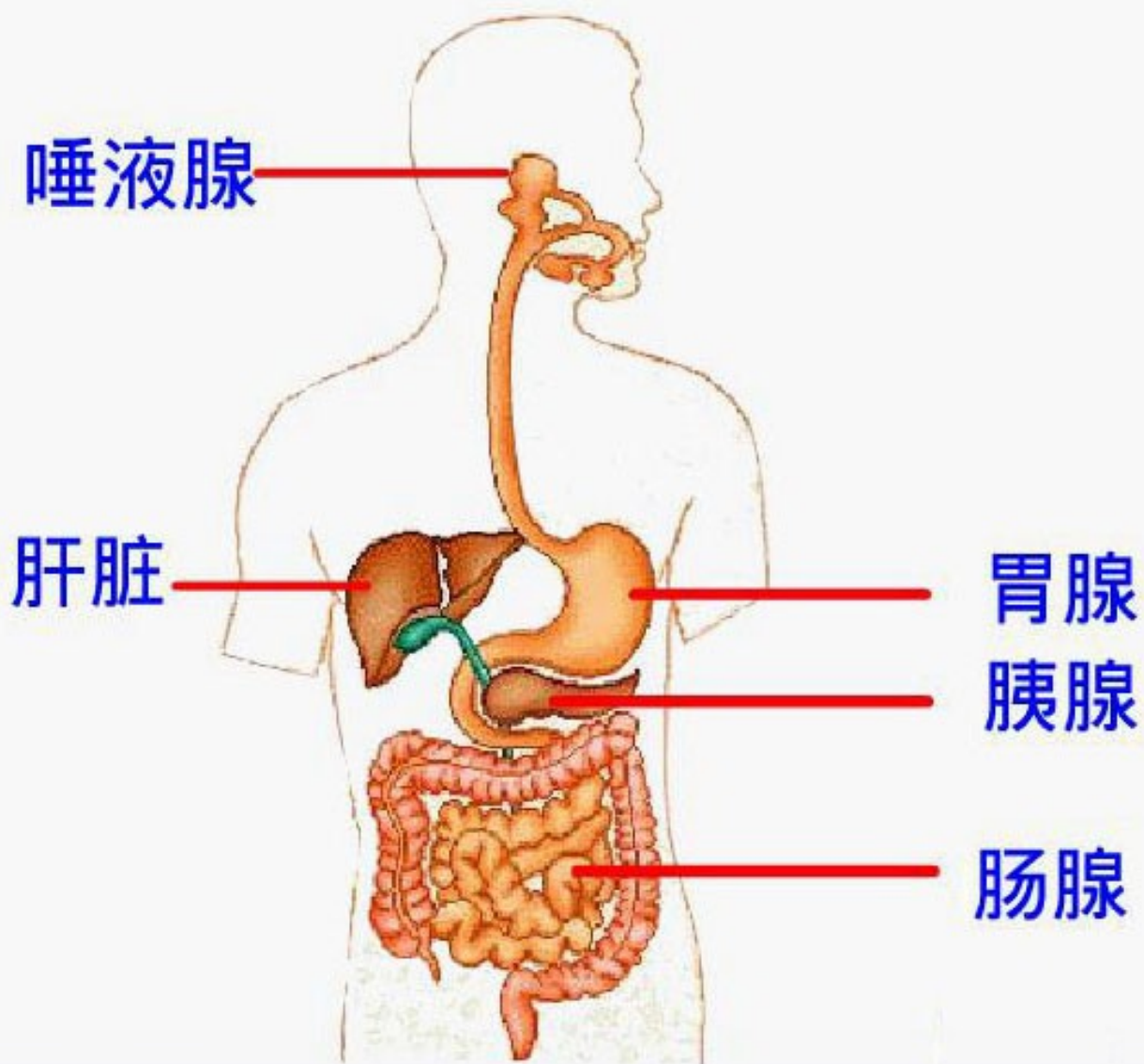
二、消化系统的组成与功能

消化系统分为消化道和消化腺（大消化腺和小消化腺）。

消化道



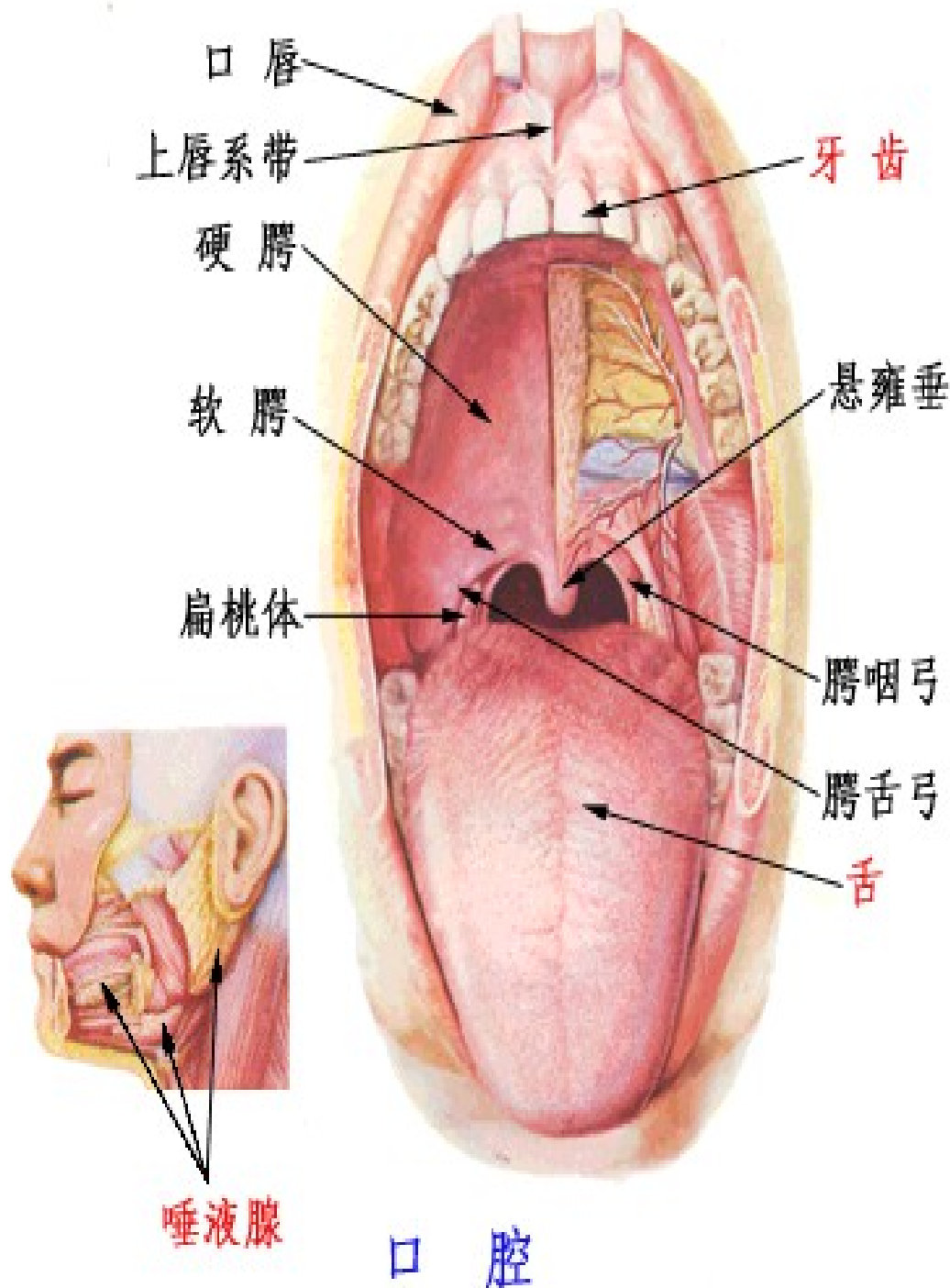
消化腺



二、消化系统的组成与功能

(一) 口腔

1. 牙齿
2. 舌
3. 唾液腺



想一想

如果牙齿损坏，会产生什么样的后果？
怎样保护你的牙齿呢？

唾液的成分及作用（中性，水多，黏、“甜”、盐）

（1）唾液的成分和性质

pH6.6-7.1，其中水分约占 99.5%，有机物主要为黏液蛋白，还有唾液淀粉酶和少量无机盐（ Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 等），另有少量气体如 N_2 、 O_2 和 CO_2 等。正常人日分泌唾液 1-1.5L。

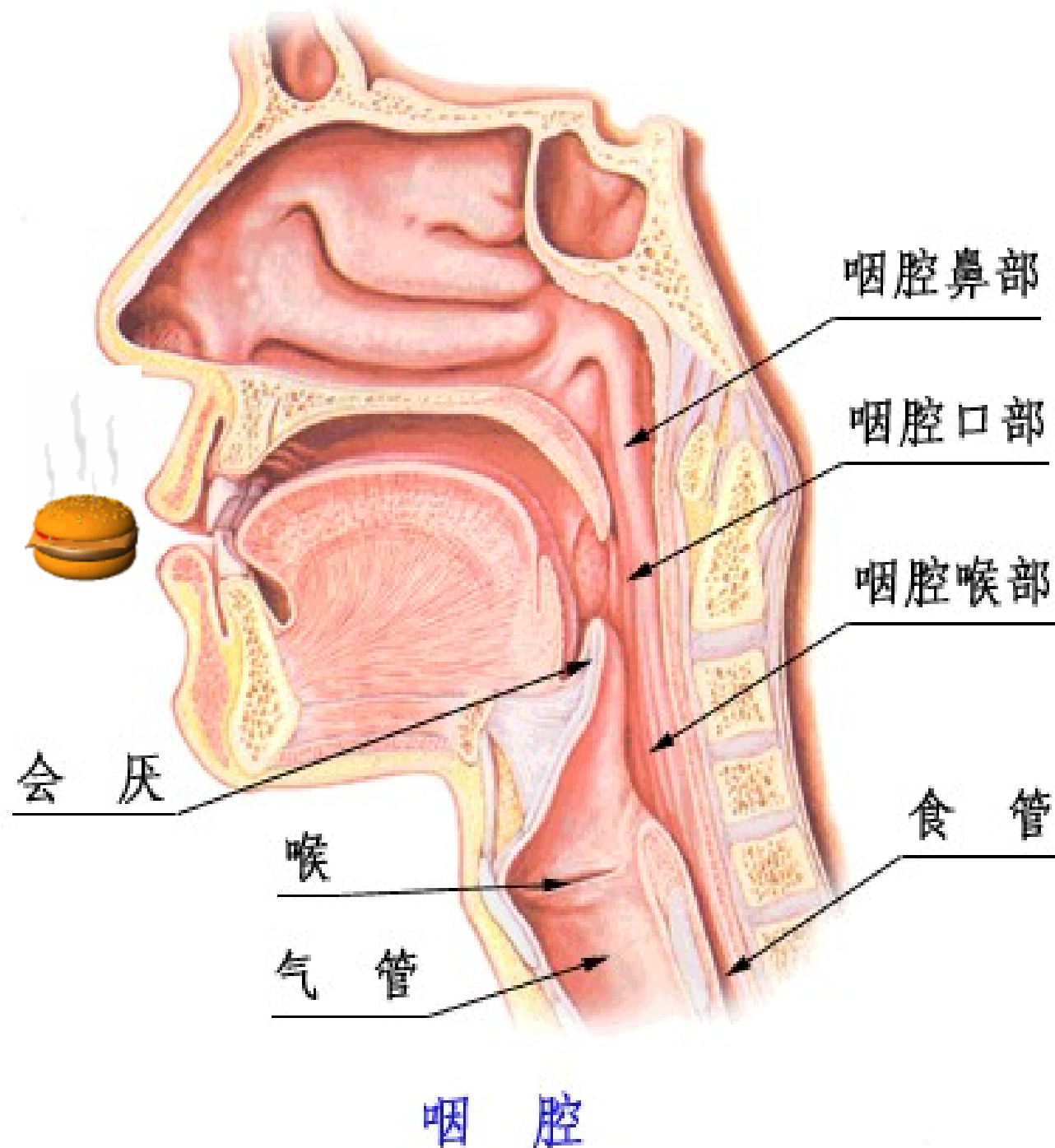
（2）唾液的作用

湿润与溶解食物并刺激味蕾引起味觉；清洁和保护口腔的作用；唾液淀粉酶可使淀粉水解成麦芽糖，对食物进行化学性消化。

(二) 咽与食道

1. 咽

2. 食道



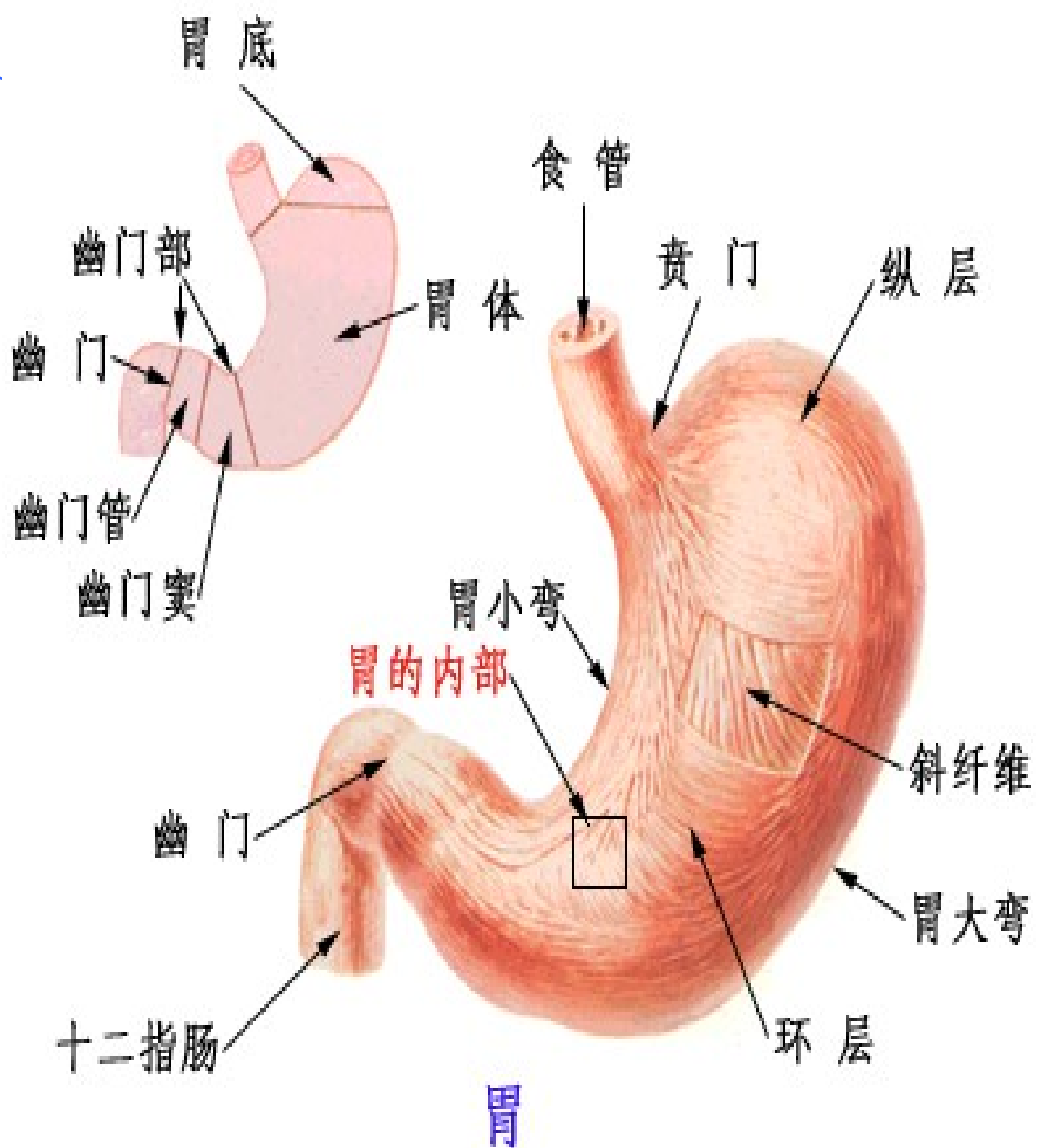
(三) 胃

1. 胃的运动_

(1) 容受性舒张

(2) 紧张性收缩

(3) 胃的蠕动



2. 胃液的成分及作用（酸、四样）

（1）**胃酸**：纯净胃液是一种无色透明的**酸性**液体（ $\text{pH}0.9-1.5$ ）。由胃腺壁细胞分泌，只有胃中才有此酸性分泌液。

作用：激活胃蛋白酶原，为其造成适宜的酸性环境，以利水解蛋白质；抑制和杀灭胃内细菌的作用；胃酸进入小肠后能刺激胰液和小肠液的分泌，引起胆囊收缩排出胆汁；胃酸造成的酸性环境有助于小肠对 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 的吸收。

（2）**胃蛋白酶**：主细胞分泌出来时为无活性的蛋白酶原，在 HCl 作用下被激活（最适 $\text{pH}2$ ），是胃液中的主要消化酶。能将蛋白质进行初步水解。

（3）**黏液**：胃黏膜表面的上皮细胞和胃腺中的黏液细胞分泌。主成分是糖蛋白，其次为粘多糖等大分子。在正常情况下胃黏膜表面常覆盖一层黏液，弱碱性，可中和 HCl 和减弱胃蛋白酶的消化作用，故可保护胃黏膜，使其免于受到 HCl 和蛋白酶的消化作用。同时，黏液还有润滑作用，可减少胃内容物对胃壁的机械损伤，对胃有保护作用。

（4）**内因子**：正常胃液中含“内因子”。是一种糖蛋白，与 VB_{12} 结合，保护 VB_{12} 免受小肠内蛋白水解酶的破坏并促进其吸收。

思考题

问题：胃穿孔病人的“穿孔”是如何发生的？

（四）小肠

1. 小肠的运动

（1）紧张性收缩

（2）节律性分节运动

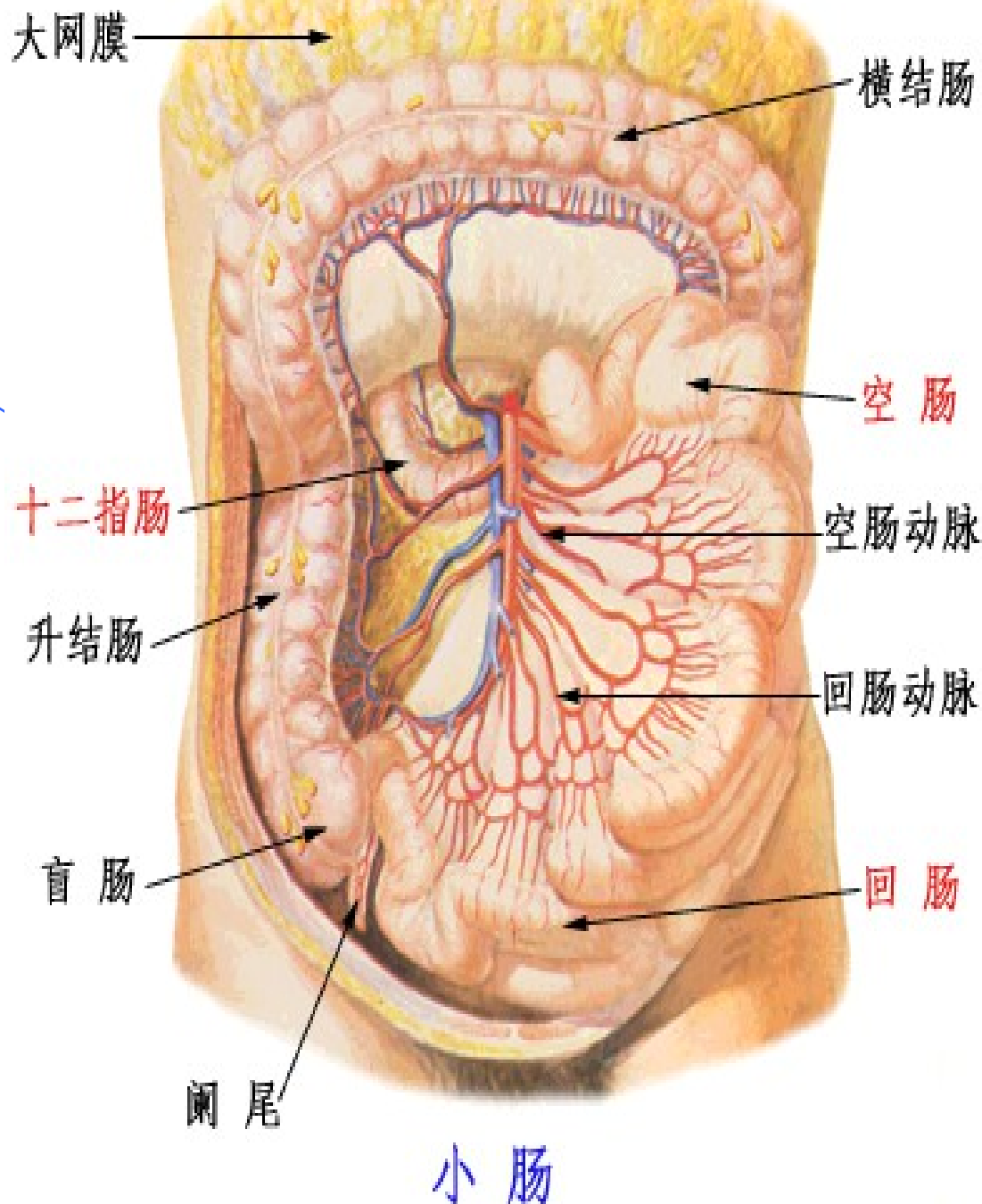
（3）蠕动

2. 进入小肠的消化液

（1）胰液

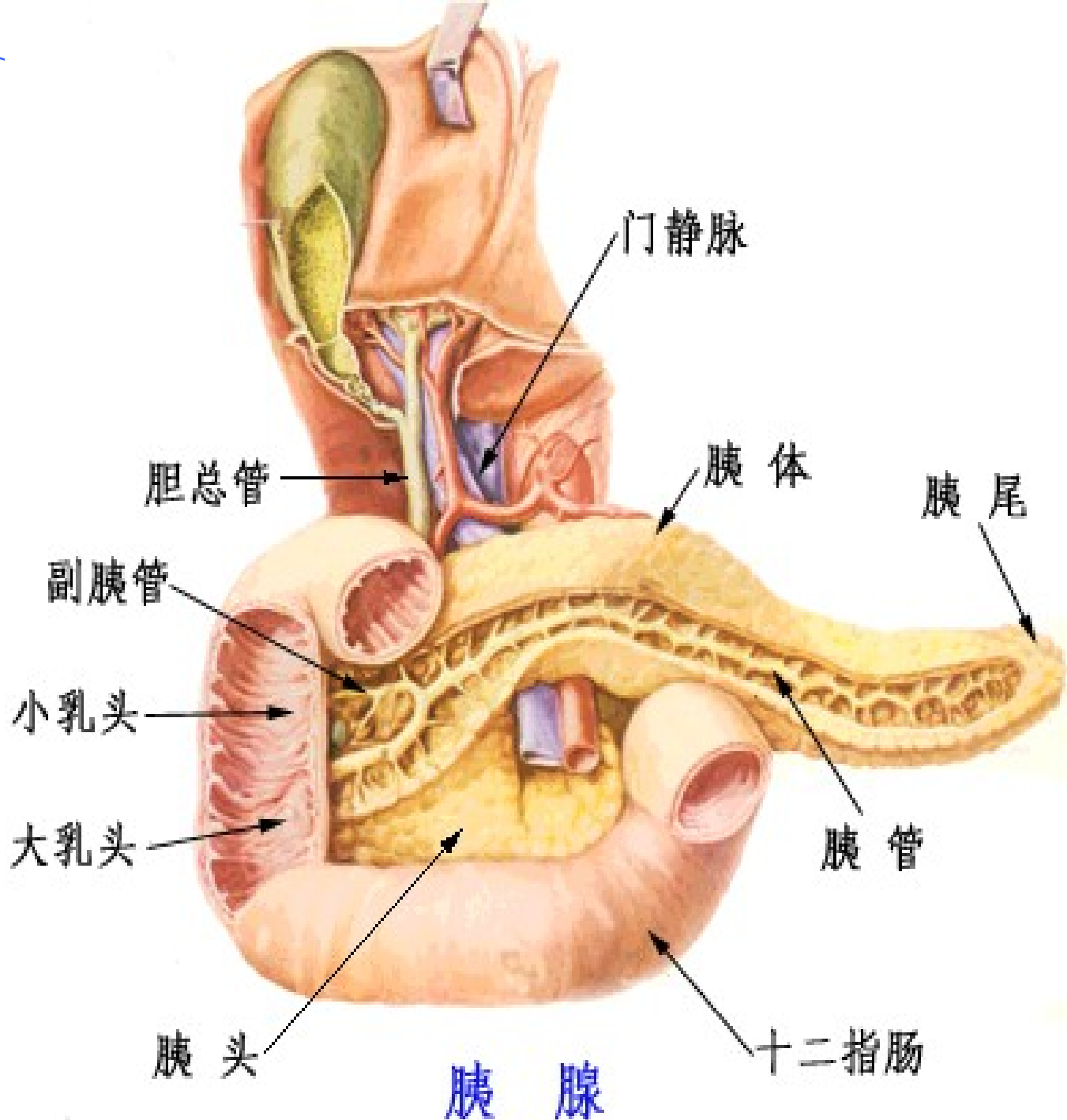
（2）胆汁

（3）小肠液



胰液

是由胰腺的外分腺部分所分泌，分泌的胰液进入胰管，与胆管后经位于十二指肠处的总胆管开口进入小肠。PH 为 7.8—8.4 胰液为无色、无嗅的弱碱性液体。 _

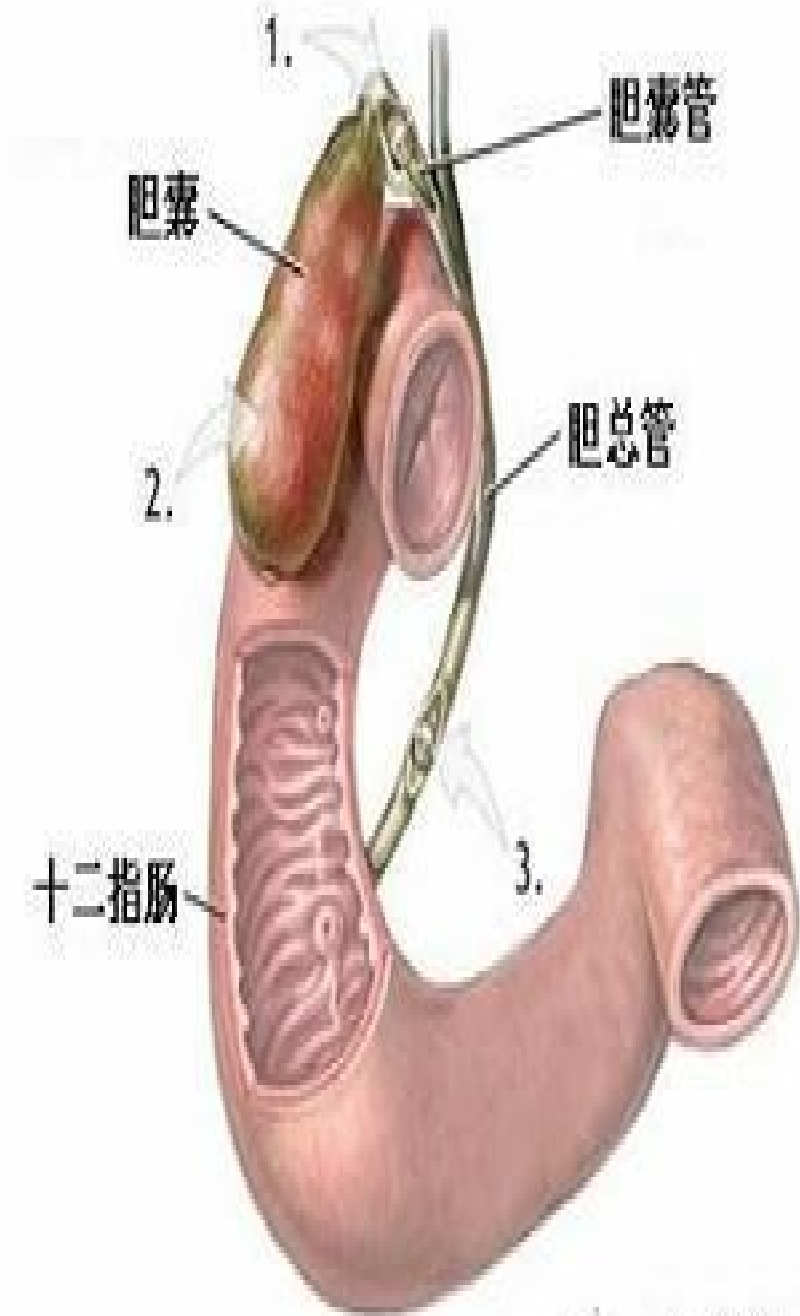


胰液的成分及作用：（“缓冲”和“三大物质的消化酶”）

- ① 中和进入十二指肠的胃酸，使肠黏膜免受强酸的侵蚀，同时提供了小肠内多种消化酶活动的最适 pH 值；
- ② 胰淀粉酶：为 α -淀粉酶，胰液是除唾液外的主要淀粉消化液；
- ③ 胰脂肪酶类：胰液中消化脂类的酶有胰脂肪酶、磷脂酶 A₂、胆固醇酯酶和辅酯酶。
- ④ 胰蛋白酶类：胰液的蛋白酶基本上分两类，即内肽酶和外肽酶。胰蛋白酶、糜蛋白酶和弹性蛋白酶属于内肽酶；外肽酶主要有羧基肽酶 A 和羧基肽酶 B。
- 特点：胰腺细胞最初分泌的各种蛋白酶都是以无活性的酶原形式存在的，进入十二指肠后被肠激活酶所激活。胰液中的所有酶类的最适 pH 值为 7.0 左右。

胆汁

胆汁是由肝细胞合成的，储存于胆囊，经浓缩后由胆囊排出至十二指肠。胆汁是一种金黄色或橘棕色有苦味的浓稠液体，其中除含有水分和钠、钾、钙、碳酸氢盐等无机成分外，还含有胆盐、胆色素、脂肪酸、磷脂、胆固醇及粘蛋白等。胆汁 pH7.4 左右。一般认为胆汁中不含消化酶。



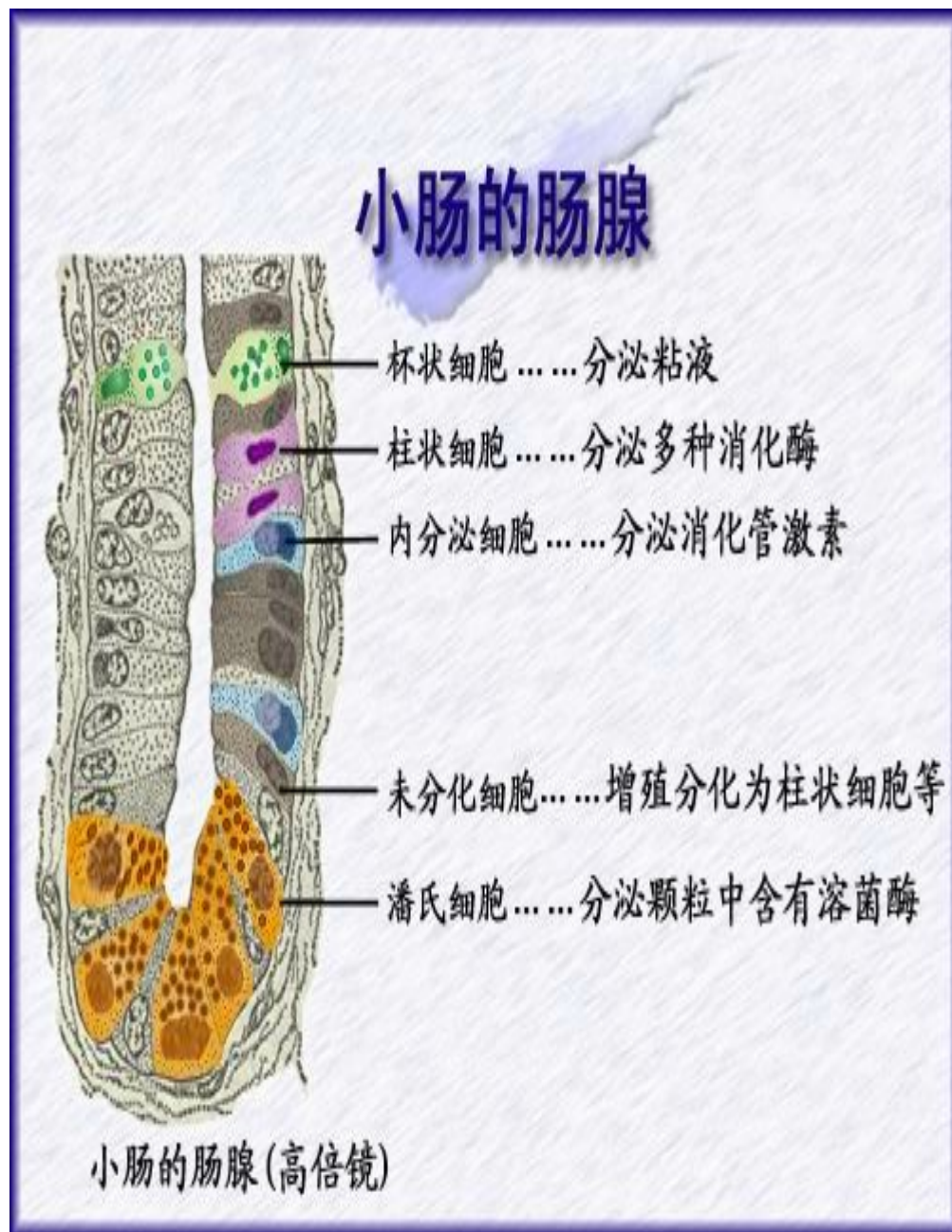
胆汁的作用是：激、微、合、脂、排（“鸡尾酒和纸牌”）

- ① 胆盐可**激**活胰脂肪酶，使后者催化脂肪分解的作用加速。
- ② 胆汁中的胆盐、胆固醇和卵磷脂等都可作为乳化剂，使脂肪乳化呈细小的**微**粒，增加了胰脂肪酶的作用面积，使其对脂肪的分解作用大大加速。
- ③ 胆盐与脂肪的分解产物如游离脂肪酸、甘油一酯等结**合**成水溶性复合物，促进了脂肪的吸收。
- ④ 通过促进**脂**肪的吸收，间接帮助了脂溶性维生素的吸收。
- ⑤ 胆汁是体内胆固醇**排**出体外的主要途径。

小肠液

pH7.6 呈弱碱性。成人分泌 1-3L/d。小肠中除含多种**粘蛋白**、**肠激酶**外，还含多种**消化酶**，此外还常混有脱落的上皮细胞、白细胞和微生物等。

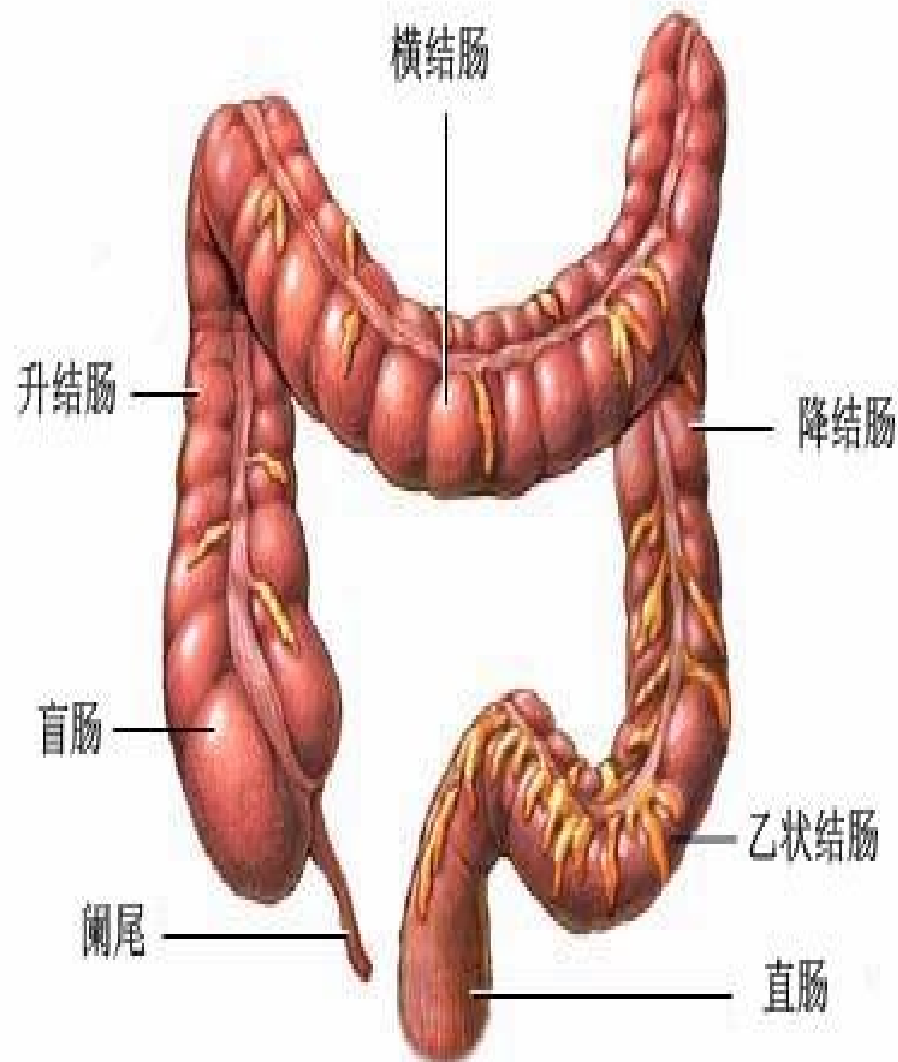
作用：进一步分解肽类、二糖和脂类使其成为可被吸收的物质。如蔗糖酶分解蔗糖；麦芽糖酶分解麦芽糖；乳糖酶分解乳糖。



（五）大肠

1. 大肠的运动

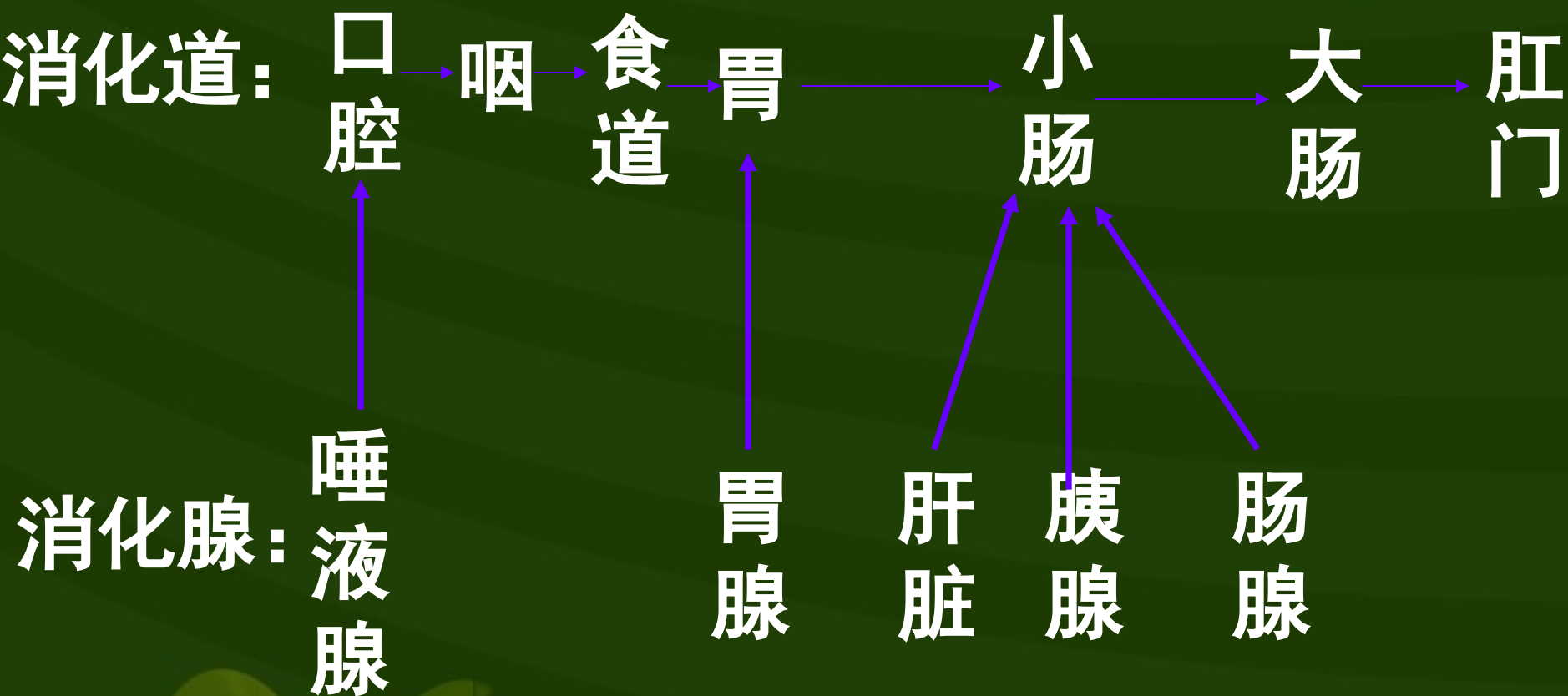
- （1）. 袋状往返运动
- （2）. 分节或分袋推进运动
- （3）. 蠕动



大肠液的成分及作用：（保护黏膜和润滑粪便）

- 成分：碱性液体，pH8.3-8.4，主成分为黏液蛋白，保护黏膜和润滑粪便。
- 作用：含酶很少，没有明显的消化作用。大肠内容物主要受细菌的分解作用。细菌所含的酶能使食物残渣与植物纤维素分解。对糖类和脂肪进行发酵式分解，蛋白质进行腐败式分解。

消化系统的组成



消化腺 (digestive gland)

消化腺

唾液腺——分泌唾液，其中的**唾液淀粉酶**能初步消化淀粉

胃腺——分泌胃液，其中的**蛋白酶**可以初步消化蛋白质

肠腺——分泌肠液，其中含有消化**糖类的酶**
(消化蛋白质和脂肪的酶存在于小肠)

胰腺——分泌胰液，其中含有消化**糖类、蛋白质和脂肪的酶**

肝脏——分泌胆汁，**不含消化酶**，对脂肪起作用

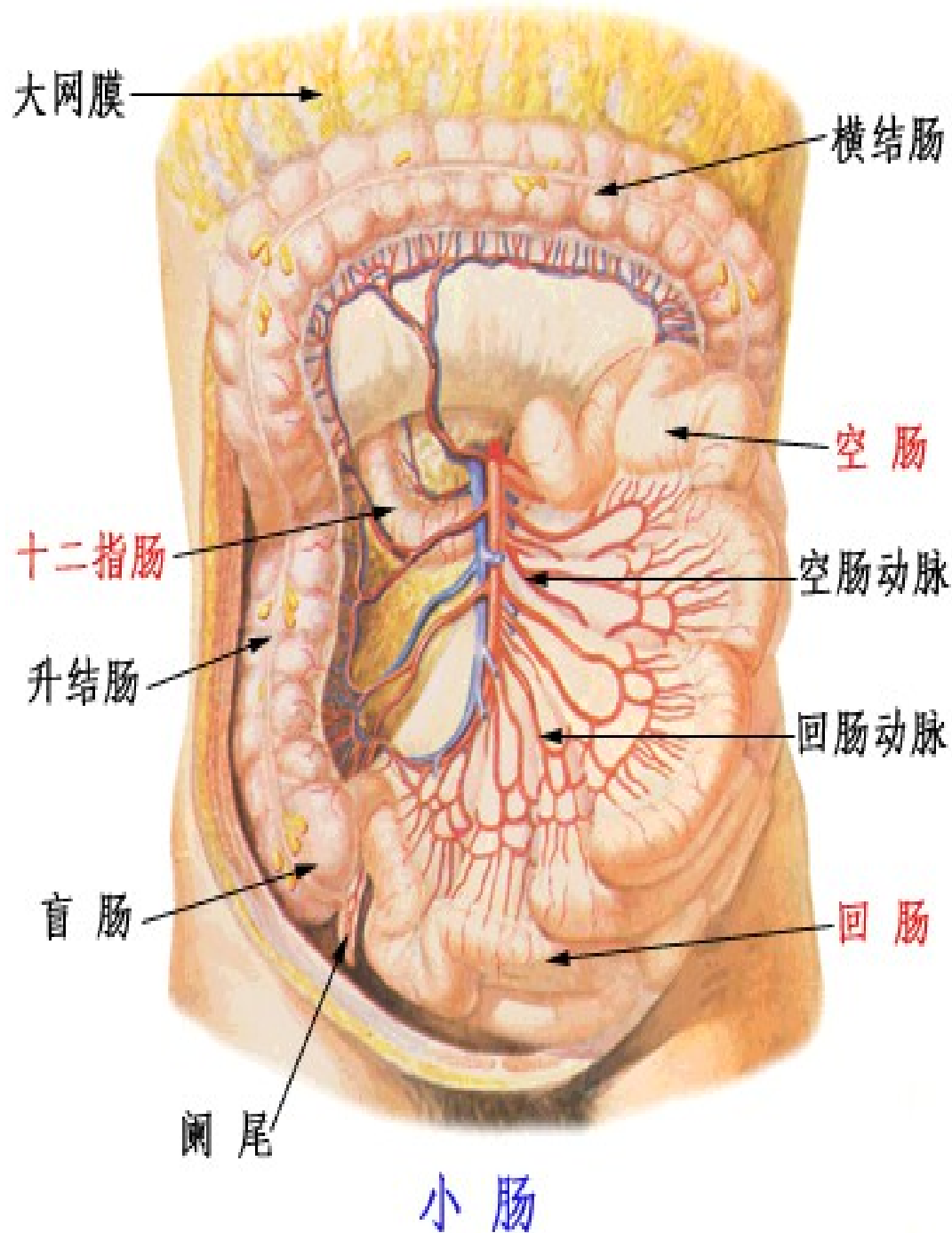
三、吸收

(一) 吸收的部位

(1) 小肠上段**十二指**肠和**空**肠

回肠被认为是吸收机能的储备，能主动吸收胆汁酸盐和 VB_{12} 。

(2) 大肠主要吸收水分和盐类



(1) 小肠

人小肠长度为 5-6m，在小肠内壁上布满了环状皱褶、绒毛和微绒毛。使小肠的吸收面积可达 200 平方米。小肠的这种结构增大食糜流动时的磨擦力，延长了食物在小肠内的停留时间，为食物在小肠内的吸收创造了有利条件

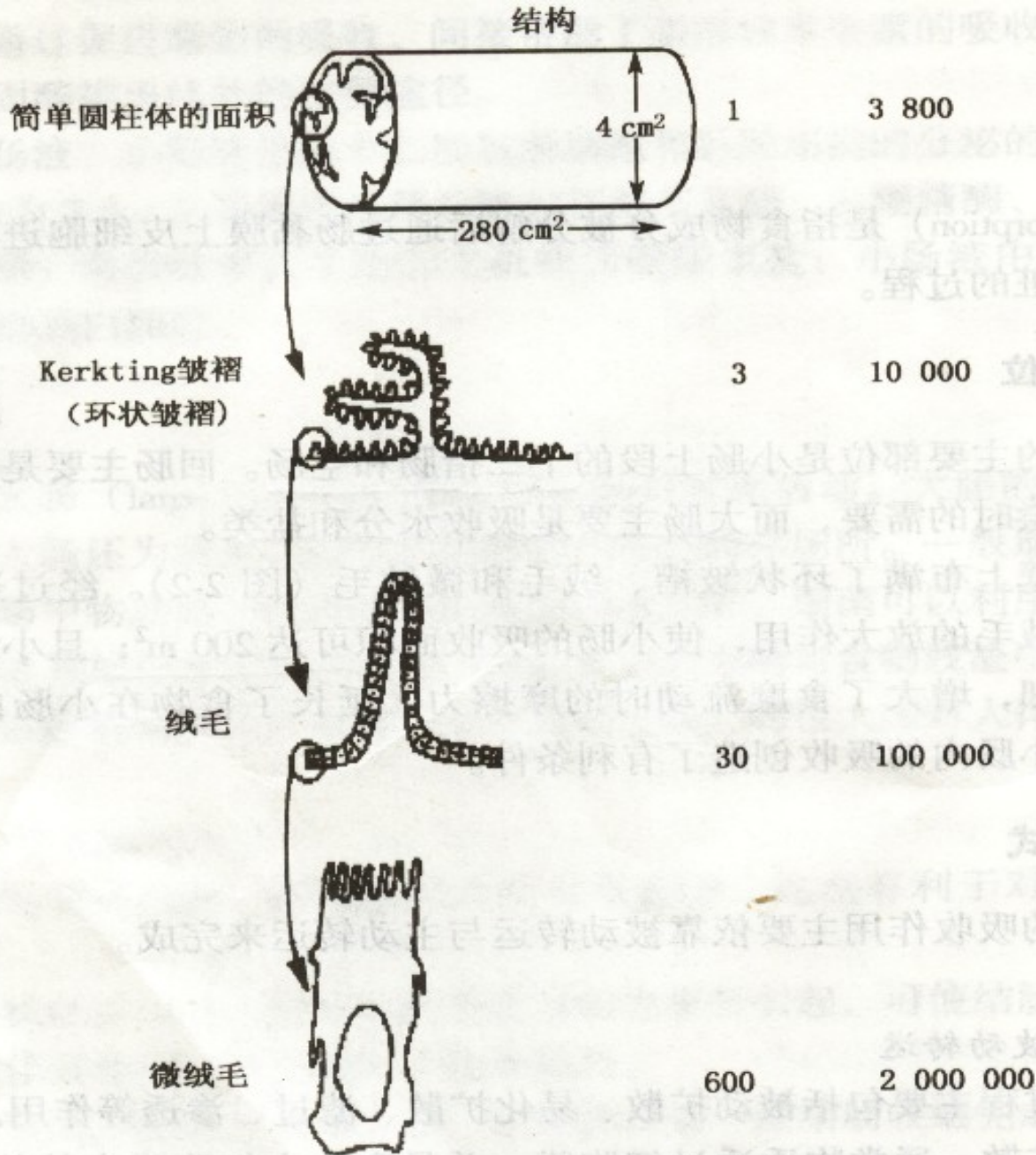
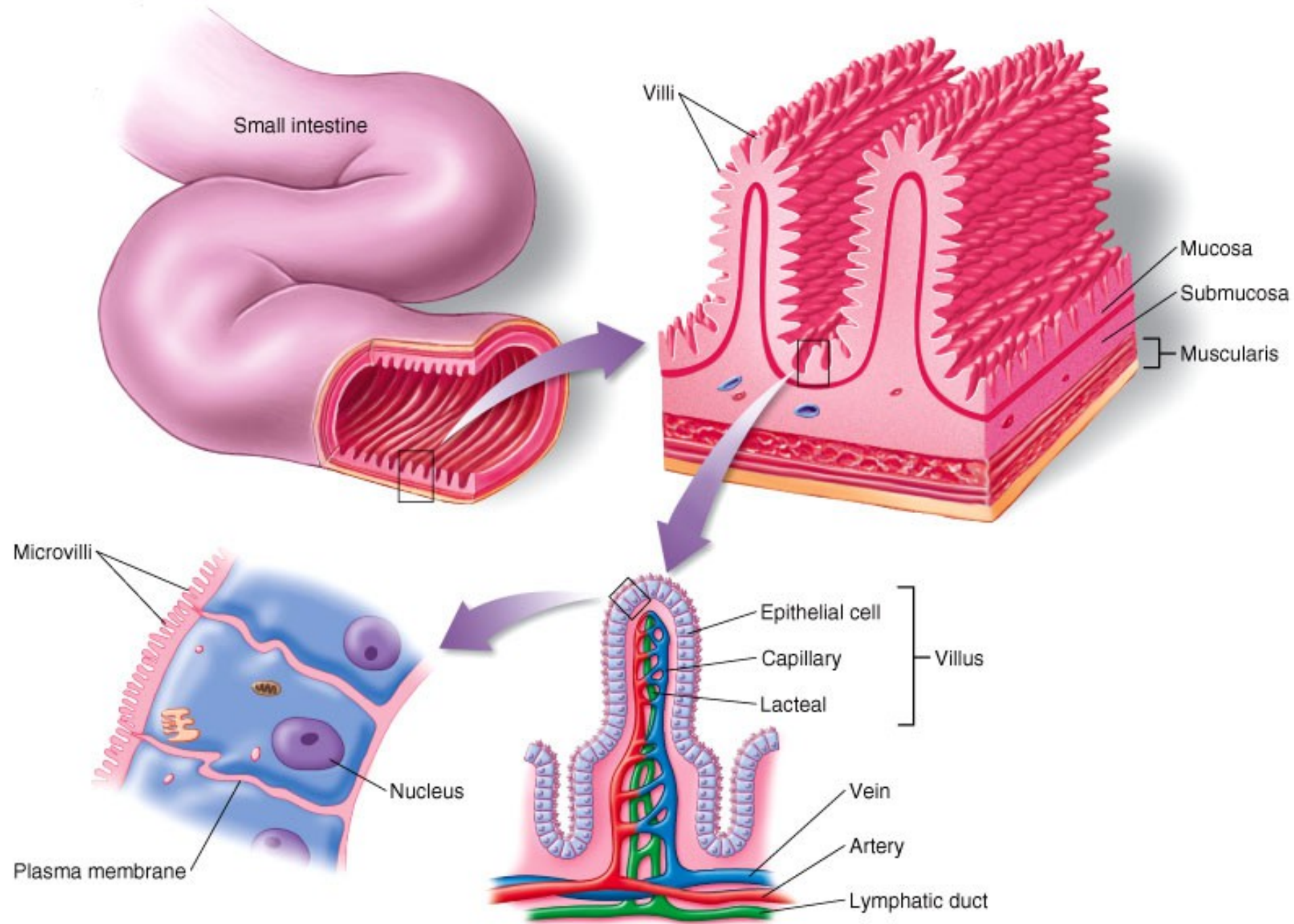


图 2-2 小肠结构特性



（二）吸收的形式

1. 被动转运

（1）被动扩散（物质从浓度高的一侧向低的一侧透过）

（2）易化扩散（指非脂溶性物质或亲水物质，需在细胞膜蛋白质的帮助下，由膜的高浓度向低浓度一侧扩散或转运的过程。

（3）滤过作用（胃肠黏膜的上皮细胞可以看做是滤过器，如果胃肠腔内的压力超过毛细血管时，水分和其他物质就可以滤入血液。

（4）渗透（渗透压较高的一侧将从另一侧吸引一部分水过来，

以求达到渗透压的平衡）营养成分必须逆着浓度梯度的方向穿过细胞膜，这个过程称主动转运。营养物质的转运需要有细胞上脂蛋白作为载体协助，而且需要能量。

2. 主动转运

3. 胞饮作用：一种通过细胞膜的内陷将物质摄取到细胞内的过程。可使细胞吸收某些完整的脂类和蛋白质。也是新生儿从初乳中吸收抗体的方式，婴儿可以以这种方式从母乳中获取具有免疫效果的抗体、乳铁蛋白、溶菌酶等。这种未经消化的蛋白进入体内可能是某些人食物过敏的原因。

第二节 主要营养物质的消化和吸收

一、蛋白质的消化和吸收

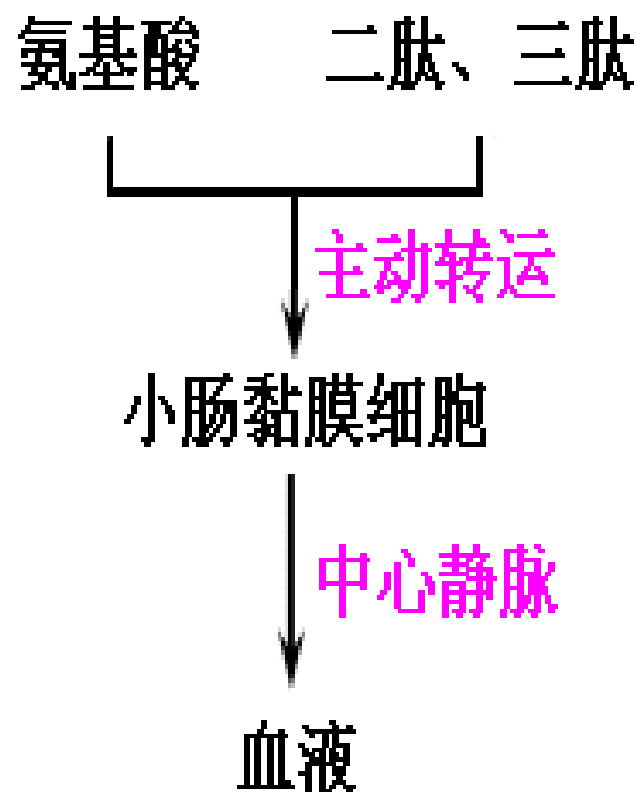
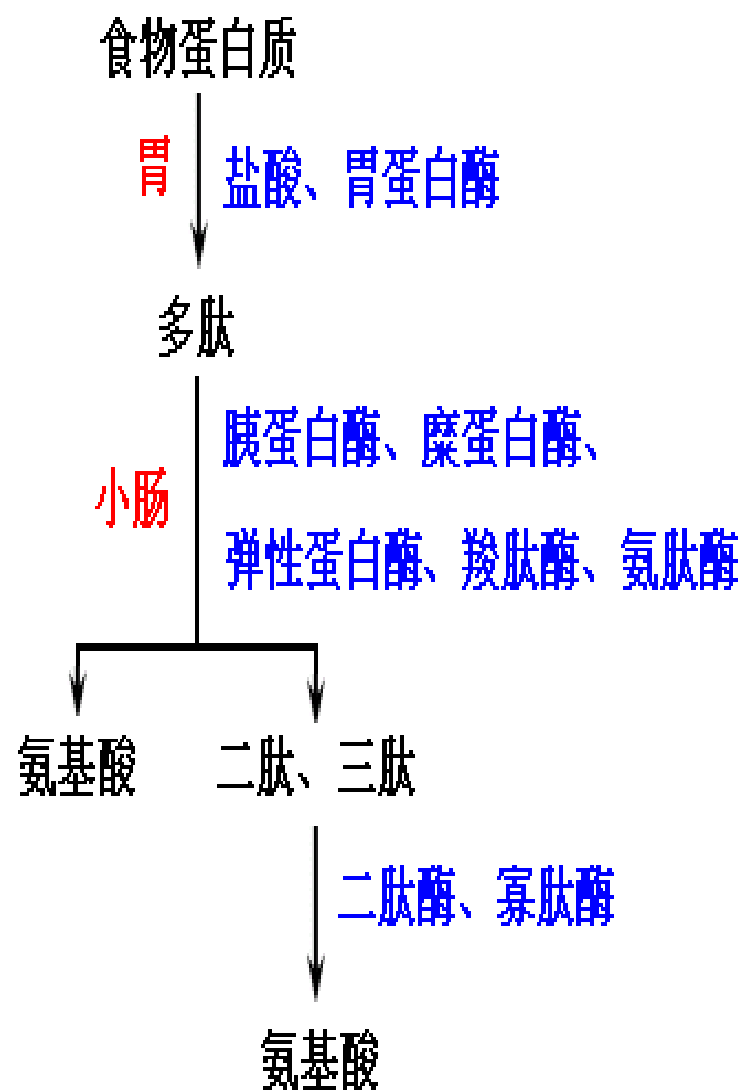
二、脂肪的消化与吸收

三、碳水化合物消化与吸收



蛋白质的消化和吸收

- (1) 蛋白质在胃中的消化：胃蛋白酶主要水解含芳香族氨基酸、蛋氨酸、亮氨酸等氨基酸残基的蛋白质，把蛋白质分解为多肽。但由于胃蛋白酶的消化作用较弱，且食物在胃内停留的时间不是很长，所以蛋白质在胃中的消化很不完全，食物蛋白质的消化主要在小肠进行。
- (2) 蛋白质在小肠中的消化：食糜自胃中进入小肠后，蛋白质的不完全水解产物再经胰液中蛋白酶的作用，被分解为游离氨基酸和寡肽，其中 $1/3$ 为游离氨基酸， $2/3$ 为寡肽。寡肽在小肠黏膜细胞的氨基肽酶的作用下被分解为二肽，二肽再经二肽酶的作用被分解成游离氨基酸。
- (3) 氨基酸的吸收：氨基酸的吸收主要在**小肠上段**进行，为**主动转运**过程。在小肠黏膜细胞膜上，存在着运载氨基酸的载体，可以将氨基酸转运入细胞内。氨基酸的结构不同，其转运载体也不同。此外，小肠黏膜细胞上还存在着吸收二肽和三肽的转运体系，用于二肽和三肽的吸收，并在胞浆中氨基肽酶的作用下，将二肽和三肽彻底分解成游离氨基酸。吸收入肠黏膜细胞中的氨基酸，进入肠膜下的中心静脉而入血流，经由门静脉入肝。



脂肪的消化和吸收

(1) 脂类的消化:

脂类消化的主要场所在**小肠上段**。食物脂类在小肠腔内由于肠蠕动所起的搅拌作用和胆汁的掺入，分散成细小的乳胶体，同时，胰腺分泌的脂肪酶在乳化颗粒的水油界面上，催化甘油三酯、磷脂和胆固醇的水解。

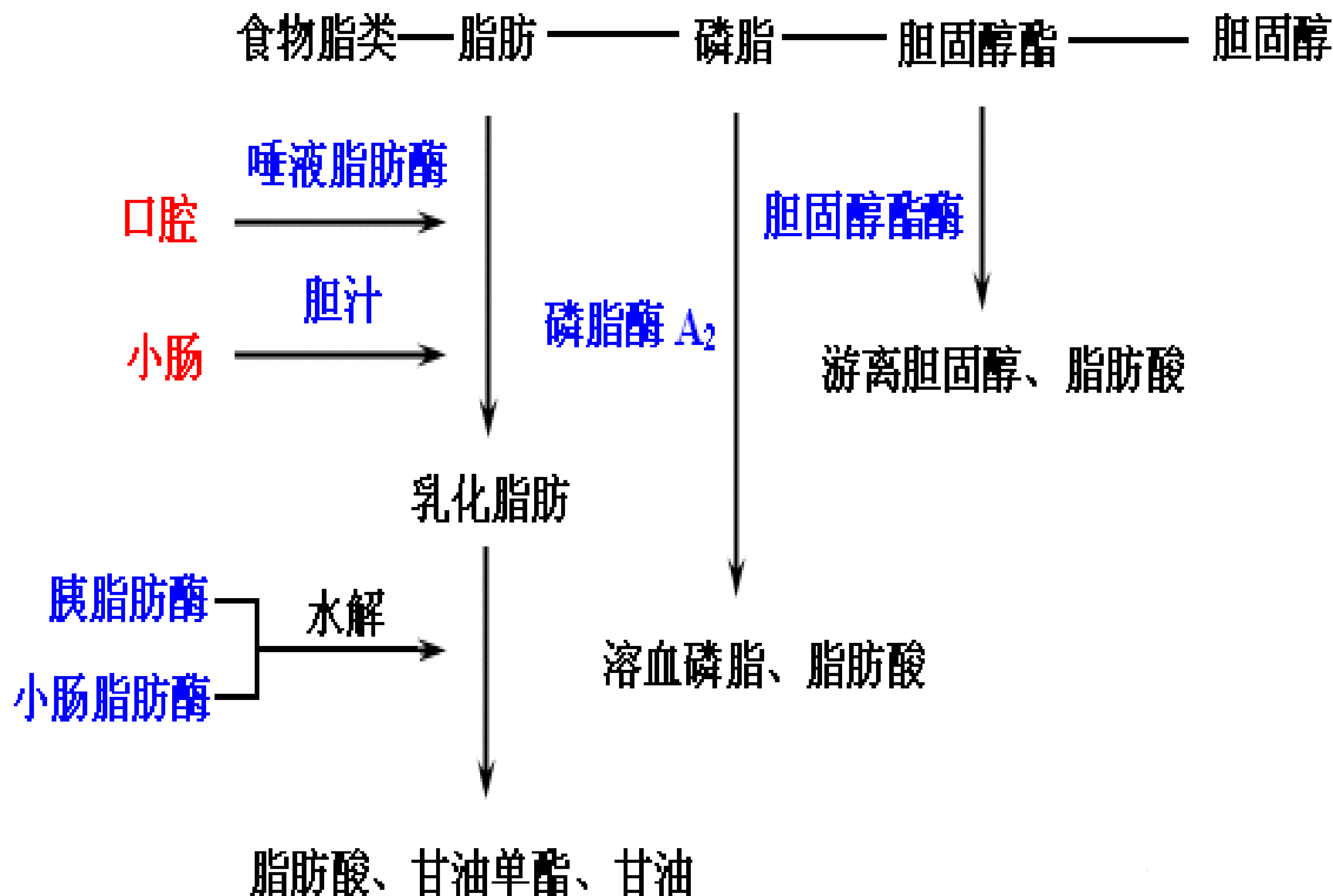
① 甘油三酯的分解：胰脂肪酶能特异性地催化甘油三酯的 α —酯键（即第一位，第三位酯键）水解，产生 β —甘油一酯并释放出 2 分子游离脂肪酸。②胆固醇的分解：胆固醇酯酶作用于胆固醇酯，使胆固醇酯水解为游离胆固醇和脂肪酸。

③ 磷脂的分解：由磷脂酶 **A2** 催化磷脂的第二位酯键水解，生成溶血磷脂和 1 分子脂肪酸。

- (2) 脂类的吸收:

脂类吸收的部位主要在十二指肠的下部和空肠的上部。

消化与吸收是同时进行。脂类消化过程中产生的脂肪酸、甘油一酯极性较大，能够从乳胶体的酯相扩散到胆汁微团中，形成微细的混合微团，体积很小，而且带有极性很易扩散，通过覆盖在小肠绒毛表面的水层，进入肠黏膜细胞中，在胞内重新合成为甘油三酯，然后与载脂蛋白、磷脂、胆固醇等生成乳糜微粒，经淋巴进入血液循环；中、短链脂肪酸及甘油的极性较强，很容易分散而被吸收；中、短链脂肪酸构成的甘油三酯，经胆盐乳化后也可以完整的形式吸收，在肠黏膜细胞内脂肪酶的作用下，水解成脂肪酸及甘油，通过门静脉进入血液循环；胆固醇的吸收较其他脂类慢且不完全，已吸收的胆固醇大部分被再酯化生成胆固醇酯，后者的大部分参与乳糜微粒，少量参与组成极低密度脂蛋白，经淋巴进入血液循环。



碳水化合物的消化和吸收

1) 碳水化合物的消化过程:

口腔把淀粉水解成麦芽糖。在小肠，胰液中的 α —淀粉酶可以从淀粉分子的内部水解 α —1, 4糖苷键，把淀粉分解为麦芽糖、麦芽三糖及含分支的异麦芽糖和 α —临界糊精。 α —临界糊精由4~9个葡萄糖组成，和异麦芽糖一样，其分支结构由 α —1, 6糖苷键组成。小肠黏膜的刷状缘含有 α —葡萄糖苷酶(包括麦芽糖酶)和 α —临界糊精酶(包括异麦芽糖酶)。 α —葡萄糖苷酶可把麦芽糖和麦芽三糖水解成葡萄糖，而 α -临界糊精酶能把异麦芽糖和 α —临界糊精水解成葡萄糖。此外，小肠黏膜细胞内还存在 β —葡萄糖苷酶，可以水解蔗糖和乳糖。

其他糖类

- 食物中的大豆及豆制品中还有一定量的**棉籽糖**和**水苏糖**等糖类。由于我们人体内没有分解它们的酶，故不能被消化，但是它们可被肠道中的微生物发酵，发酵后会产生一定量的气体，我们称它们为“胀气因素”。
- 食物中还有一大类碳水化合物，就是**纤维素**和**半纤维素**，它们同样因为人体内没有分解它们的酶，所以不能被人体消化，但是纤维在保持消化系统健康上扮演着重要的角色。纤维可以清洁消化壁和增强消化功能，可稀释和加速食物中的致癌物质和有毒物质的移除，还可加速排泄胆固醇。在国外，膳食纤维在食品工业中的应用已是一件很普遍的事。膳食纤维的生理功效是明确而肯定的，诸如预防便秘与结肠癌、调节血脂、调节血糖以及减肥等。膳食纤维的不足或缺乏，与现代“文明病”的发病率与发病程度有直接的关系。

2) 碳水化合物的吸收:

糖的吸收主要在**小肠上段**完成。戊糖（核糖）靠被动扩散吸收。己糖则靠载体的主动转运吸收。由于载体的转运有特异性，小肠黏膜细胞膜上运载糖的载体要求糖的结构为吡喃型单糖，并在其第二位碳上有自由羟基，所以葡萄糖、半乳糖等能与载体结合而迅速被吸收，而果糖、甘露糖等因不能与这类载体结合，主要依靠被动扩散吸收，所以吸收速度较低。糖被吸收后通过小肠中心静脉进入血液循环。

食物淀粉

— (口腔) 唾液淀粉酶 水解 40%

— (胃) 盐酸 水解 微量

— (小肠) 胰淀粉酶 水解 50%

— (小肠) 肠淀粉酶 水解 少量



α -糊精, 麦芽糖



α -糊精酶

葡萄糖



麦芽糖酶
异麦芽糖酶

葡萄糖



蔗糖酶

葡萄糖、果糖



乳糖酶

葡萄糖、半乳糖

无机盐和维生素的吸收：小肠和大肠的各个部位都可吸收无机盐，吸收速度取决于多种因素：载体、pH、饮食成分等。人体消化道内没有分解维生素的酶。

水溶性维生素在动植物细胞中以结合蛋白质的形式存在，在细胞崩解过程和蛋白质消化过程，这些结合物被分解，而释放出维生素。脂溶性维生素溶于脂肪，随着脂肪的乳化与分散而同时被消化某些维生素在消化过程中可能被分解破坏

矿物质在食品中有些是呈离子状态下存在，可直接被机体吸收

水分的吸收：小肠吸收水分的主要方式是渗透作用，在吸收其它物质过程中所形成的渗透压是促使水分吸收的重要因素；此外小肠收缩时使肠腔内流体压力差增高，也可使部分水以滤过方式而吸收。

食物消化口诀

食物消化各不同，
维矿直接被吸收，
碳蛋脂类要靠酶，
碳始口腔终于肠，
蛋始胃部续在肠，
脂类直接在小肠，
肝胆胰液都帮忙。

第三节 营养代谢物质的排泄

一、排泄的概念

是指机体在新陈代谢过程中所产生的代谢终产物以及多余的水分和进入体内的各种异物（包括药物），由排泄器官向体外输送的生理过程。

二、排泄器官

器官主要是肾，其次是肺、皮肤、肝和肠。

肾脏以尿的形式排出多种代谢终产物和某些异物，如尿素、尿酸、水及药物等；肺排出二氧化碳和水；皮肤排出部分水和盐类及少量尿素。肝和肠把胆色素和无机盐随粪便排出体外。由肾脏排出的代谢终产物不仅种类多，且数量大。 _

End

Thanks

! _

