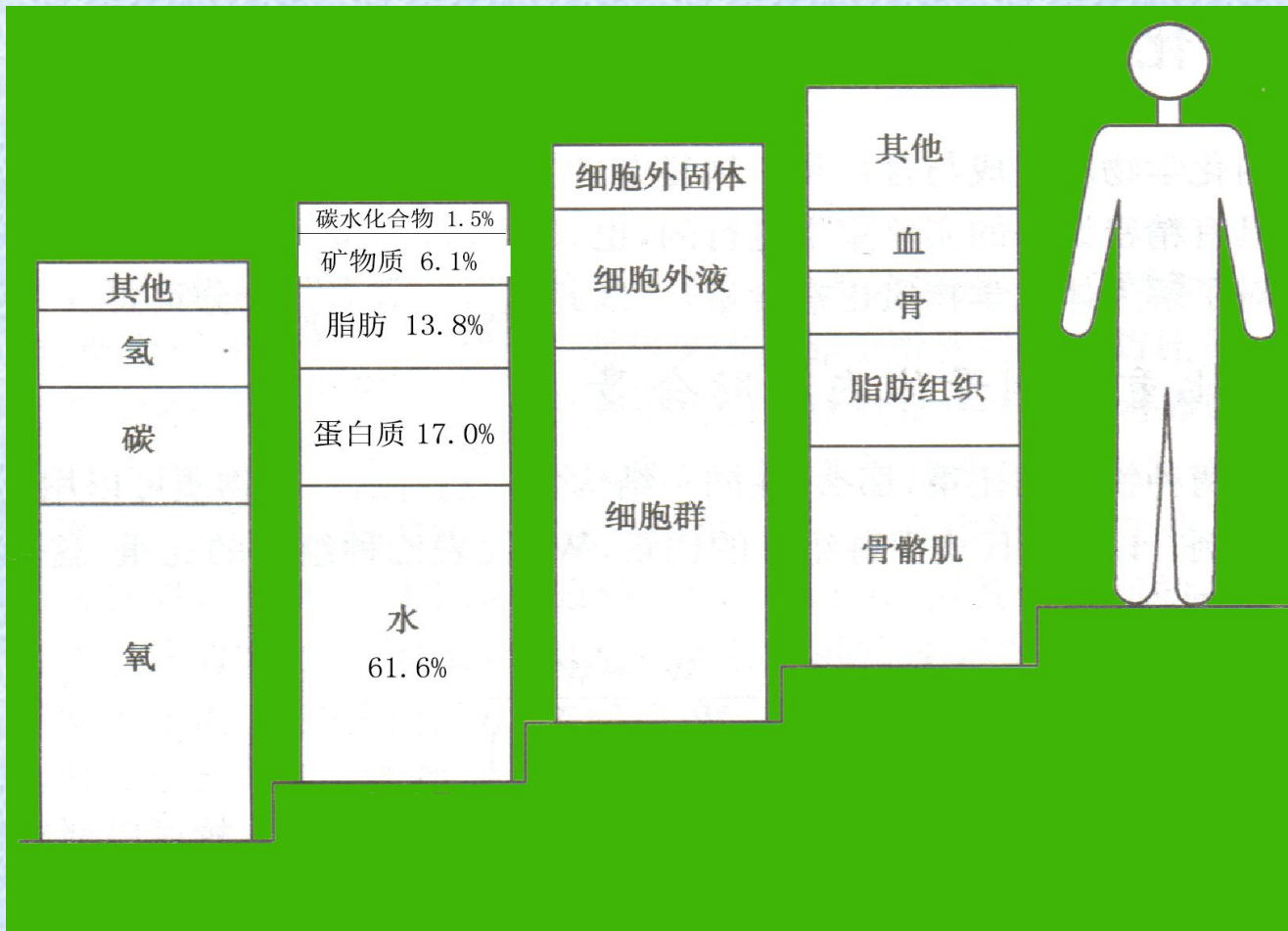


第六章 消化与营养

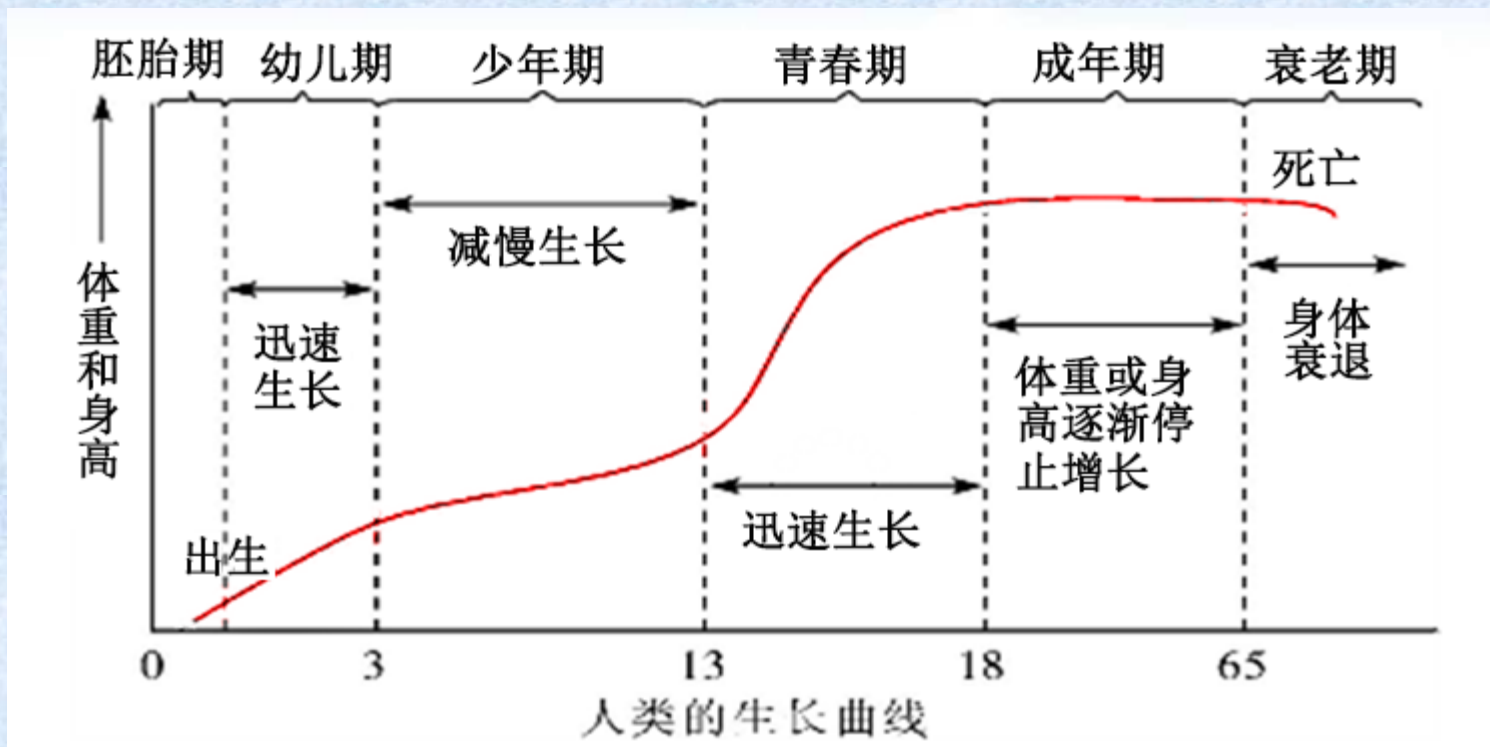
第一节 人体营养概述

一、概述

1、人体物质构成



2、人体生长曲线



3、不同年龄的基础代谢 (BMR)

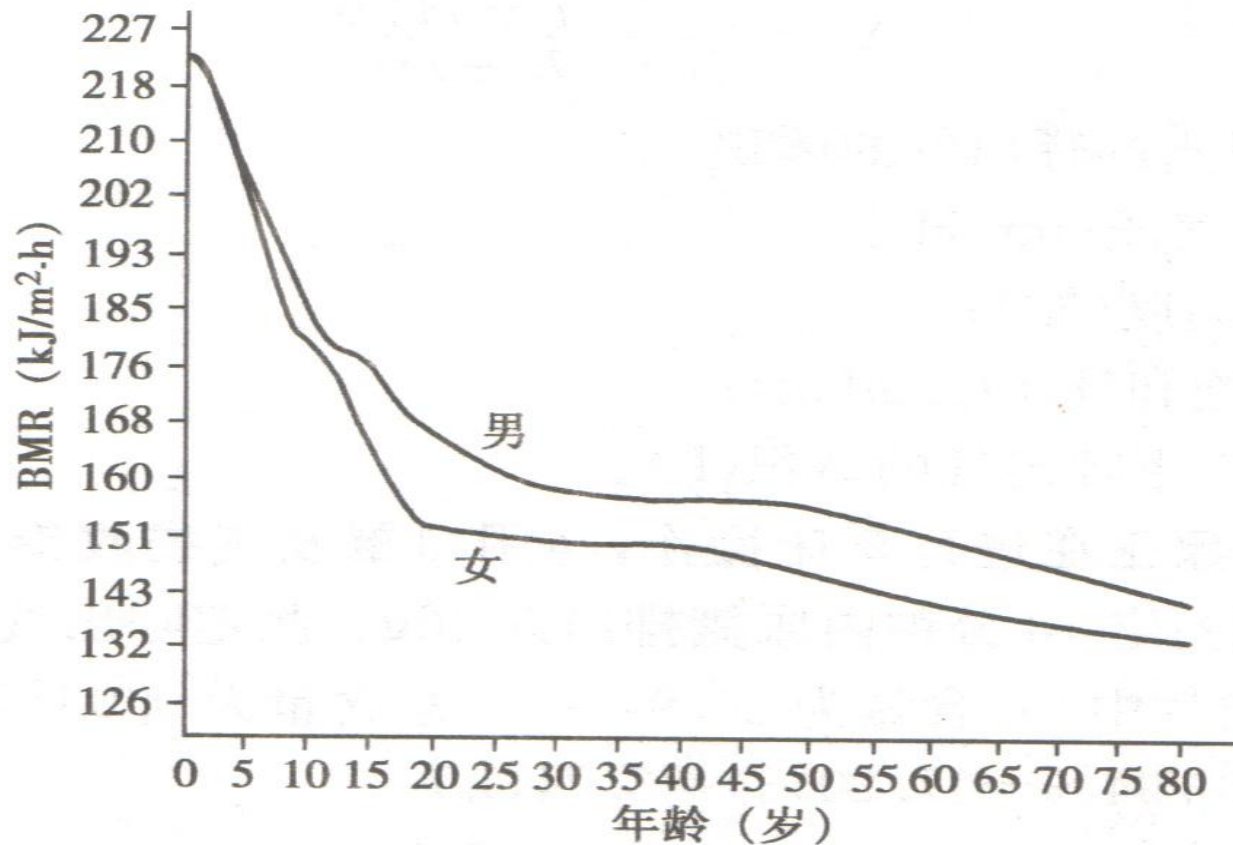


图 2.2 不同年龄的正常基础代谢率

4、人体营养与代谢的部分相关指标：

4.1 基础代谢率 BMR basal metabolic rate

单位时间内人体基础代谢所消耗的能量

KJ/M²·h KJ(千焦耳) / (体表面积M²·小时)

测定前12-15小时禁食，清晨睡醒时，静卧半小时以上，之前未做过费力活动，清醒，室温25-30°C

体表面积计算：

$$M^2 = 0.0061 \times \text{身高 (cm)} + 0.0128 \times \text{体重 (kg)} - 0.1592$$

人体基础代谢率

年 龄 (岁)	男				年 龄 (岁)	女			
	KJ/m ₂	Kcal/m ₂	KJ/m ²	Kcal/m ₂		KJ/m ₂	Kcal/m ²	KJ/m ₂	Kcal/m ²
1	221.8	53.0	221.8	53.0	30	154.0	36.8	146.9	35.1
3	214.6	51.3	214.2	51.2	35	152.7	36.5	146.4	35.0
5	206.3	49.3	202.5	48.4	40	151.9	36.3	146.0	34.9
7	197.9	47.3	200.0	45.4	45	151.5	36.2	144.3	34.5
9	189.1	45.2	179.1	42.8	50	149.8	35.8	139.7	33.9
11	179.9	43.0	175.7	42.0	55	148.1	35.4	139.3	33.3
13	177.0	42.3	168.6	40.3	60	146.0	34.9	136.8	32.7
15	174.9	41.8	158.8	37.9	65	143.9	34.4	134.7	32.2
17	170.7	40.8	151.9	36.3	70	141.4	33.8	132.6	31.7
19	164.0	39.2	148.5	35.5	75	138.9	33.2	131.0	31.3
20	161.5	38.6	147.7	35.3	80	138.1	33.0	129.3	30.9
25	156.9	37.5	147.3	35.2					

4.2 人体每日总能量需求

- 2-3岁 1000 kcal
- 10-12岁 2000 kcal
- 18岁 3000 kcal
- 18-29岁 2500-3300kcal

能量的食物分配

碳水化合物	55%-65%
脂肪	20%-30%
蛋白质	10%-15%

4.3 营养物质在体内氧化时产生的能量

碳水化合物	4.20 kcal/g
	平均: 4.0
蛋白质	4.70 kcal/g
	平均: 4.0
脂肪	9.64 kcal/g
	平均: 9.0

4.4 体质指数 BMI body mass index

$$\text{BMI} = \text{体重 (kg)} / [\text{身高 (M)}]^2$$

WHO建议范围：**18.5-24.9**之间，25-28为超重，大于28为肥胖。

亚洲学者建议亚洲人正常上限为**24**。

BMI指数随年龄、职业、性别存在差异。

例：身高1.75米，体重75公斤

$$\text{BMI} = 75 \div 1.75^2 = 75 \div 3.0625 = 24.49$$

身高1.8米，体重75公斤，计算得BMI=23.15

亚洲学者建议亚洲人正常上限为**24**。

BMI指数随年龄、职业、性别存在差异。

二、人体所需营养素及其生理功能



营养素 (nutrient) 是指食物中可给人体提供能量、机体构成成分和组织修复以及生理调节功能的化学成分。

人体所必需的营养素有**蛋白质、脂肪、糖类、矿物质、维生素、水**六大类。各大营养素在人体内所起的作用不同，需要的含量也不同。人生长发育过程中和体内进行新陈代谢过程中都需要上述各种营养素。

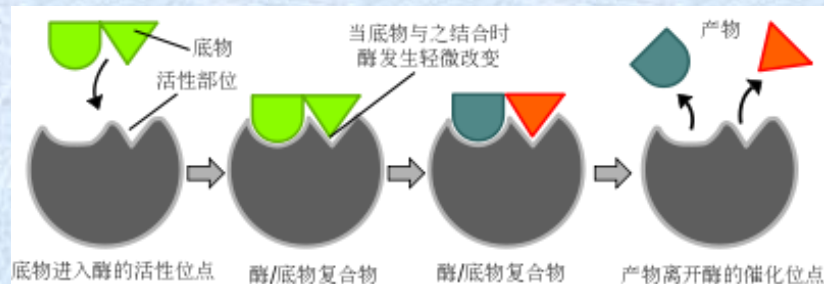
1、蛋白质及其主要生理功能

1) 结构物质 蛋白质是一切生命的物质基础，约占人体总重的17%，占总固体量的45%，是构成和制造肌肉、血液、皮肤、骨骼等多种身体组织的主要物质。



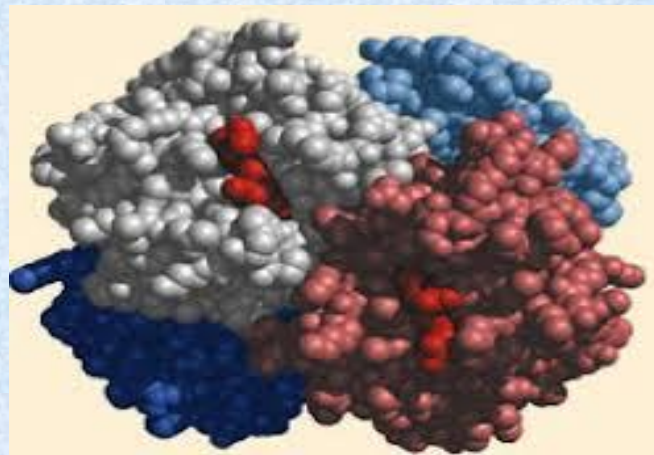
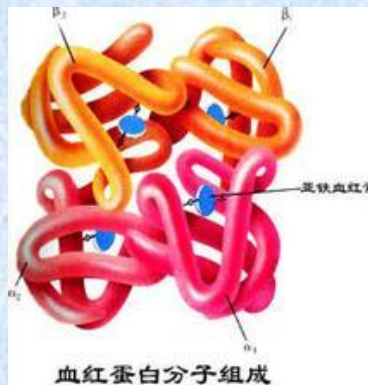
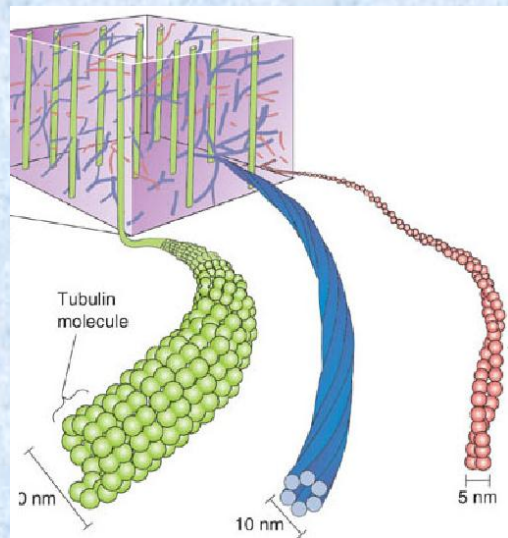
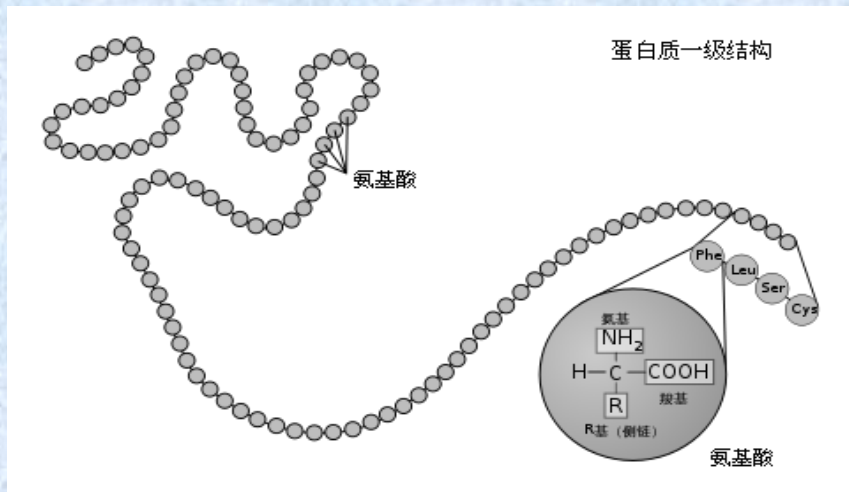
3) 能量物质 1g蛋白质大约可提供4.0kcal能量。能量代谢时，因含氮元素而不能被完全氧化，会产生尿酸、肌酐、尿素等废物经肾脏排出体外。

2) 功能物质 酶、激素等，如控制机体生长、消化、代谢分泌及其能量转移等变化过程（胰岛素，血红蛋白，生长激素等等）。免疫物质（如免疫球蛋白）。



1.1 蛋白质与氨基酸

所有蛋白质都是有最基本的生物分子氨基酸构成的。氨基酸通过肽键结合成链状，通过分子间的相互作用力构成了具有三维空间结构的蛋白质分子。



1.2 每日蛋白质需求量

蛋白质在人体内是一个动态平衡状态。人体内的蛋白质每天都处在不断分解和合成之中，每天约有3%的蛋白质被更新，几乎一个月内全身的蛋白质就换新一遍。每天摄入的蛋白质又不能储存，所以每天供应足够的蛋白质是非常重要的。

成人每日蛋白质推荐摄入量：

1. 16克/每公斤体重/每天，
约75克/每天

3岁幼儿 45克/每天

7岁儿童 60克/每天

青春期 80-85克/每天

1.3 必需氨基酸和非必需氨基酸

非必需氨基酸
12种

- 甘氨酸
- 丙氨酸
- 谷氨酸
- 谷氨酰胺
- 半胱氨酸
- 脯氨酸
- 丝氨酸
- 精氨酸
- 酪氨酸
- 天冬氨酸
- 天冬酰胺
- 组氨酸

- 缬氨酸
- 亮氨酸
- 异亮氨酸
- 苯丙氨酸
- 色氨酸
- 苏氨酸
- 蛋氨酸
- 赖氨酸

必需氨基酸
8种

1.4 蛋白质的生物价

$$\text{生物价} = \frac{\text{机体对蛋白质的利用量}}{\text{蛋白质消化后吸收量}}$$

蛋白质生物价主要和必需氨基酸含量比例有关

必需氨基酸所需比例

婴儿43%， 儿童 36%， 成人20%

1.5 食物中的蛋白质

食物	蛋白质含量		消化率 %	限制性氨基酸	生物价 %
	鲜品含量 %	干品含量 %			
全鸡蛋	11.8	48	99		94
全牛奶	3.5	27	97		84
鱼	19	72	98		83
牛肉	18	45	99		74
大豆	35	41	90	蛋氨酸	73
干豆	22	25	73		58
花生	26	27	87		54
绿叶菜	1.5-4.5	23-31	85		64
酵母	39	41	84		66
全麦	12	14	91	赖氨酸	65
全玉米	10	11	90		59
大米	8	9	96	赖氨酸	73
土豆	2	9	89		67
谷物67% + 豆类22% + 奶11%				苏氨酸	88

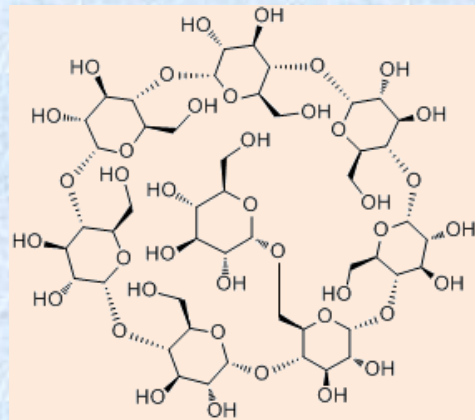
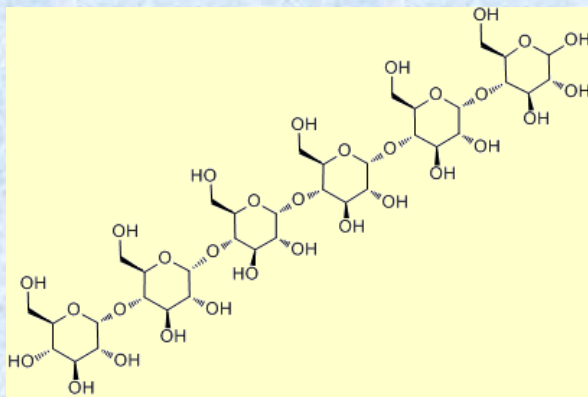
大豆缺乏蛋氨酸，可配水产类（如鱼、虾、贝类、淡菜）和谷物类等

米、面等谷物蛋白中缺乏赖氨酸，鱼类，大豆含有较高的赖氨酸

增加鱼类作为蛋白质的来源，有利健康

2、 糖类及其生理功能

糖类又称碳水化合物，是生物维持生命活动所需要的能量的主要来源，是绿色植物光合作用主要产物。依分子组成的复杂程度，可分为单糖、寡糖、多糖。日常食用的蔗糖、粮食中的淀粉、植物体中的纤维素、人体血液中的葡萄糖等均属糖类。



2.1 提供机体活动所需要的能量。

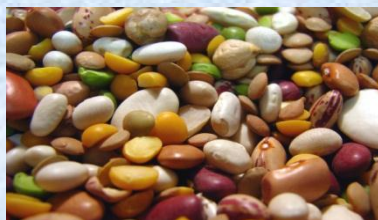
人类摄取食物的总能量中大约60-80%由碳水化合物提供。
1g糖类物在体内完全氧化时平均释放出4.0kcal能量。轻力劳动者每人每天需要约500g糖，重力劳动者则需要>600g糖

2.2 组成人体的结构和功能物质

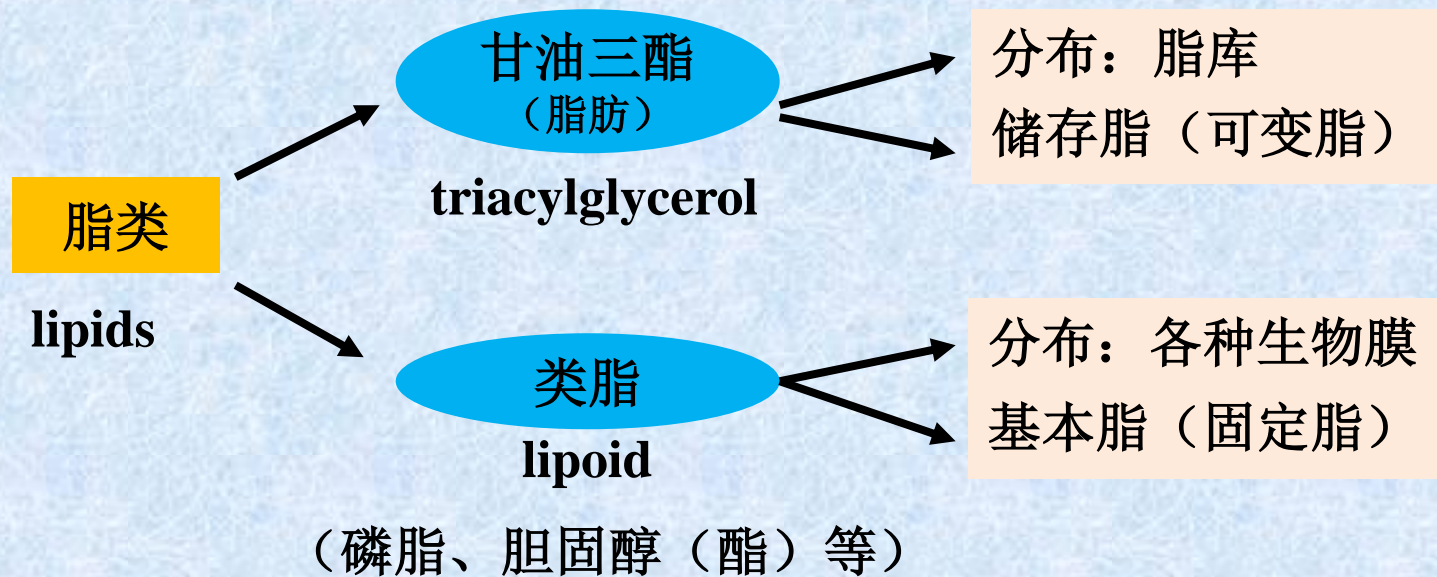
如细胞膜、细胞间质等

碳水化合物的食物来源主要是：

谷类（稻、麦、玉米）、豆类（大豆除外）薯类（甜薯、马铃薯），也包括食糖和糖果、糕点等。

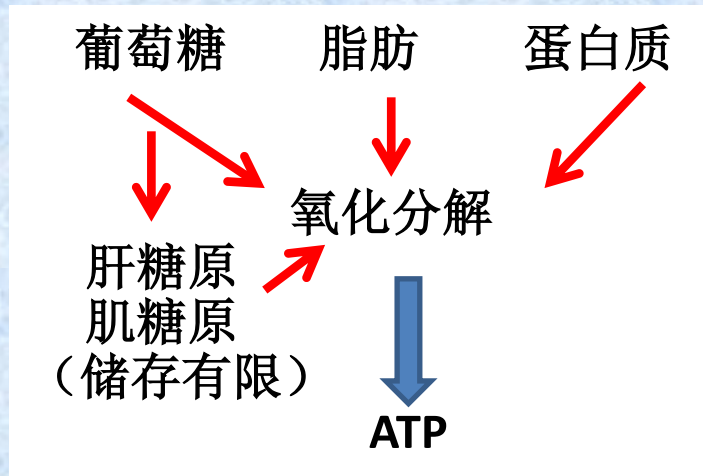


3、脂类及其生理功能



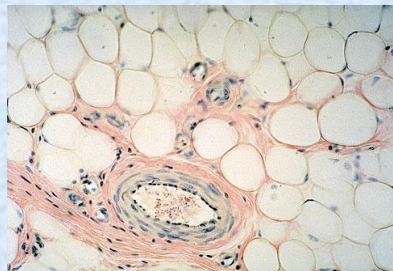
3.1 脂类的生理功能

- 脂肪 (fat, 可变脂)
 - 储能和供能
 - 防止散热保持体温
 - 保护固定内脏
 - 提供必需脂肪酸
 - 有助于脂溶性维生素的吸收
- 类脂 (lipoid, 固定脂)
各种生物膜的重要组分



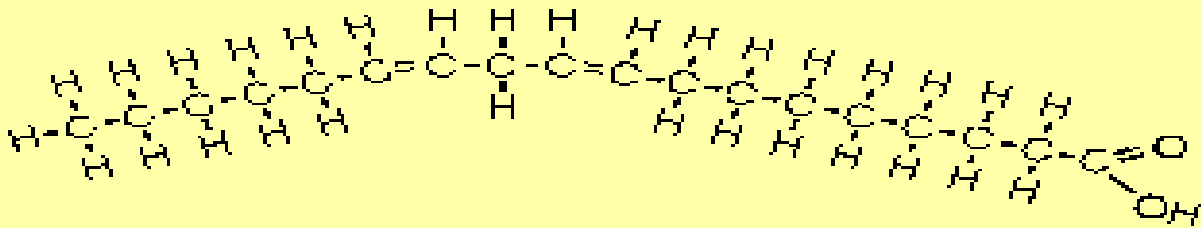
3.2 脂肪的主要膳食来源

膳食脂肪主要来源于动物脂肪、肉类及植物种子，包括日常使用的动物油（牛油，羊油，鱼肝油，奶油等）和植物油（如花生油，芝麻油，玉米油等）。构成脂肪的脂肪酸大部分人体可以合成，称为非必需脂肪酸，有些必须从食物中摄取，称为必需脂肪酸。

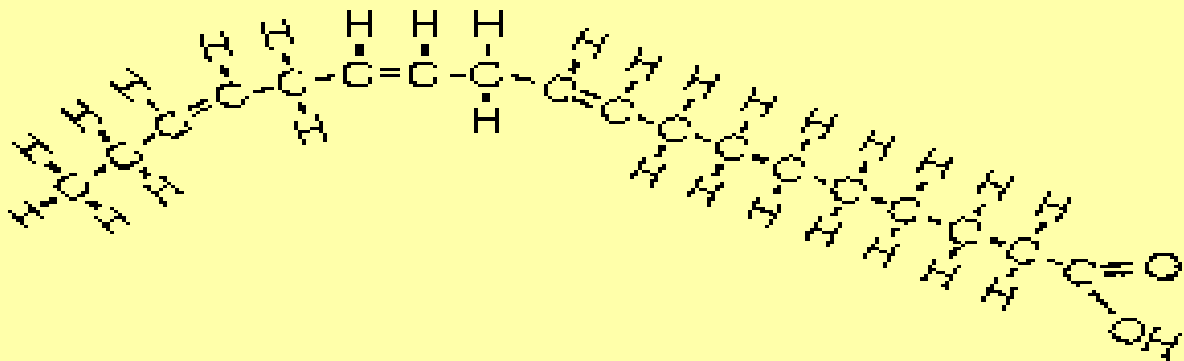


必需脂肪酸和非必需脂肪酸：

- 亚油酸： C 18:2 ω 6,9;



- α -亚麻酸： C 18:3 ω 3,6,9;



ω6: 预防高脂血症，与心血管健康密切相关

ω3: 与视网膜、神经系统、睾丸健康有关

皮肤呈现干燥、脱屑、肥厚、鳞皮、毛发稀疏

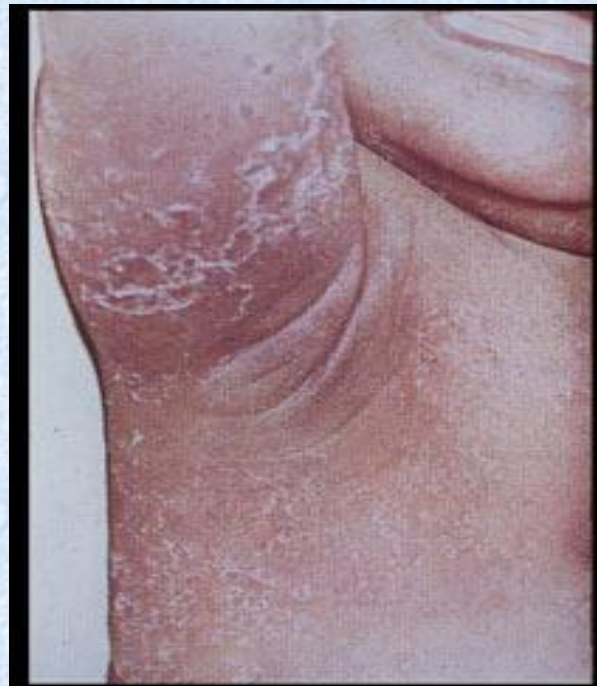
生长发育速率降低（由于线粒体功能失）

肠胃道及肝、肾异常

由于前列腺素合成受影响，血小板功能失常
血小板粘附性增加

易感染

血脂及体脂组成异常



必需脂肪酸的需求量：

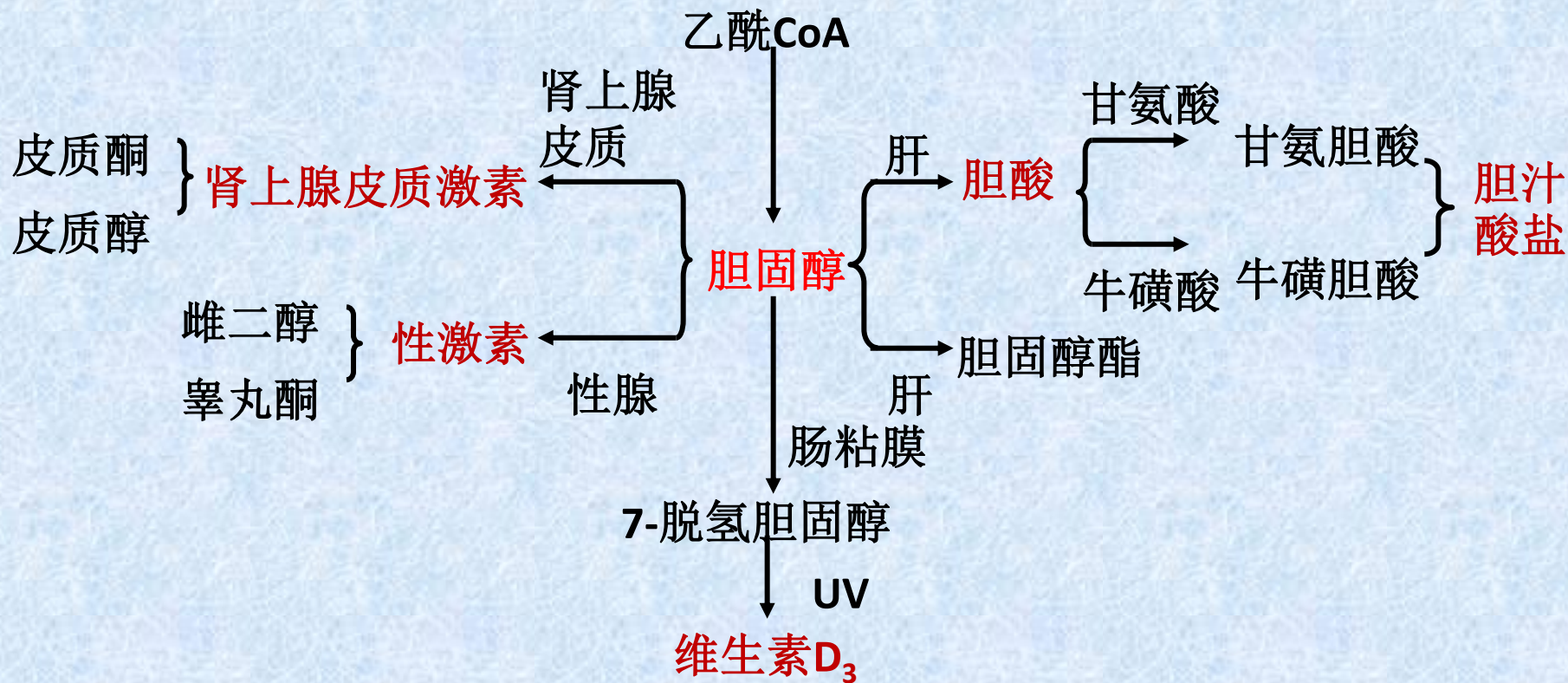
- 人体大致需要量： $\omega 6$ ：7-10克
 $\omega 3$ ：1.1-1.6克

推荐比例： $\omega 6$ ： $\omega 3 \approx 5-10:1$

依据中国人的饮食习惯，一般不缺 $\omega 6$ 。

胆固醇需求量 为非必需脂肪类物，人体可以合成，人体每日更新的胆固醇为1200mg，通常体内合成约900mg，从膳食中吸收约300mg。

胆固醇的作用：是合成维生素D，肾上腺皮质激素，雌激素，雄激素，孕激素的原料。



一些食物中亚油酸与亚麻油酸含量 %

食物名称	脂肪量 (g)	亚油酸 ω 6 含量 (g)	亚麻油 ω 3酸含 量 (g)	ω 6/ ω 3
猪油 (炼)	99	8.2	0.2	40:1
鸡油	99	24.5	1.3	20:1
豆油	100	52.2	10.6	5:1
玉米油	100	47.8	0.5	96:1
花生油	100	37.6	...	
芝麻油	100	43.7	2.9	14:1
菜子油	100	14.2	7.3	2:1
棉子油	100	55.6	...	
猪心	6.3	1.5	0.3	5:1
鲤鱼	2.7	0.4	0.1	4:1

一些食物的油脂含量 %

食物	脂肪	蛋白质		食物	脂肪	蛋白质
花生	39.2	26.2		牛肉（腰）	19.1	19.0
黄豆（干）	18.4	36.3		羊肉（瘦）	13.6	17.3
玉米	4.3	8.5		兔肉	0.9	21.2
葵花籽	51.1	23.1		鸡肉	2.5	21.5
核桃	63.0	15.4		鸭肉	7.5	16.5
杏仁	49.6	24.0		鹅肉	11.2	10.8
松子	63.3	15.3		鸡蛋	11.6	14.7
榛子	49.7	21.0		鸡蛋面	30.0	13.6
乌榄仁	18.1	1.5		大黄鱼	0.8	17.6
芝麻	61.7	21.9		青鱼	5.2	19.5
猪肉（瘦）	28.8	16.7				

一些食物的胆固醇含量 mg/ 100克

食物	胆固醇	食物	胆固醇
猪肉（瘦）	77	鸡蛋黄	1705
猪脑	3100	鸭蛋黄	1522
猪肝	368	大黄鱼	79
腊肠（广式）	123	青鱼	90
牛肉（瘦）	63	草鱼	81
牛舌	102	鲳鱼	68
羊肉（瘦）	65	马哈鱼	86
兔肉	83	鲢鱼	103
人乳	13	鱿鱼	265
牛乳	13	对虾	150
鸡肉	117	小虾米	738
鸭肉	80	猪油	85
鸭蛋	680	奶油	168
鸡蛋	634		

脂肪摄入注意事项：

避免脂肪摄入过剩，限制在总摄入能量的30%以下，

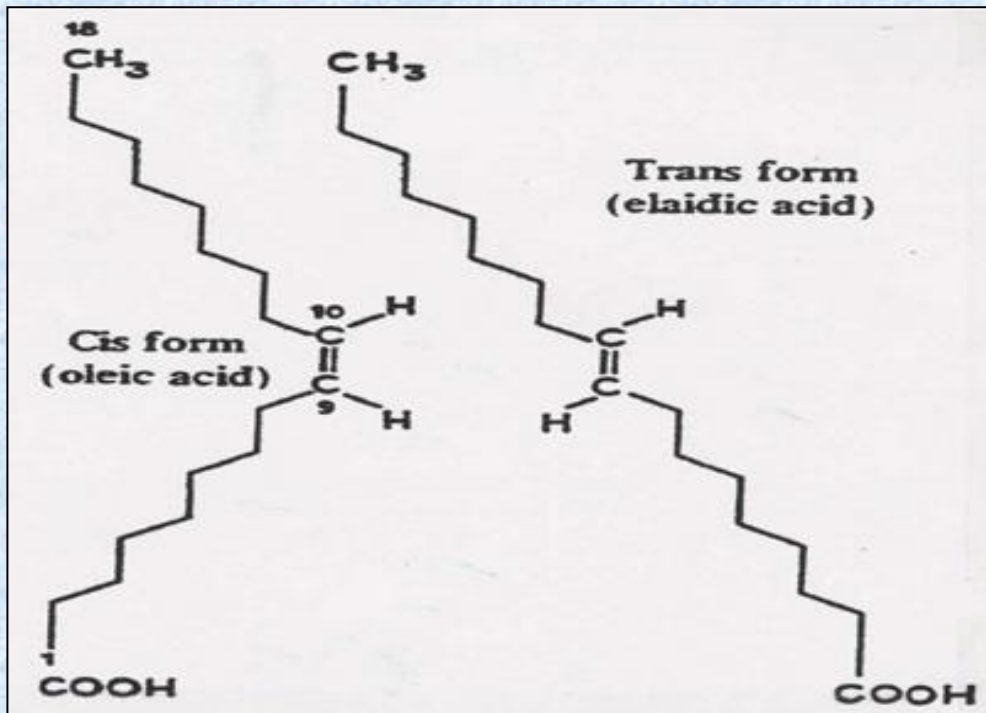
氢化脂肪酸（起酥油），不宜多吃油炸食品、酥饼等含较高的氢化植物油。

胆固醇 虽然有很重要的作用，不宜多食，动物内脏、鸡蛋黄、软体动物（贝类、乌贼、鱿鱼）、虾米、蟹黄等含胆固醇较高

适当补充一些深海鱼油（含丰富的 $\omega 3$ ）

反式脂肪酸

通常，天然食物中的不饱和脂肪酸都是顺式脂肪酸，在加热和氢化过程中会产生反式脂肪酸



酥油、人造奶油、饼干、薄脆类、炸面圈、快餐、油炸类快餐、糕点、烘焙食品

shortenings, stick (or hard) margarine, cookies, crackers, snack foods, fried foods (including fried fast food), doughnuts, pastries, baked goods.

反式脂肪酸的特性和危害：

- 高熔点，不易被机体清除
- 增加低密度脂蛋白与高密度脂蛋白的比值
- 抑制通过 $\omega 6$ 合成花生四烯酸的过程
- 诱发不利的免疫反应（炎症反应等）
- 影响细胞色素酶体系，导致对致癌物和药物分解代谢障碍。

4、维生素及其生理功能

维生素是维持正常生命过程中所必要的，对机体的新陈代谢、生长、发育、健康有极重要作用。它是人体不可缺少的一种营养素，又称为维他命(wetamin)。

分类：

脂溶性维生素： A、D、E、K： 储存于人体脂肪组织内，保证人体各器官的功能健康。

功能：

维生素A能促进人眼部组织健康，保护视力以及粘膜组织健康；

维生素D帮助人体吸收钙质维护骨骼健康；

维生素E是强力抗氧化剂，保护细胞膜、血管、心脏、皮肤等组织，减少自由基的伤害。

维生素K被称为凝血维生素。

水溶性维生素C和B族：这些维生素是水溶性维生素（在体液和血液中发挥保护作用）体内不能大量储存，因此每天必须从食物中摄入。

功能

维生素C（别名抗坏血酸） 维持骨骼和牙的正常发育及血管壁的弹性和通透性；抗氧化剂，增强免疫力；促进铁的吸收与利用，有助造血功能；降低血液中胆固醇；促进重金属排出体外

维生素B族是以辅酶的形式参与能量代谢和调节代谢。

5、水和无机盐

5.1 水——生命的源泉

每个人体内60%—70%是水。水是维持生命的最基本的营养素，是构成机体的重要原料，是体液、消化液的主要成分。

水在体内水可帮助输送营养、调节体温、排出废物（清洁剂）、滋润器官（润滑剂）等重要作用。

水是运送营养物质和代谢产物的载体，水是体内一切化学反应的媒介，是各种营养素和物质运输的平台。

5.2 无机盐

无机物也称为矿物质，约占人体体重的4%。主要存在于骨骼中。

无机盐包括常量元素和微量元素。

常量元素：含量大于体重的0.01%，如钙、磷、镁、钠、钾等。

微量元素：矿物质中，含量小于体重的0.01%，如铁、铜、锰、铬、硒等。

功能：

是构成人体各组织的重要材料，如钙、磷、镁是骨骼、牙齿的重要成分；钠、钾是细胞内、外液的重要成分，维持体内的许多生理作用如 Na^+ 、 K^+ 离子参与酸碱平衡和渗透压的调节；

Ca^{2+} 介导骨骼肌和心肌收缩。有助于血凝（防止因血管壁破裂引发的致死性出血）。

附：

1、血脂的组成与含量

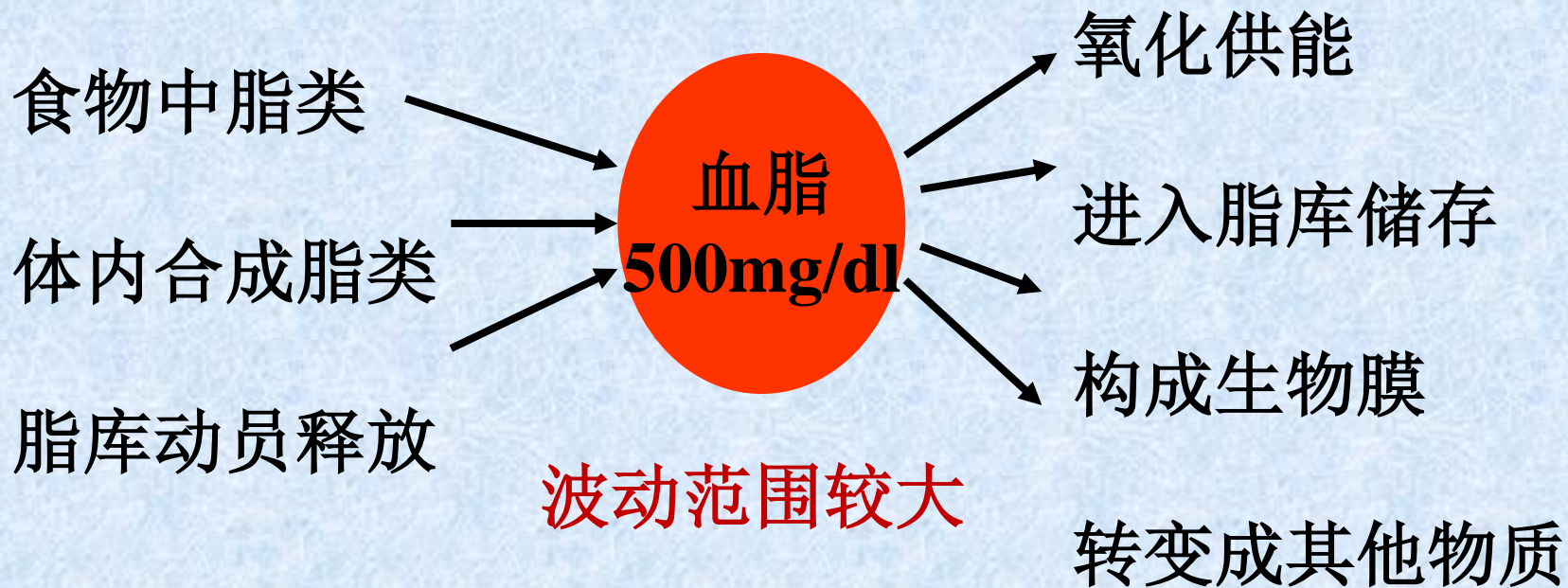
- 组成：

- 甘油三酯 (triacylglycerols)、磷脂 (phospholipide)、胆固醇 (cholesterol) (酯 ester)、游离脂肪酸 (free fatty acid)

- 含量：

- 甘油三酯 1.13mmol/L (100mg/dl)
- 总胆固醇 5.17mmol/L (200mg/dl)

2、血脂的来源和去路



3、血浆脂蛋白的组成

组成：蛋白质(**protein**)——载脂蛋白
(**apolipoprotein**)

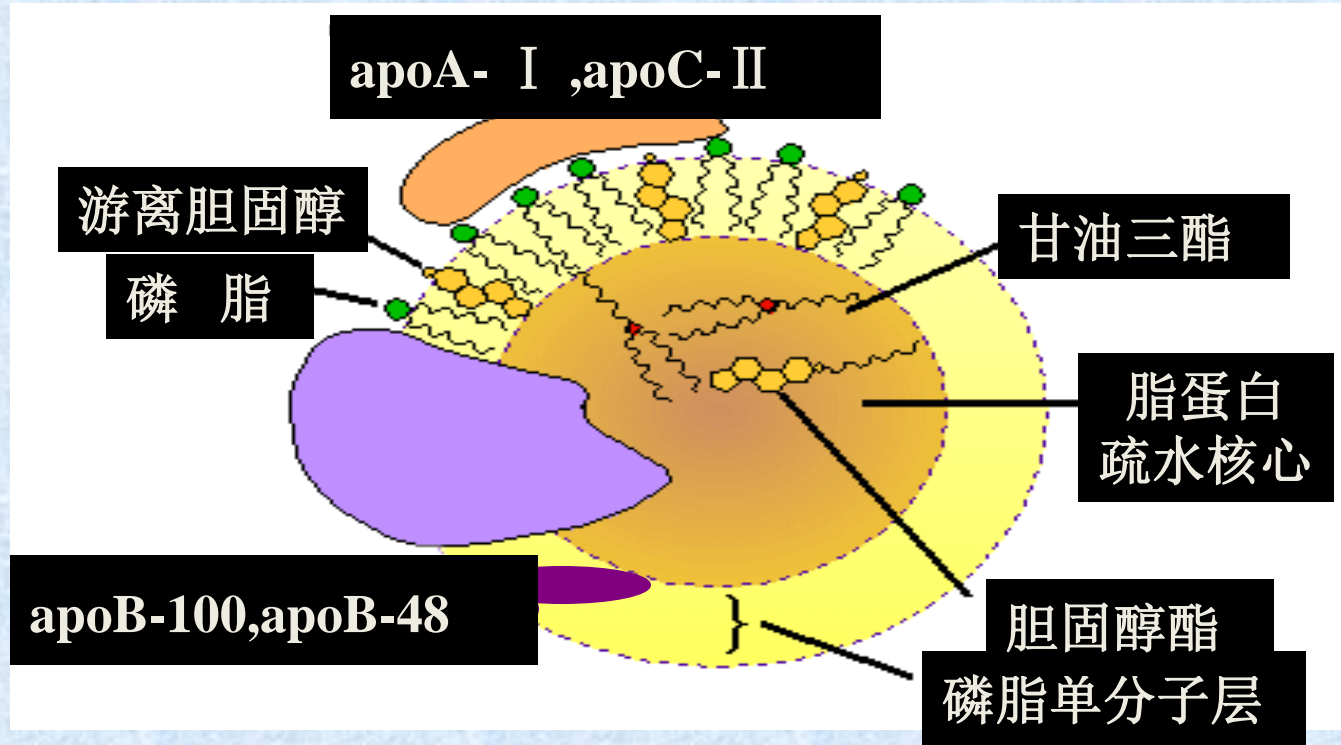
甘油三酯(**triglycerol**)

磷脂(**phospholipid**)

胆固醇(**cholesterol**)

胆固醇酯 (**cholesterol ester**)

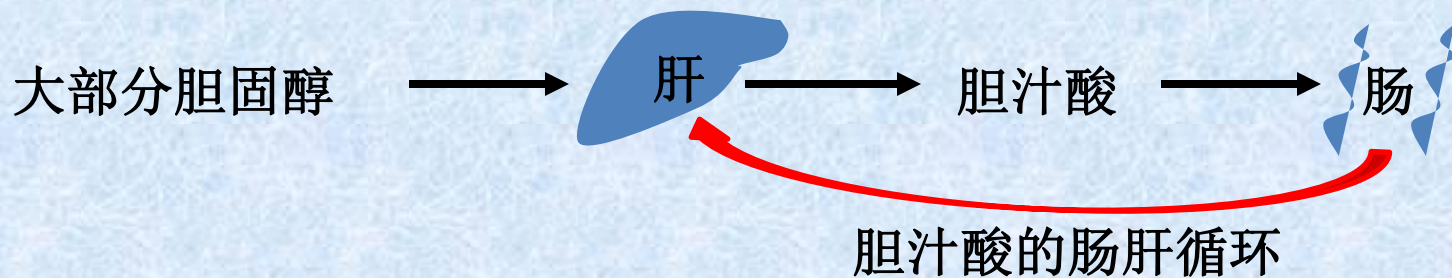
脂蛋白的结构特点



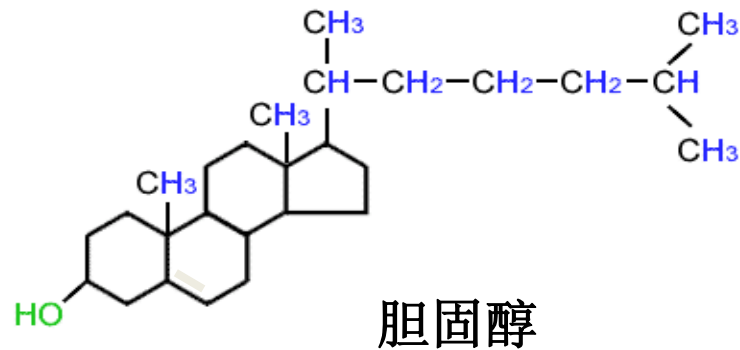
血浆脂蛋白的分类、组成、性质、功能

分类	CM	VLDL(Pre β -LP)	LDL(β -LP)	HDL(α -LP)
密度	<0.95	0.95~1.006	1.006~1.063	1.063~1.210
颗粒直径 (nm)	80~500	25~80	20~25	7.5~10
组成 (%)				
蛋白质	0.5~2	5~10	20~25	50
脂类	98~99	90~95	75~80	50
三脂酰甘油	80~95	50~70	10	5
胆固醇及其酯	4~5	15~19	48~50	20~22
磷脂	5~7	15	20	25
合成部位	小肠粘膜细胞	肝细胞	血浆	肝、肠
功能	转运外源性 三酰甘油和 胆固醇到全身	转运内源性 三酰甘油到全身	转运内源性 胆固醇从肝 到全身各组织	转运胆固醇 从组织到肝

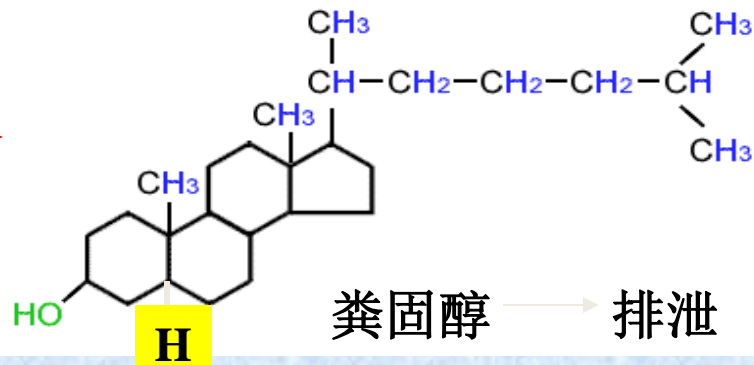
4、胆固醇的排泄



小部分胆固醇:



肠道细菌还原



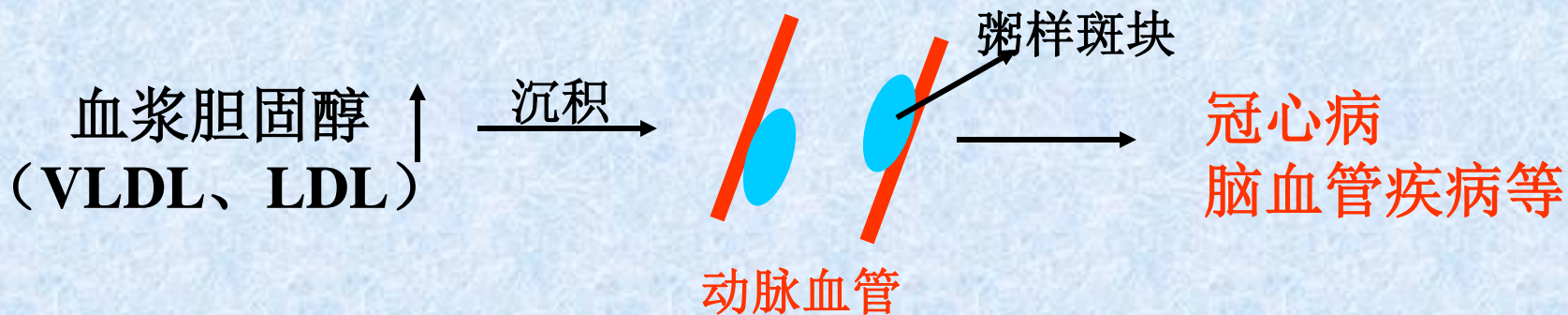
5、脂类代谢紊乱

- ✓ 高脂血症（高脂蛋白血症）
- ✓ 动脉粥样硬化
- ✓ 肥胖症

5.1 高脂血症（hyperlipidemia） （高脂蛋白血症）

- 概念：空腹血脂浓度持续高于正常
- 主要是血浆胆固醇及甘油三酯含量超过正常
- 分为六型：I、II a、II b、III、IV、V
- 原发性：遗传基因缺陷、家族史、肥胖等
- 继发性：糖尿病、肾病、甲状腺功能减退等
- 易引起心血管疾病

5.2 动脉粥样硬化

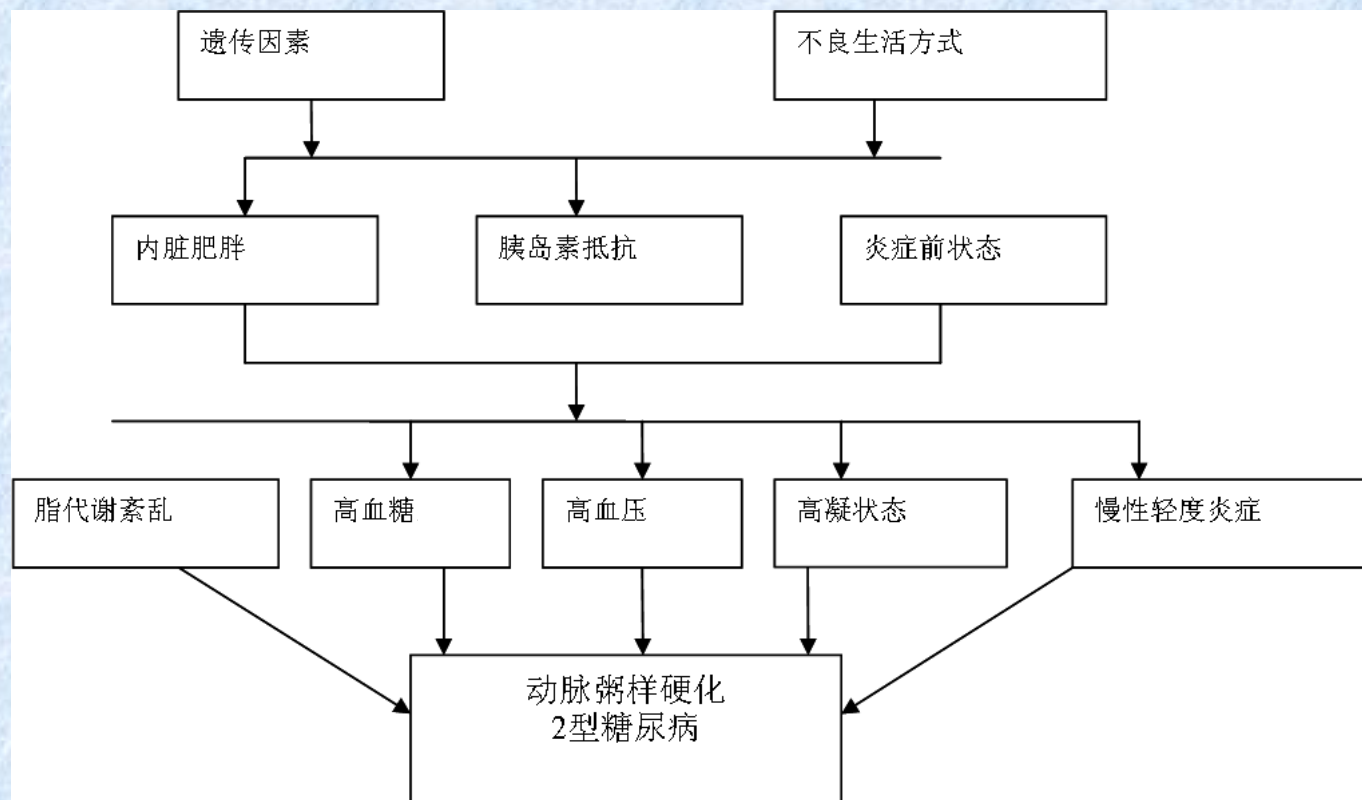


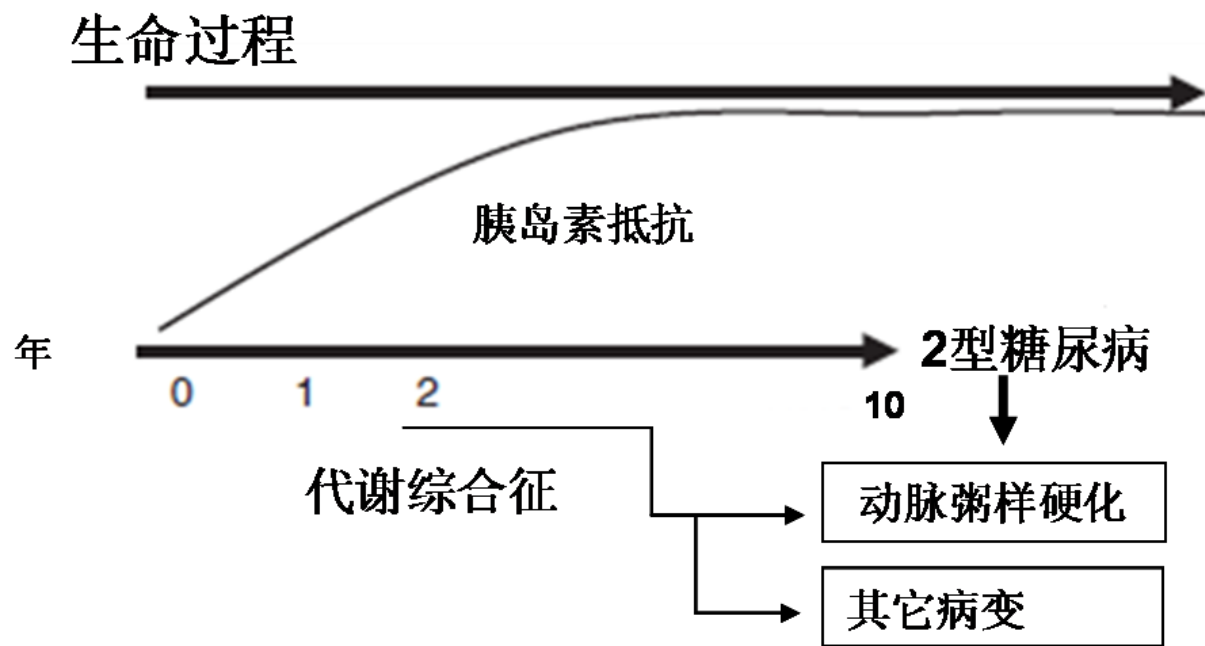
防治原则：**降低LDL、VLDL，提高HDL**
控制饮食、适当运动、服降脂药

5.3 肥胖症

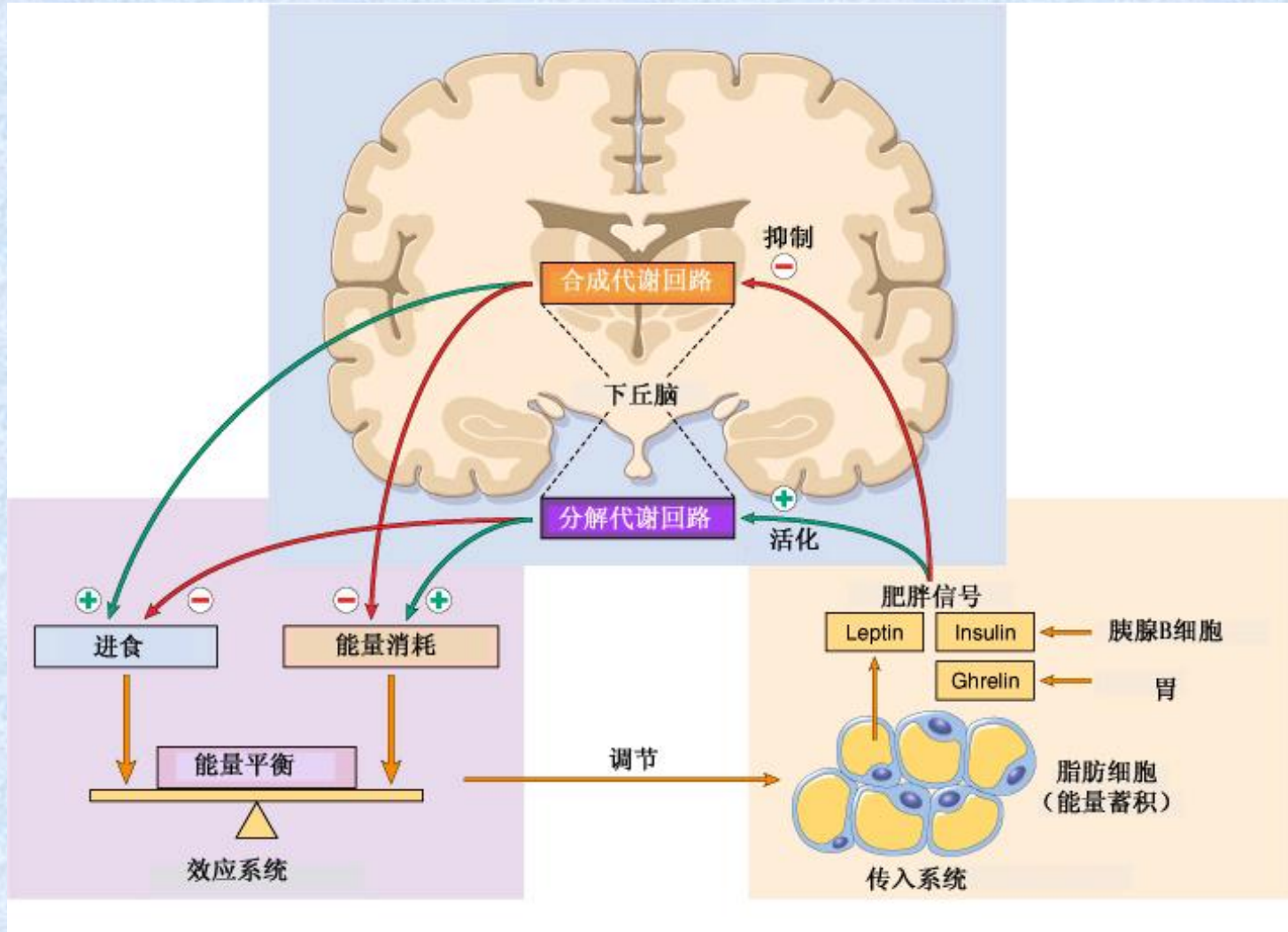
- **肥胖症**：全身性脂肪堆积过多，导致体内一系列病理生理变化
- **肥胖度的衡量标准**：体重指数（**body mass index**）
$$\text{BMI} = \text{体重 (kg)} / \text{身高}^2 (\text{M}^2)$$
 - 24~26**：轻度肥胖
 - 26~28**：中度肥胖
 - >28**：重度肥胖
- 肥胖症常伴有**高血糖、高血脂、高血压、高胰岛素血症**

6、代谢综合征发病机制





代谢综合征发展过程



7、营养需求和食品推荐

营养素需求参考值/天				
蛋白质	60-80g		锌	15mg
脂肪	50-60g		硒	50ug
碳水化合	400g左右		脂肪 ω 3	1.6-1.1g
钙	800-1000mg		脂肪 ω 6	7-10g
镁	350mg			
铁	15-20mg			
碘	150ug			

三个不同来源的钙推荐摄入量 (mg/天)

年龄范围 (岁)	RDA 推荐量	AI 推荐量	NIH 推荐量	
4-8	800	800	800-1200	
9-13	800-1200	1300	1200-1500	
14-18	1200	1300	1200-1500	

常用食品中的钙含量

牛奶\酸奶	100-120mg /100ml		奶酪	700mg/100g
果汁 (强化钙)	100-120mg /100ml		蔬菜类	50-100mg /100g
豆奶 (强化钙)	100-120mg /100ml			

蔬菜食品的蛋白质和能量计算（下列每份蔬菜供蛋白质**5g**，糖类**17g**，能量**90kcal**）

大白菜、卷心菜、菠菜、油菜、韭菜、芹菜、莴苣笋、西红柿、菜瓜类、茄子、绿叶菜类、绿豆芽、海带	500g		鲜豌豆	70g
白萝卜、青椒、茭白、冬笋	400g		百合	50g
南瓜、菜花	350g		茨菇、芋头	100g
豇豆、扁豆、洋葱、蒜苗	250g			
胡萝卜	200g			
山药、荸荠、藕、	150g			

部分推荐食品与理由

谷物 能量的60%，大米、白面，可提供大量的碳水化合物。是能量的重要来源。另外可提供植物蛋白，维生素，膳食纤维等。以2000大卡/天计算，至少1200大卡。约需400克左右

蛋白质 能量的15%计算，约300大卡，需60-80g左右。400g谷物，提供植物蛋白30-40g

鸡蛋 优质蛋白质，氨基酸比例与人需求相同。一个鸡蛋5-6g蛋白质

大豆蛋白 35%蛋白质，一两黄豆有17g蛋白质。豆腐、豆干。大豆蛋白：全营养，降低血液低密度脂蛋白-胆固醇，对钙吸收的抑制较小。

牛奶 优质蛋白质，含钙量高，酪蛋白促进钙的吸收

鱼类 含有较高的 $\omega 3$ ；软体动物（水产）含有较高的牛磺酸；

肉类 鸡肉，一两约有10g蛋白质，脂肪较少；此外如牛肉、猪肉等

胶原蛋白 软骨、皮、肌腱。促进骨骼生长和钙的吸收

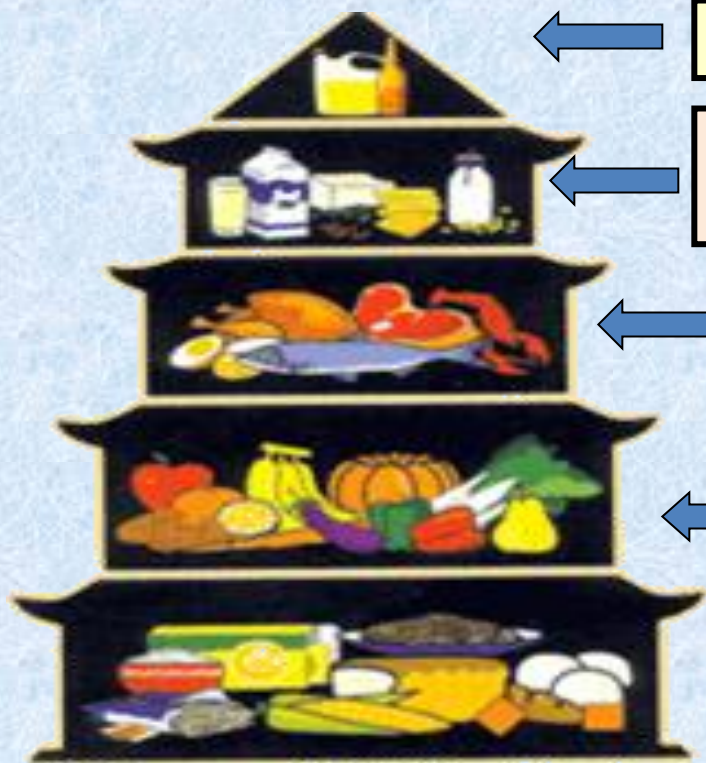
脂肪 一般不缺，注意比例， $\omega 6 : \omega 3 = 10-5:1$

蔬菜 时令蔬菜为主，含大量的维生素。

胡萝卜、芥蓝含大量胡萝卜素，芥蓝还含较高的钙；大蒜头含较高的硒；

豆芽、豆苗、西红柿、大白菜、卷心菜、西兰花、青椒、苋菜等含较高的维生素。

中国居民平衡膳食宝塔



第五层 油脂类 每人每天不超过25克。

第四层 奶类及奶制品300克，豆类及豆制品及坚果30-50克。

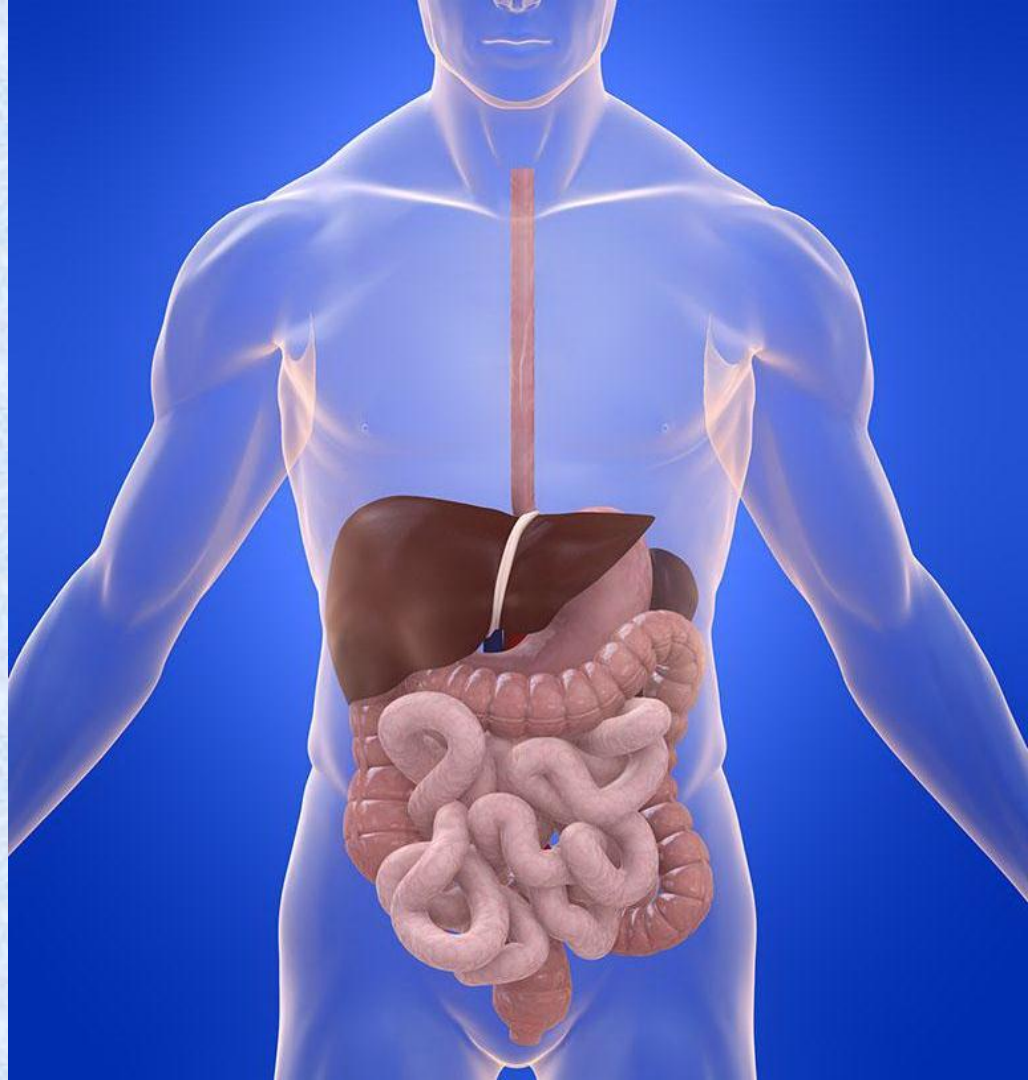
第三层 畜、禽肉50~75克，鱼虾类50-100g，蛋类25~50克)。

第二层 蔬菜300~500克、水果200~400克。

第一层 谷类薯类食物 每人每天300~400克。

第二节

人体消化系统概述



一. 消化系统的结构及功能

消化系统

消化道：口腔，咽，食道，胃，
小肠，大肠

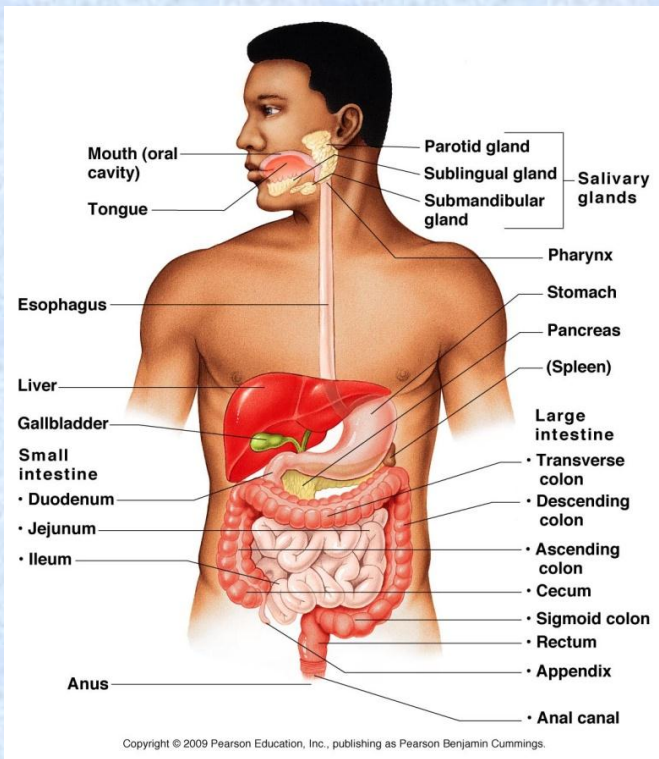
消化腺：唾液腺，肝，胰（管外腺）
消化道壁内的腺体（管内腺）

消化(digestion)：

食物中的营养物质在消化道内被分解为可吸收的小分子物质的过程。分为**机械性消化**和**化学性消化**

吸收(absorption)：

食物经过消化后形成的小分子物质以及维生素、无机盐和水通过消化道粘膜上皮细胞进入血液和淋巴的过程。



二、 消化道平滑肌的生理特性

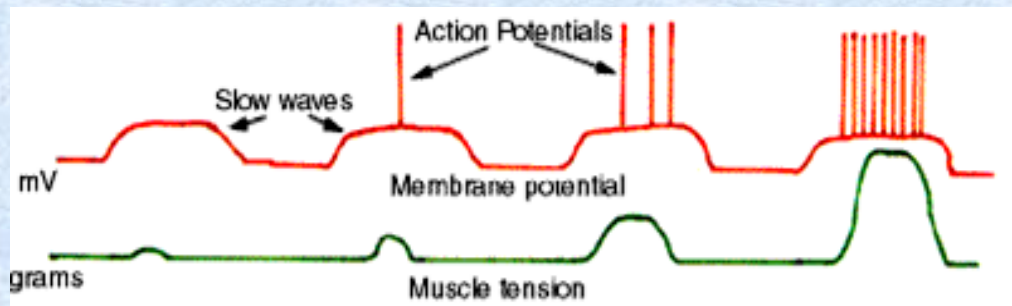
1. 一般生理特性

- 消化道平滑肌具有兴奋性，但兴奋性比较低；
- 收缩速度缓慢，收缩时间持续较长，伸展性大；
- 对电刺激不敏感，而对化学、温度以及机械牵张刺激 很敏感；
- 其自动节律的频率慢且不稳定。

2. 电生理特性

2.1 静息电位

静息电位为 $-50\sim-60\text{mV}$ ，其产生机制主要是 K^+ 由膜内向膜外扩散和生电钠泵的活动。



2.2 慢波或基本电节律

许多胃肠平滑肌细胞的静息电位不稳定，表现为缓慢的起伏波动，即周期性地去极化和复极化，其波动范围为 $5\sim 15\text{mV}$ 。慢波的频率变动在 $3\sim 12$ 次/分钟。

2.3 动作电位 当慢波电位去极化达阈电位水平（约 -40mV ）时，便在慢波的基础上产生每秒1至10次的动作电位，由 Ca^{2+} 内流引起。较大频率的动作电位引起较强的平滑肌收缩。

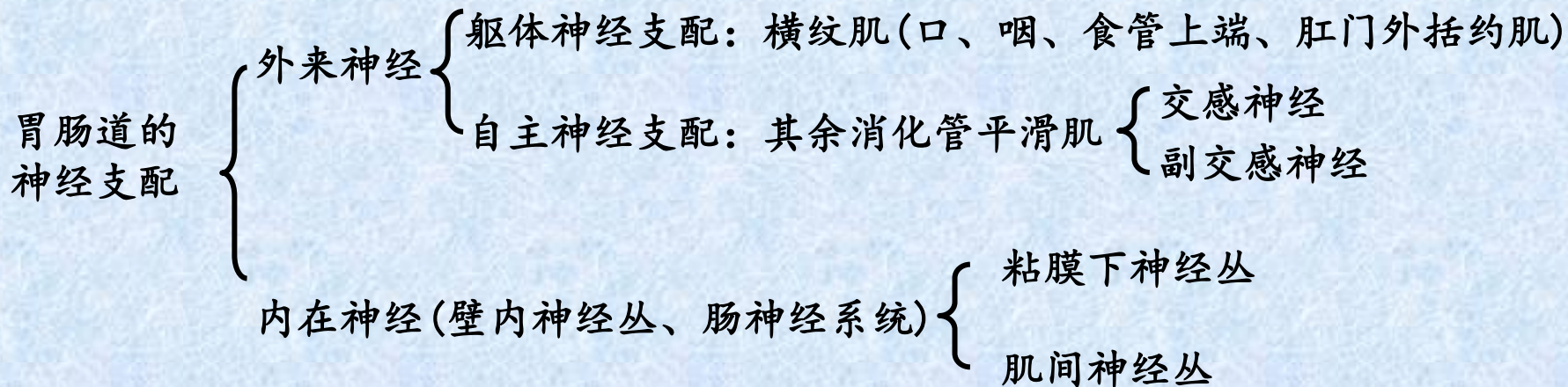
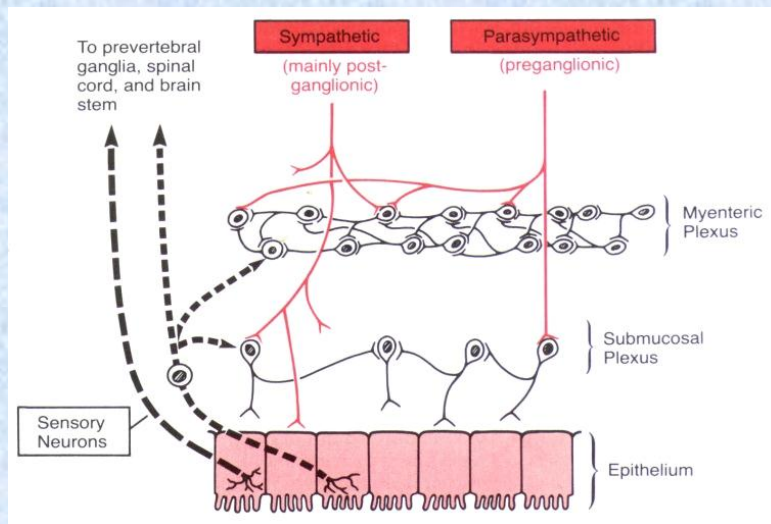
三、消化腺的分泌功能

消化腺每天分泌的消化液总量达6~8升。消化液的主要成分是水，少部分为无机物和有机物，后者包括各种消化酶、粘液、抗体等。

消化液的主要功能：
稀释食物
改变消化腔内的pH
分解食物
保护消化道粘膜

四、消化管功能的调节

1. 消化道的神经支配及其作用



2、胃肠激素的调节作用

由消化道内分泌细胞合成和释放的激素。也称为胃肠肽。有的不仅肠道分泌，神级系统内也有分泌，被称为脑-肠肽。这类激素有：

胆囊收缩素、促胰液素、胃泌素、抑胃肽、生长抑素和P物质等。

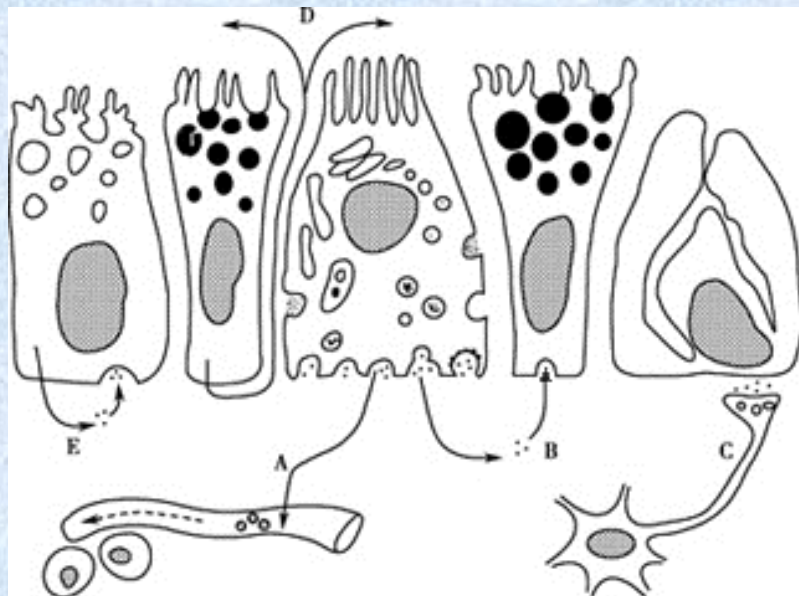
胃肠道激素的作用：

调节消化腺的分泌和消化道的运动

营养作用

调节其他激素的释放

调节小肠吸收功能



第三节 食物的消化

一、口腔内消化

1、咀嚼与吞咽

咀嚼的作用

将食物切碎、研磨、搅拌，使食物与唾液混合而成食团。便于吞咽：

使食物与唾液淀粉酶充分接触而引起化学性消化。

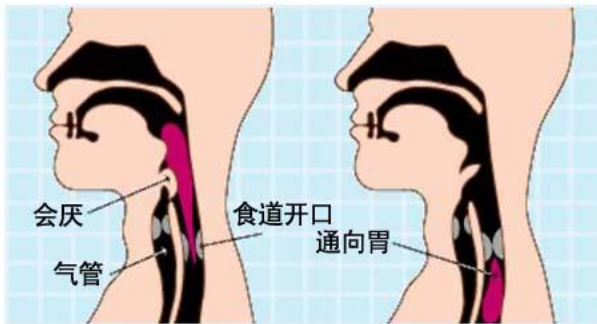
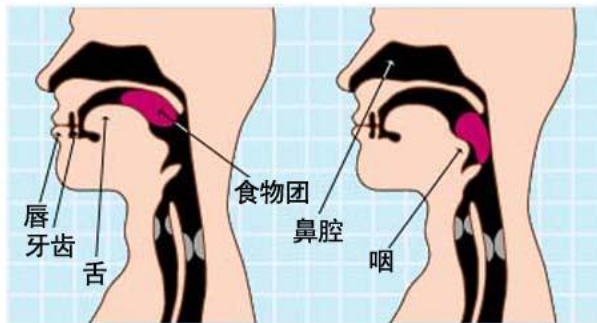
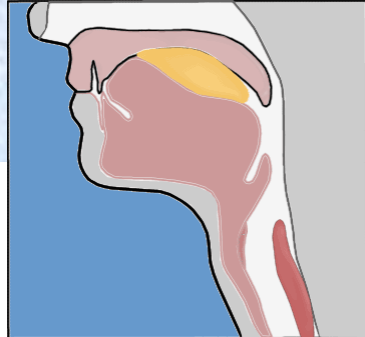
咀嚼动作能反射性地引起胃肠、胰、肝和胆囊的消化器官的活动，为食物的进一步消化做好准备。

吞咽（反射）

第1期（口期）：食团由口腔进入咽，随意动作

第2期（咽期）：食团由咽进入食管上段

第3期（食管期）：食团由食管上段经贲门入胃（蠕动波）



2、唾液的作用

三对唾液腺：**腮腺**、**下颌下腺**和**舌下腺**

成分：

水 (99%)

有机物包括粘蛋白、粘多糖、**唾液淀粉酶**、溶菌酶、免疫球蛋白 (IgA、IgG、IgM) 等

无机物有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、气体分子

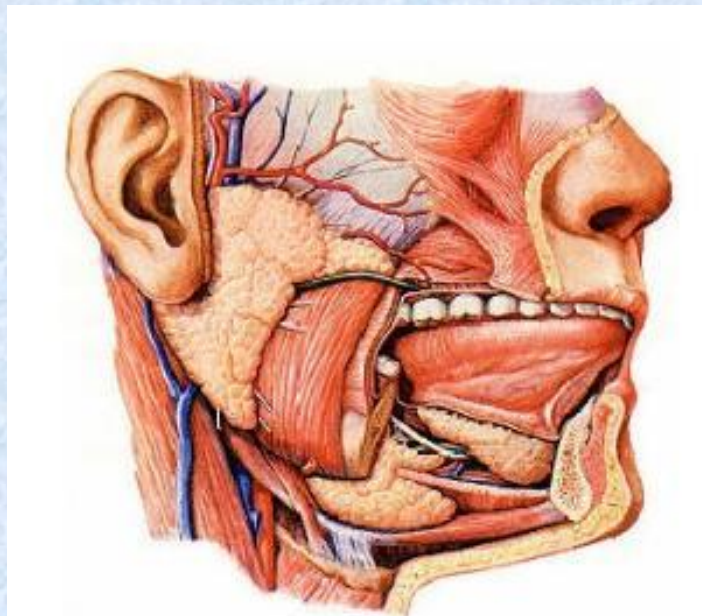
性质：无色，透明。

PH值呈弱酸性，接近于7.0

每日分泌**1000-1500 mL**

基础分泌量约**0.5ml/min**，

最高分泌量达**4ml/min**。



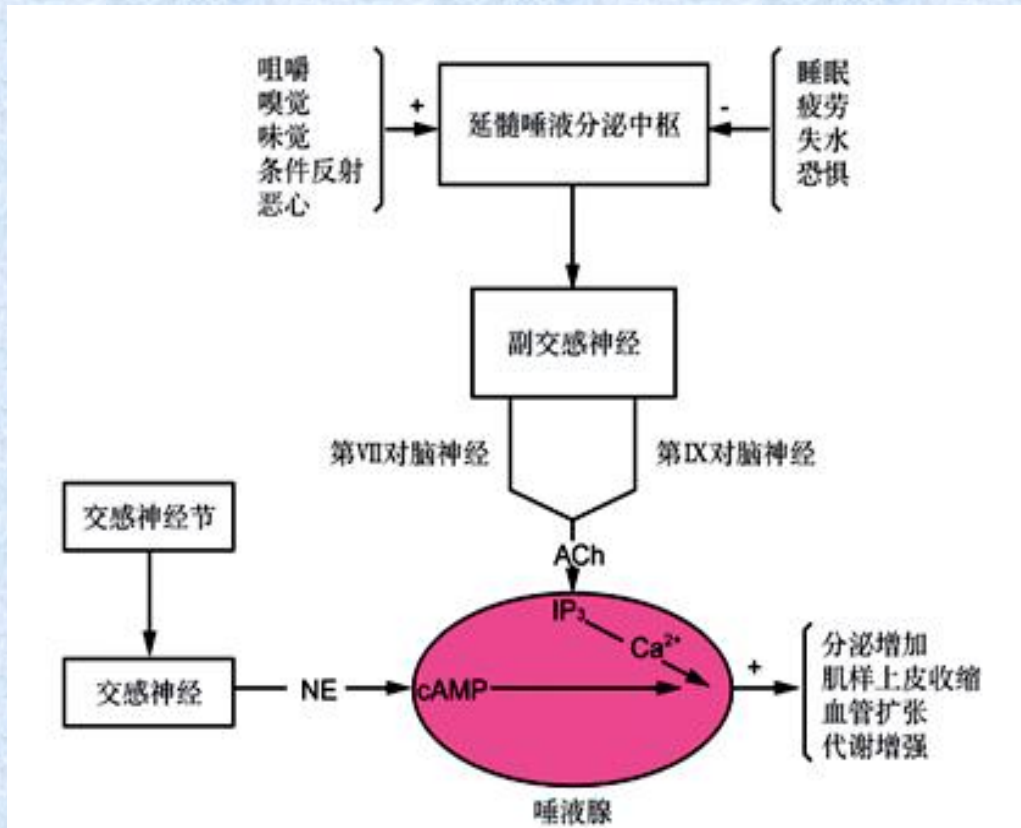
唾液的作用

湿润口腔和食物，便于说话和吞咽；**溶解**食物；**清洁和保护**口腔；

消化作用（将淀粉可最终分解成麦芽糖）；**抗菌**作用。

唾液分泌的调节

唾液分泌的调节完全是神经反射性的，包括条件反射和非条件反射。



二、胃内的消化

胃是消化管最膨大部分。
有贮存食物和初步消化
蛋白质的功能。

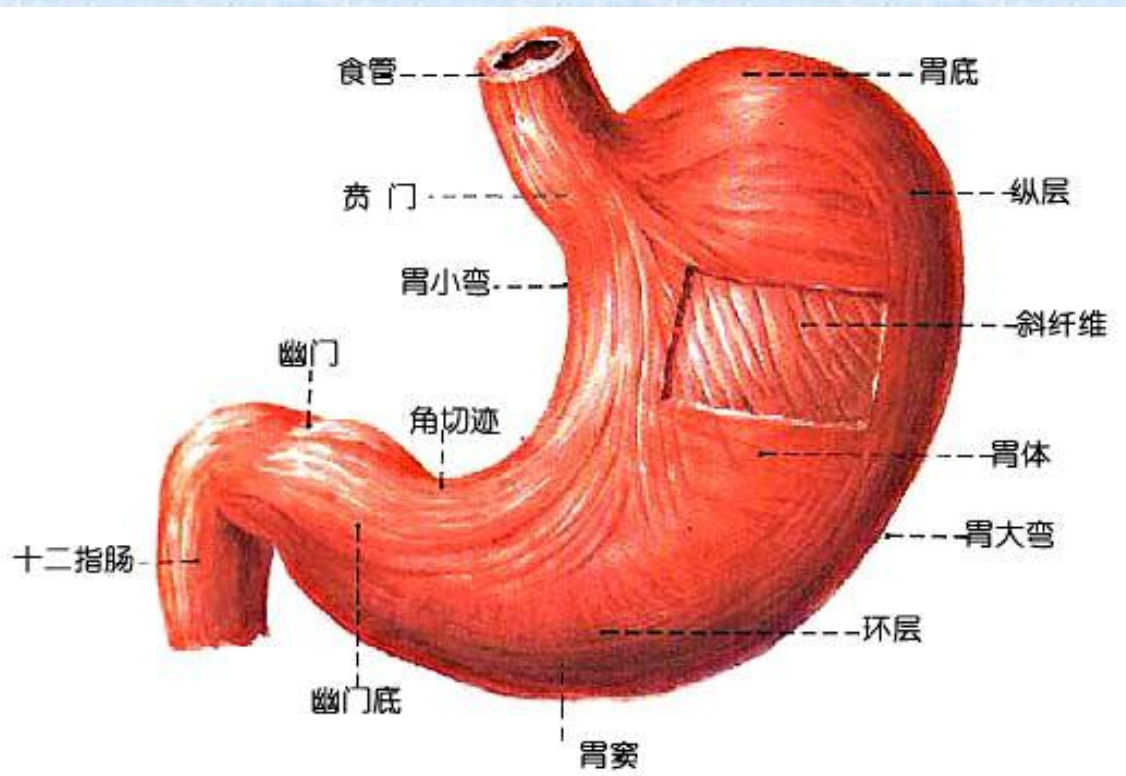
1、胃的形态

两口：贲门、幽门

两壁：胃前壁、胃后壁

两缘：胃小弯、胃大弯

四部：贲门部、胃底、
胃体、幽门部
(幽门管、幽门窦)



二、胃内的消化

胃是消化管最膨大部分。
有贮存食物和初步消化
蛋白质的功能。

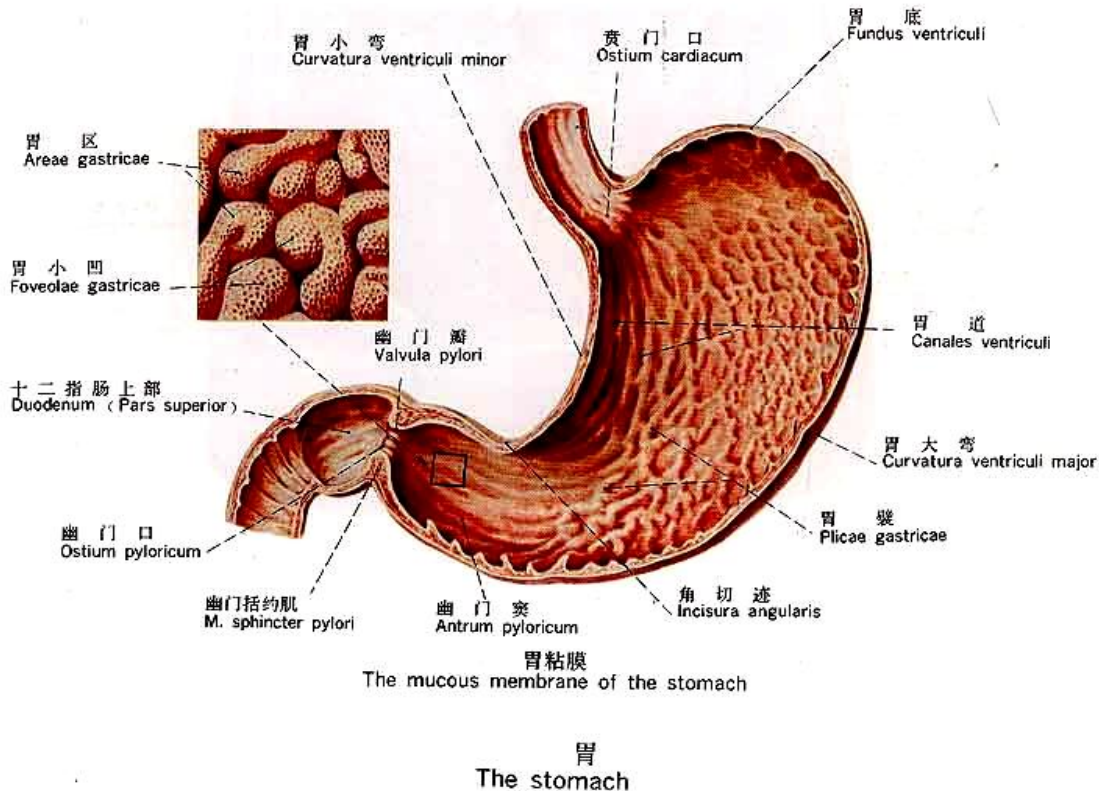
1、胃的形态与分部

两口：贲门、幽门

两壁：胃前壁、胃后壁

两缘：胃小弯、胃大弯

四部：贲门部、胃底、
胃体、幽门部
(幽门管、幽门窦)

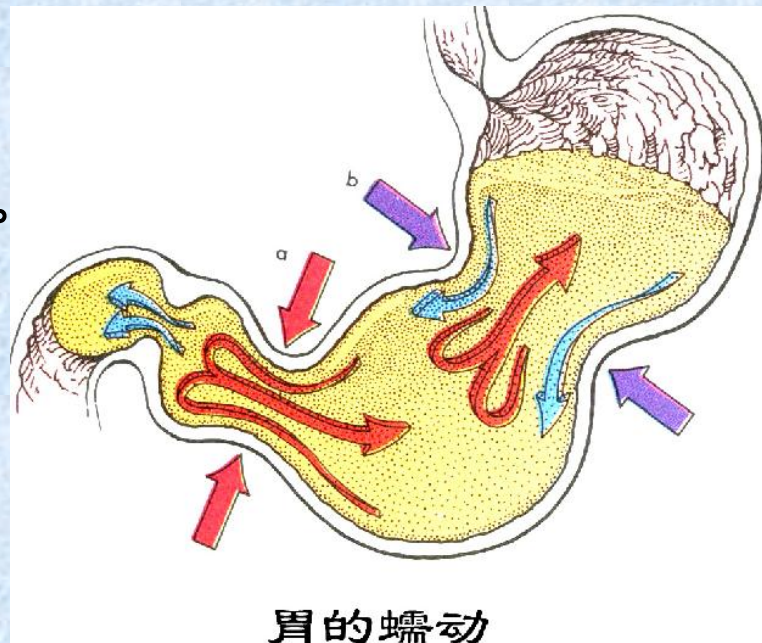


2、胃对食物的消化运动

容受性舒张:进食时反射性引起胃壁平滑肌的舒张。增加胃容纳和贮存食物，防食糜过早排入十二指肠。

紧张性收缩:胃壁平滑肌缓慢而持续的收缩。增强胃内压，有助于胃液渗入食物和促进胃排空；

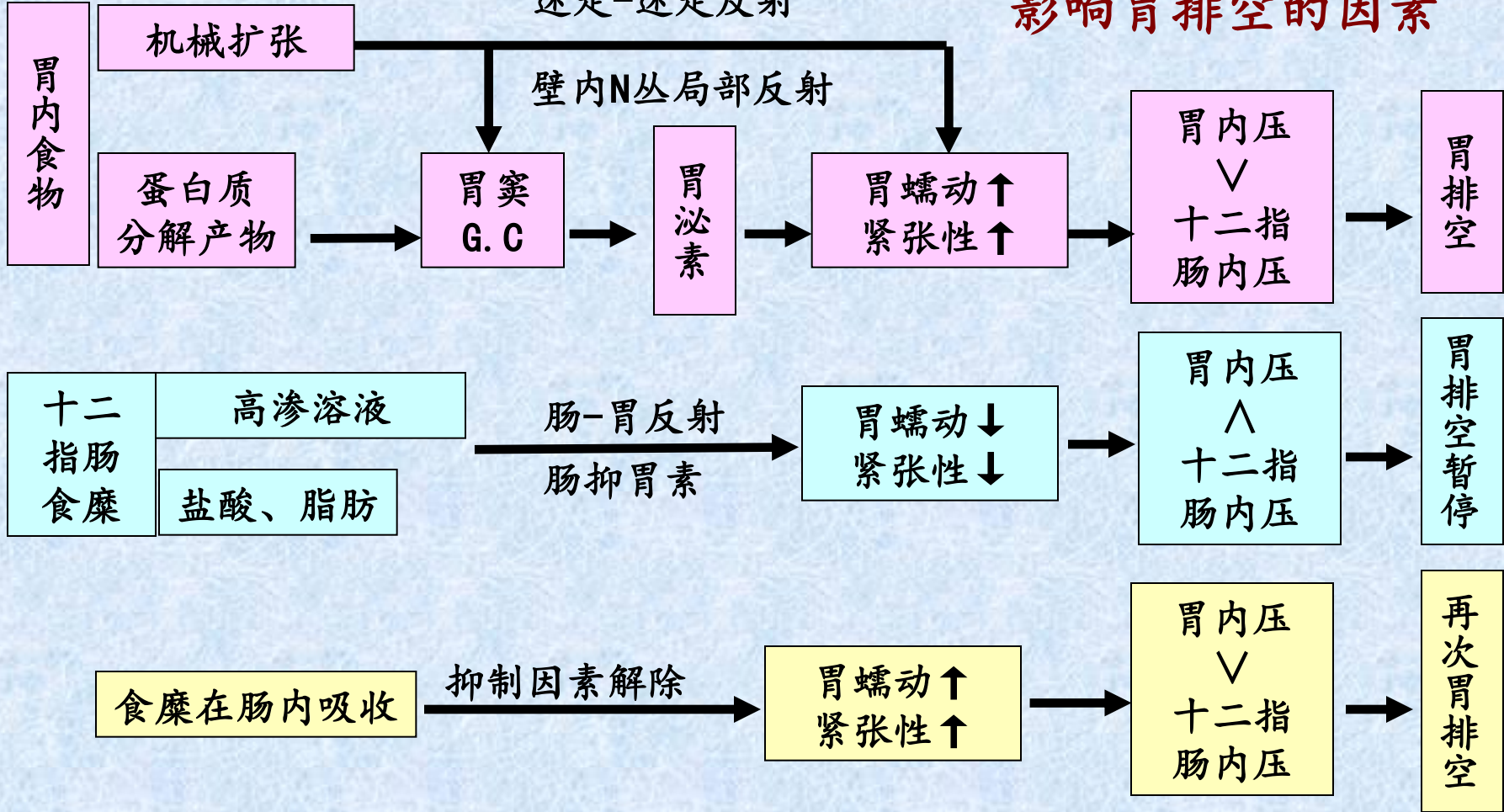
蠕动:蠕动波起自胃体中部，逐步向幽门部推进。受慢波电位的控制。迷走神经、胃泌素、胃动素使其频率和强度增加；交感神经、胰泌素、抑胃肽作用则相反。使食糜与胃液充分混合和研磨。



影响胃排空的因素

迷走-迷走反射

壁内N丛局部反射



3、胃对食物的分解消化

3.1 胃腺和分泌细胞

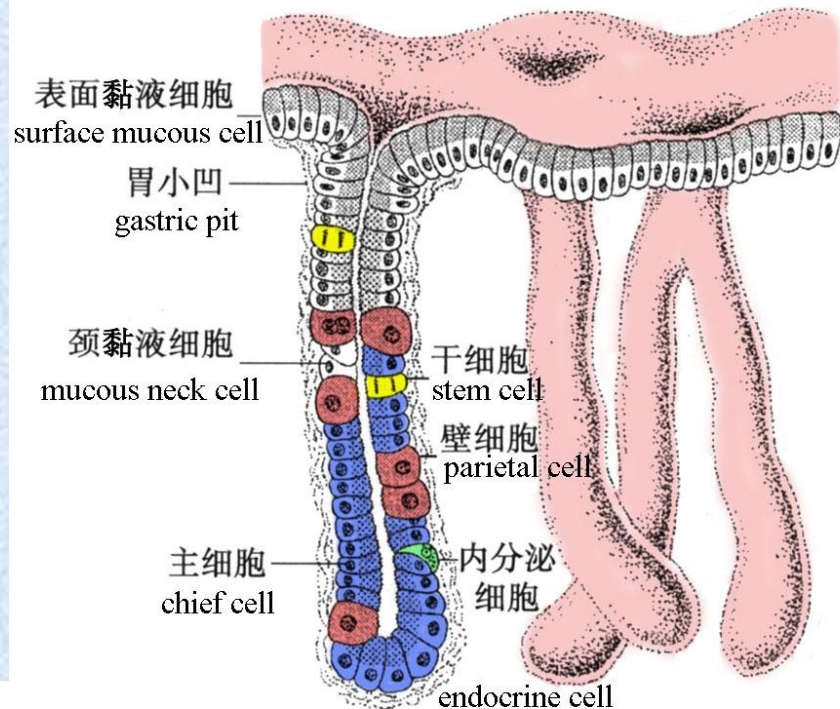
主细胞、壁细胞、颈粘液细胞等

3.2 胃液的性质、成分和作用

性质：无色，PH 0.9~1.5。

分泌量：1.5~2.5L/日。

成分：盐酸、胃蛋白酶原、
粘液、内因子、 HCO_3^-



3.2.1 盐酸（壁细胞分泌）的作用

激活胃蛋白酶原，并给胃蛋白酶提供适宜的pH；使食物蛋白质变性，易于被消化；

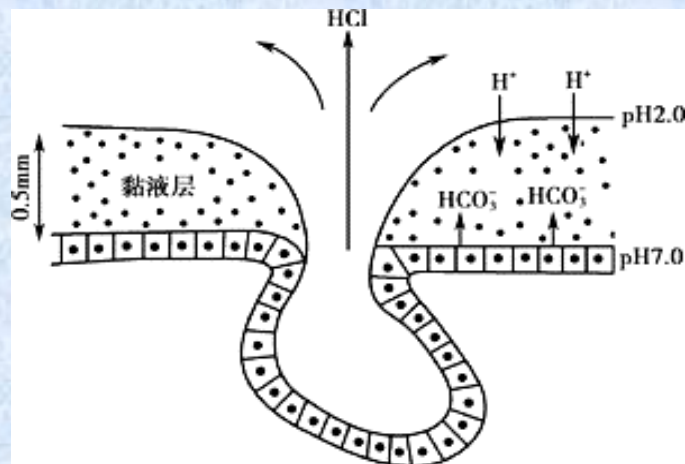
杀菌；促进 Ca^{2+} 和 Fe^{2+} 的吸收；促进胰液、胆汁和小肠液的分泌。

3.2.2 胃蛋白酶原（主细胞分泌）和胃蛋白酶的作用



3.2.3 粘液和碳酸氢盐（颈粘液细胞分泌）

构成黏液—碳酸氢盐屏障，保护胃黏膜；也起到润滑作用。



3.2.4 内因子

壁细胞分泌的糖蛋白。

能与食物中的维生素B₁₂结合，形成一复合物而使后者易于被回肠主动吸收，内因子缺乏可引起VB₁₂缺乏症，造成恶性贫血。

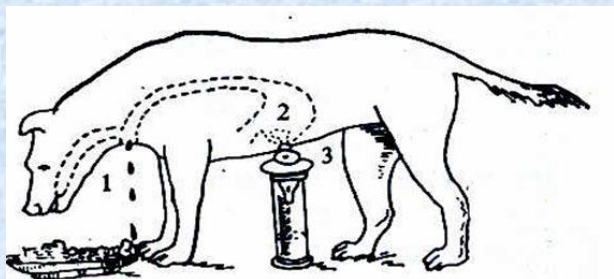
4、 胃液分泌的调节

4.1 刺激胃液分泌的内源性物质

乙酰胆碱、胃泌素和组胺

4.2 消化期胃液分泌的调节

按食物刺激部位的先后，分为头期、胃期和肠期三个时期。



表示以假饲方法获得胃液

1. 食物从食管切口流出
2. 胃瘘
3. 胃液分泌

- (1) 头期胃液分泌 ← 食物刺激头部感受器
量大 (30%)、酸度和胃蛋白酶含量均很高。
分泌量与食欲、精神因素有关。
- (2) 胃期胃液分泌 ← 食物刺激胃引起的胃液分泌
量最多 (60%)、酸度高、胃蛋白酶含量比头
期少。消化力 (胃蛋白酶量) < 头期。
- (3) 肠期胃液分泌 ← 食物刺激肠引起的胃液分泌
量少 (10%)、酸度和胃蛋白酶含量均较低。

4.3 抑制胃液分泌的因素

(1) 胃酸:

当胃窦内 $\text{pH} < 1.2 \sim 1.5$ 时，对胃酸分泌可产生抑制作用。

(2) 脂肪

脂肪进入小肠后→小肠黏膜释放**肠抑胃素**→抑制胃液分泌
肠抑胃素可能为多种激素的总和。

(3) 高渗溶液

{ 激活小肠内渗透压感受器→肠-胃反射→抑制分泌;
刺激小肠黏膜→抑制性胃肠激素→抑制分泌

三者抑制胃液分泌的能力依次为：**盐酸 > 脂肪 > 高渗溶液**

三、小肠内的消化

1、小肠对食物的消化运动

1.1 紧张性收缩

1.2 分节运动:是小肠特有的运动形式。

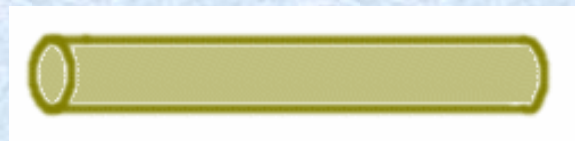
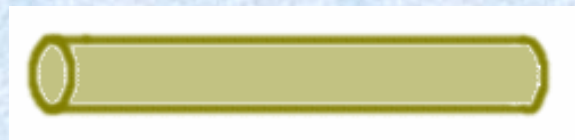
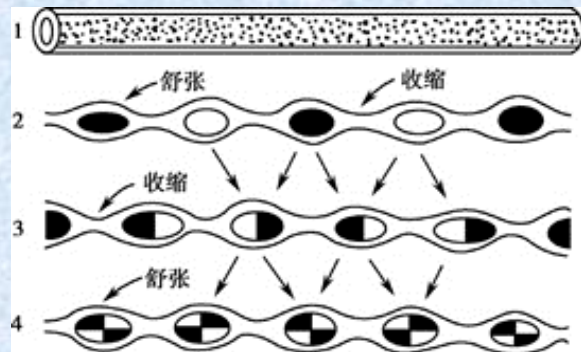
生理意义:

- (1) 促使食糜与消化液充分混合, 利于化学性消化;
- (2) 增强食糜与肠黏膜接触, 有利于营养物质吸收;
- (3) 挤压肠壁, 有助于血液和淋巴的回流。

1.3 蠕动: 自上而下顺序收缩和舒张的运动。

特点: 小肠近端的蠕动速度 > 远端。

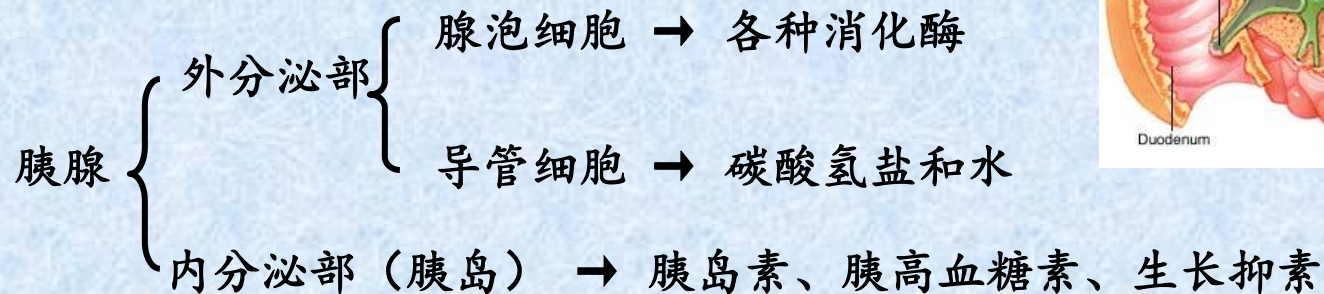
作用: 使经过分节运动的食糜向前推进。



2、小肠内对食物的分解消化

2.1 胰液

2.1.1 胰腺



2.1.2 胰液的性质、成分和作用

性质：无色、无臭的碱性液体，pH7.8~ 8.4

分泌量：1~2L/日

成分：水、无机物和有机物。

无机成分中含有 HCO_3^- （中和胃酸，保护肠粘膜；为多种消化酶提供适宜pH环境）

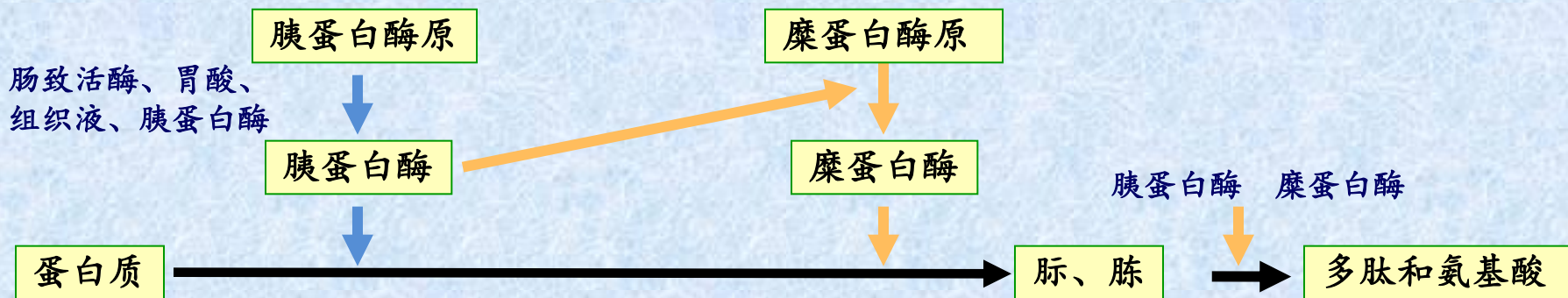
2.1.3 胰液的作用

胰液是消化液中最重要的一种消化液

水和碳酸氢盐: 由小导管管壁细胞分泌，主要作用为中和胃酸，保护肠粘膜不受胃酸的侵蚀；为小肠内多种消化酶活动的提供最适pH环境。

碳水化合物水解酶: 胰淀粉酶水解淀粉为麦芽糖和葡萄糖，对生熟淀粉都能水解，效率高、速度快。

蛋白质水解酶: 有**胰蛋白酶**和**糜蛋白酶**，由腺细胞分泌，刚分泌出来是无活性的酶原。



* 正常时，胰液中的蛋白水解酶并不消化胰腺本身，因为

① 胰蛋白酶和糜蛋白酶以酶原形式分泌(肠腔中激活)。

② **胰蛋白酶抑制因子**:失活胰蛋白酶，抑制糜蛋白酶的活性。但因量少、作用小，当暴饮暴食时不能阻止大量胰蛋白酶原活化后的自身消化过程（急性胰腺炎）。

脂类水解酶:

胰脂肪酶是消化脂肪的主要消化酶，分解为甘油和脂肪酸。

2.2 胆汁的分泌和排出

2.2.1 胆汁的性质和成分

性质： 味苦的有色液体：肝胆汁呈金黄色或桔棕色， $\text{pH}=7.4$ ；胆囊胆汁色深； $\text{pH}=6.8$ 。

分泌量： $800\sim 1200\text{ml}/\text{日}$ 。

成分： { 水
有机物：胆盐、磷脂、胆固醇、胆色素等
无机物： Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 、 HCO_3^- 等。
*不含消化酶。

作用： { **胆盐：** 乳化脂肪、增加酶作用面积
与脂肪形成水溶性复合物，促进其消化吸收
促脂溶性维生素吸收
促胆汁的自身分泌

胆固醇： 也有乳化脂肪的作用。正常时，胆固醇与胆盐的浓度呈一定的比例，若胆固醇 $\uparrow \rightarrow$ 胆石症。

2.3 小肠液的分泌

小肠液的性质、成分和作用

性质：呈弱碱性，渗透压与血浆相等

成分：水、无机成分、有机成分（肠激酶等）。

作用：中和胃酸，保护小肠粘膜；

稀释肠腔内容物，利于吸收；

肠激酶(+) →胰蛋白酶原→胰蛋白酶；

多种消化酶进一步消化水解食糜。

四、大肠内的消化

1、大肠液的分泌及大肠内细菌的活动

1.1. 大肠液的分泌

性质：碱性粘液 $\text{pH}=8.3\sim 8.4$

作用：保护肠粘膜、润滑粪便。

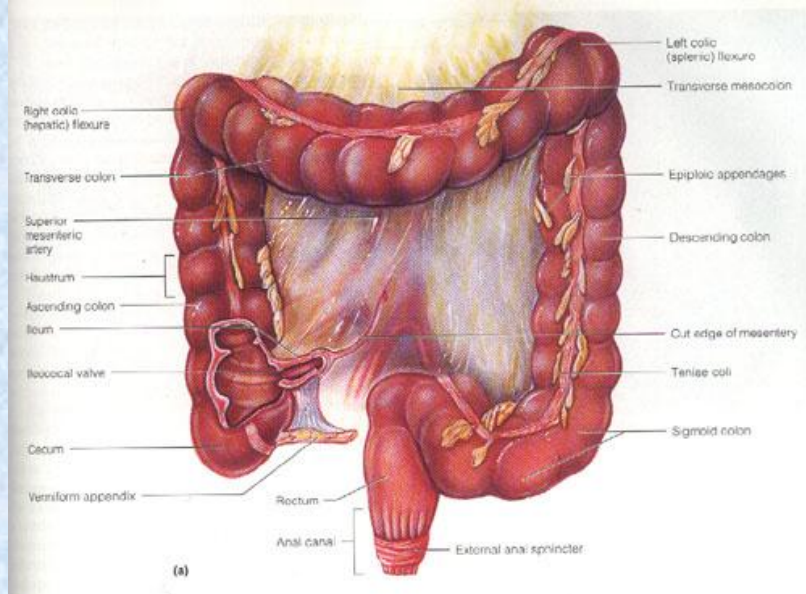
1.2. 大肠内细菌活动对食物的影响

细菌主要来自食物和空气。对糖和脂肪的分解称为发酵；对蛋白质的分解称为腐败；能合成维生素B复合物和维生素K。粪便中细菌含量占固体重量的20%-30%

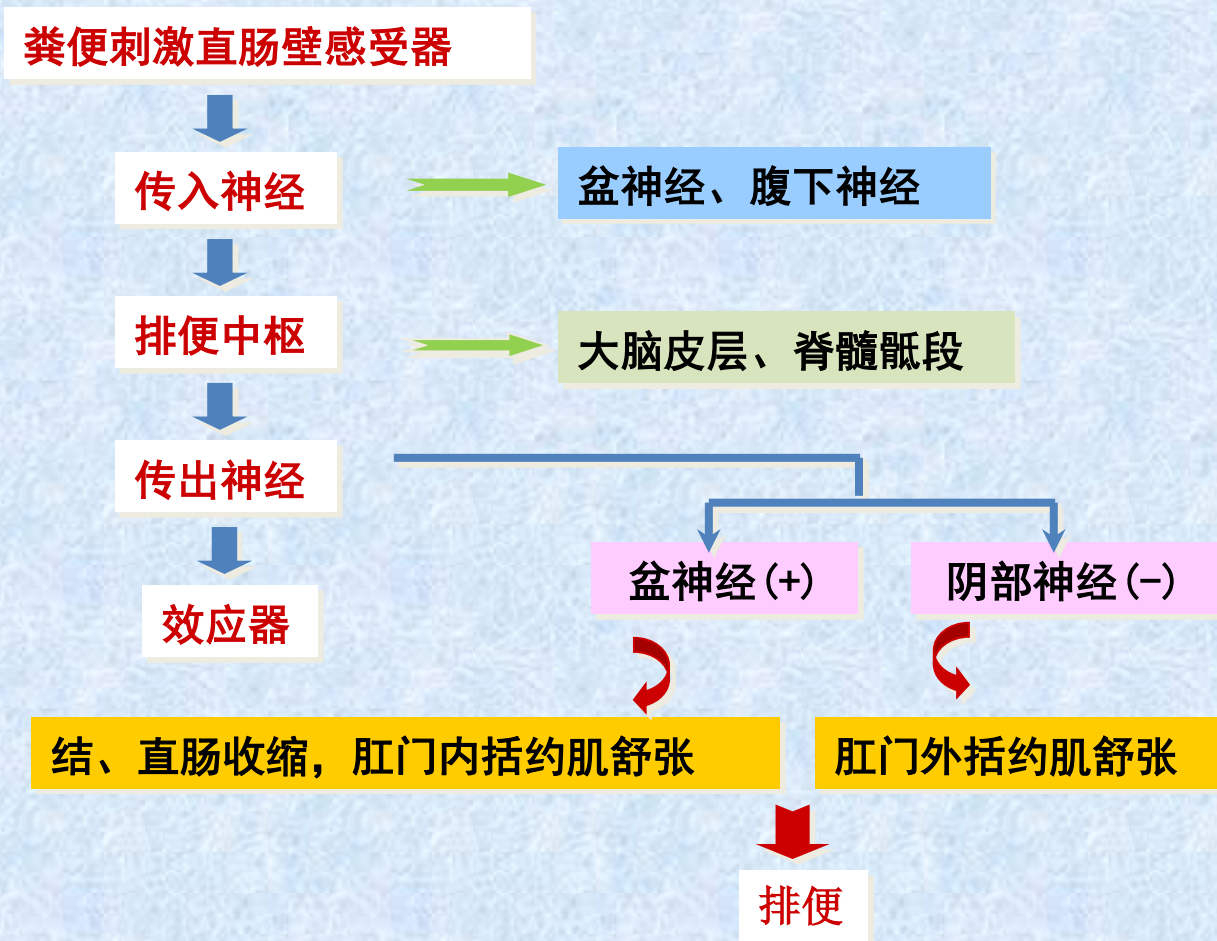
2、大肠的运动和排便

2.1. 大肠运动的形式

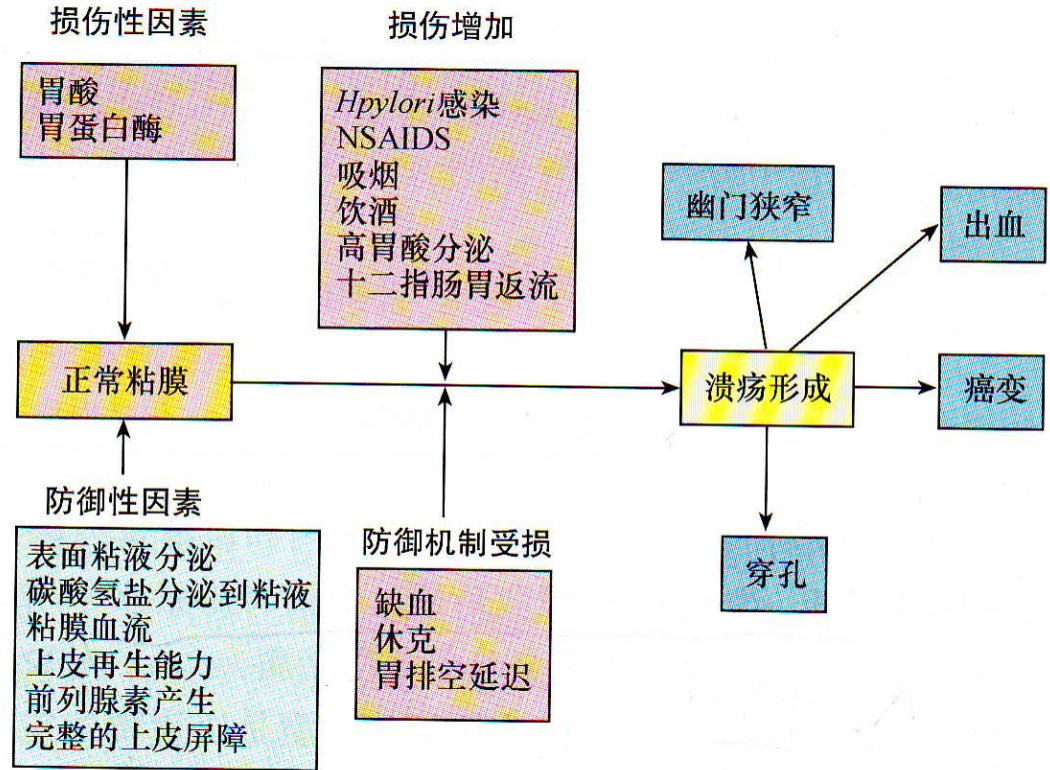
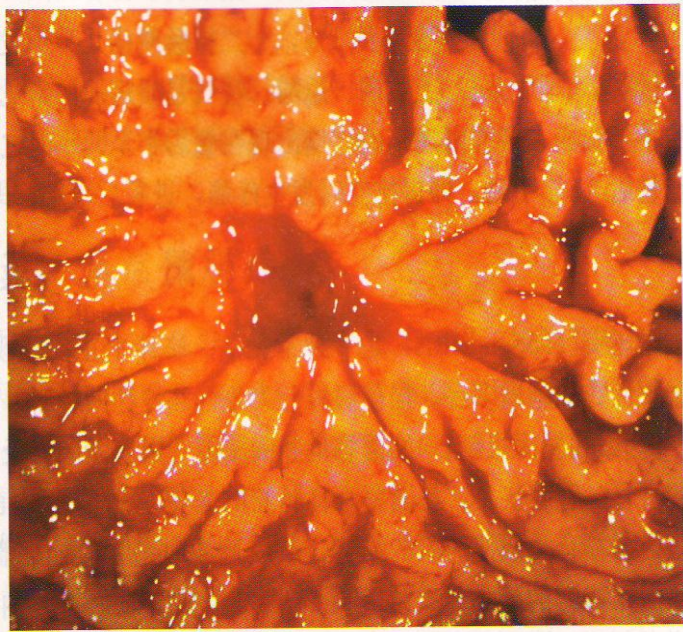
袋状往返运动 — 非推进性运动；蠕动；集团运动。



2.2 排便反射



* 胃消化性溃疡



第四节 吸收

一. 主要物质的吸收部位

口: 部分药物 (如亚硝酸甘油、吗啡)。

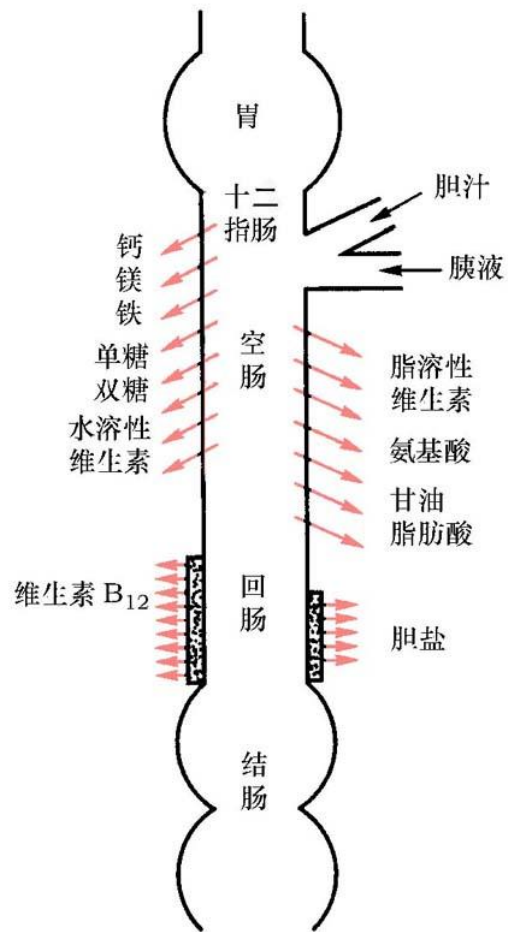
胃: 酒精和少量水分。

大肠: 水分和无机盐, 也吸收葡萄糖和一些药物。

小肠: 能力最强、种类最多, 是主要吸收的部位。

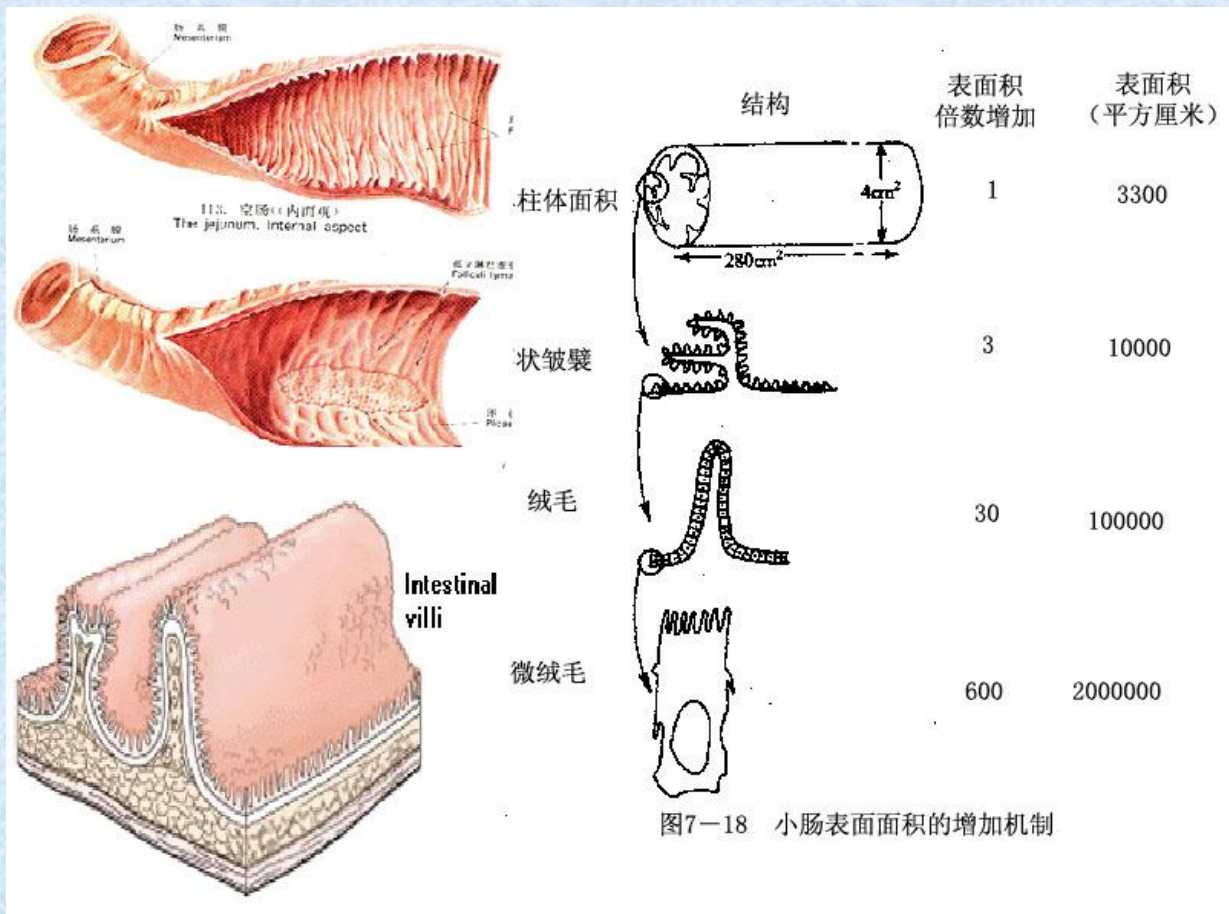
大部分物质在空肠吸收

胆盐和维生素B12在回肠吸收

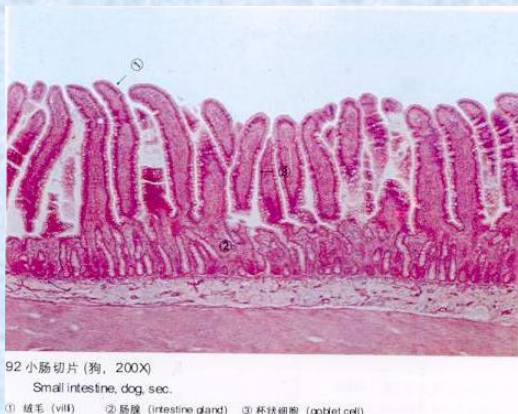


二、适合吸收的小肠结构特点

1. 吸收面积大，约200m²



*. 小肠绒毛结构



2、吸收特点:

①面积保证:

小肠长5~6米

皱褶+绒毛+微绒毛约200m²;

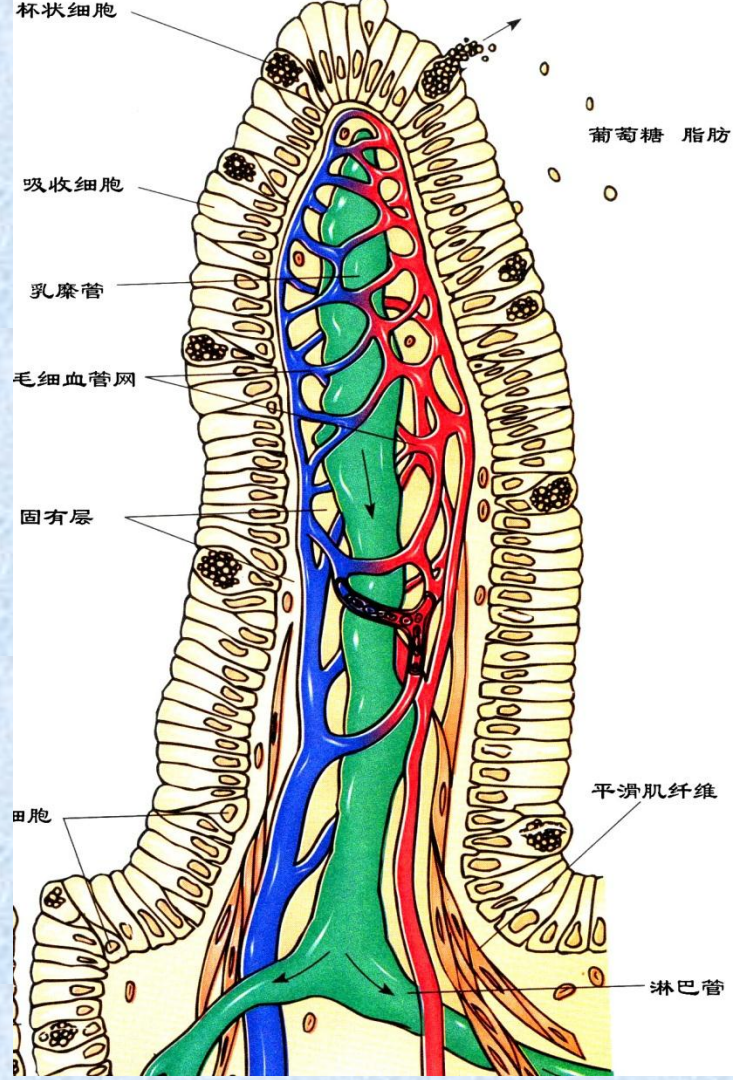
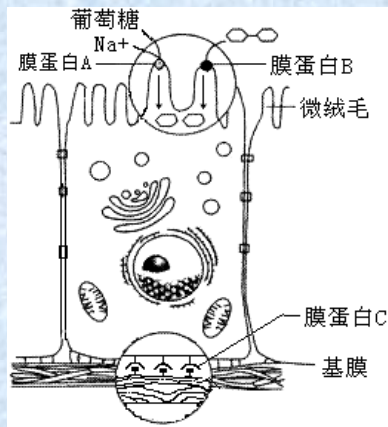
②工具保证:

酶多; 转运工具;

运输途径(血液、淋巴)

③时间保证:

停留时间长, 约3~8h



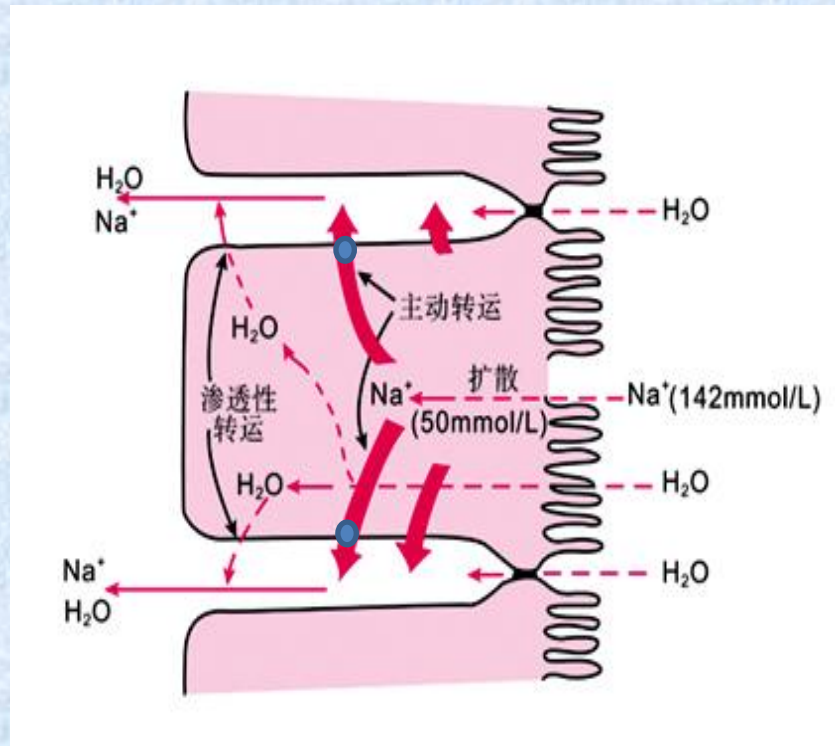
三、几种主要营养物质的吸收

1. 水和无机盐的吸收

1.1 钠和水的吸收

肠上皮细胞底-侧膜上存在着钠泵，使 Na^+ 逆电-化学梯度而主动转运。肠腔中的 Na^+ ，95~99%被主动吸收。 Na^+ 的吸收往往伴随着水、葡萄糖、氨基酸和负离子等物质的吸收。

水的吸收是被动的。各种溶质，尤其是 NaCl 的主动吸收所产生的渗透压梯度是水吸收的动力。



1.2 铁的吸收

吸收部位：小肠上段。

吸收量：

约1mg/日，仅为一般饮食中含铁量的1/10。其吸收量与机体对铁的需要量有关，缺铁的患者，铁的吸收量可比正常人多1~4倍。食物中的植酸、草酸、磷酸等可与铁形成不溶性化合物而阻止铁的吸收。



1.3 钙的吸收

钙吸收的部位：小肠各部位都有吸收钙的能力，尤其十二指肠。

钙吸收的状态：可溶性钙(氯化钙、葡萄糖酸钙)才能被吸收，离子状态的钙最易被吸收。

吸收影响因素：

维生素D、脂肪酸、酸性环境(pH=3时，钙呈离子状态)促进钙的吸收；凡与钙结合而形成沉淀的盐，如硫酸钙、磷酸钙、草酸钙等则不能被吸收；

钙吸收的量受机体需要的影响。

钙吸收的机制

入血为主动转运过程。

钙通过刷状缘膜上的钙通道进入细胞（钙结合蛋白）→基底膜钙泵、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 交换机制进入血液。也有通过细胞旁路紧密连接被吸收。

2. 维生素的吸收

水溶性维生素主要以易化扩散方式在小肠上段被吸收。维生素B₁₂必须与内因子结合成复合物，才能在回肠吸收（胞饮）。

脂溶性维生素A、D、E、K的吸收机制与脂肪相似。它们溶于脂质，先与胆盐结合成水溶性复合物，通过小肠粘膜表面的静水层，然后与胆盐分离，溶于细胞膜进入淋巴或血液。

3. 糖的吸收

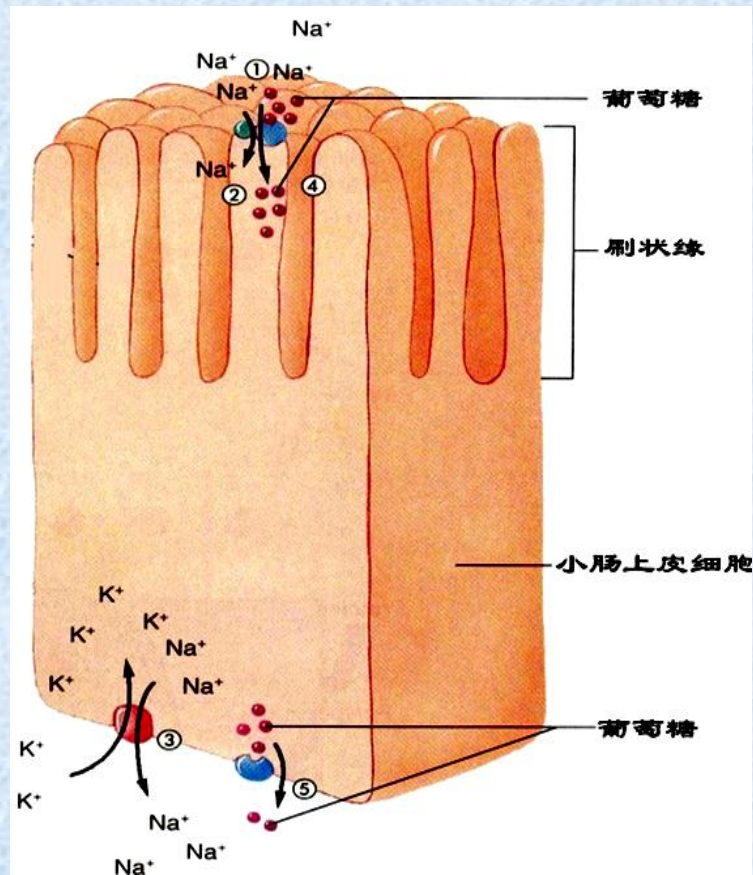
糖类只有分解为单糖才能被吸收。

吸收机制：是逆浓度差、耗能(能量来自钠泵)的**继发性主动转运**。

一个转运体蛋白可与两个 Na^+ 和一个葡萄糖分子结合。

管腔侧：以 Na^+ -转运体-葡萄糖复合物形式，与 Na^+ 同向转运入肠粘膜上皮细胞内；

管底侧：葡萄糖通过易化扩散方式进入血液， Na^+ 则由钠泵转运至细胞间隙。



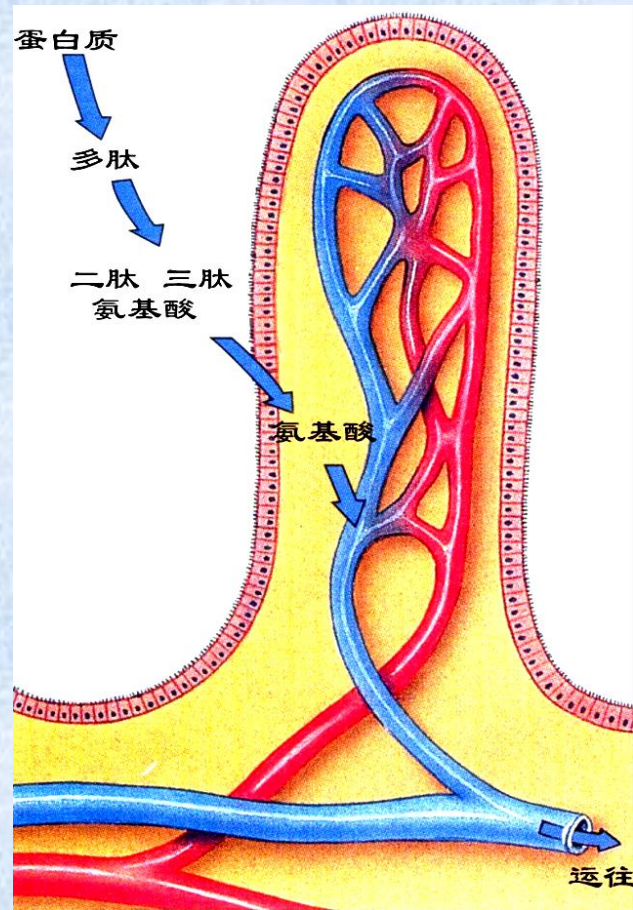
4. 蛋白质的吸收

蛋白质分解为氨基酸和寡肽后才能被吸收。为**继发性主动转运**。吸收部位是小肠上段。

目前已证明有分别转运中性、碱性、酸性氨基酸和亚氨基酸的转运系统。一般来说，中性氨基酸的转运比酸性或碱性氨基酸速度快。**与单糖的吸收相似，氨基酸的吸收也是通过与钠吸收耦联的。**

新生儿还可通过胞吞作用吸收多肽和蛋白质。

未消化完全的蛋白质也可微量吸收，但无营养作用，相反，可作为抗原引起过敏反应。



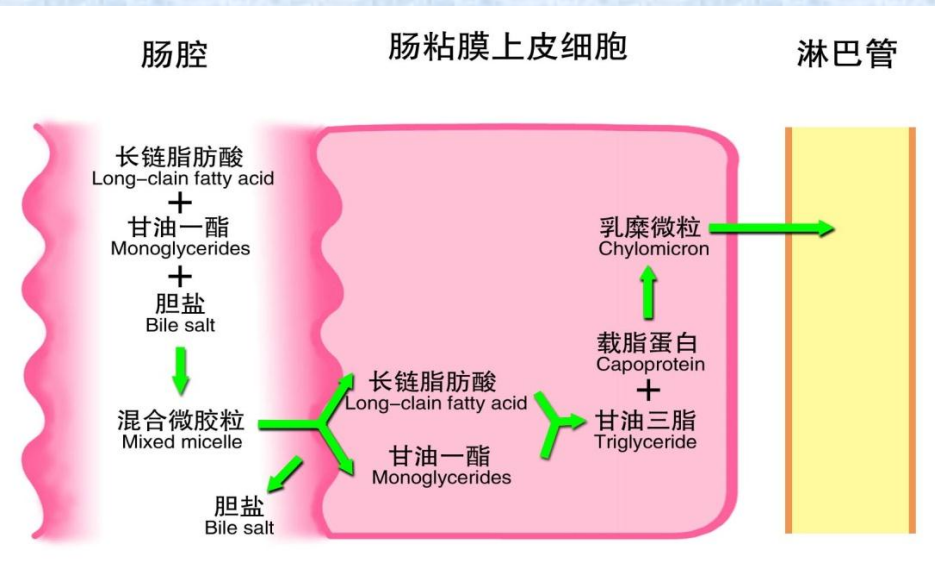
蛋白质的吸收

5. 脂肪的吸收

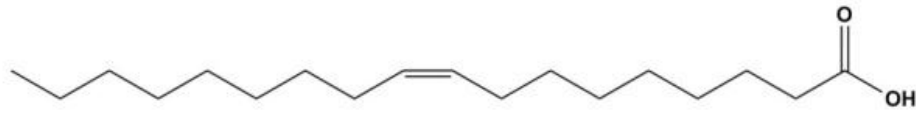
在小肠内，脂类的消化产物脂肪酸、甘油一酯、胆固醇等很快与胆汁中的胆盐形成混合微胶粒。进入小肠粘膜表面水层后，甘油一酯、脂肪酸和胆固醇等逐渐从混合胶粒中释出，透过微绒毛的脂蛋白膜而进入粘膜细胞(胆盐被遗留于肠腔内)。

长链脂肪酸及甘油酯被吸收后，在肠上皮细胞的内质网中大部分重新合成为甘油三酯，与细胞中生成的载脂蛋白合成乳糜微粒。进入细胞间隙后扩散入淋巴。(主要)

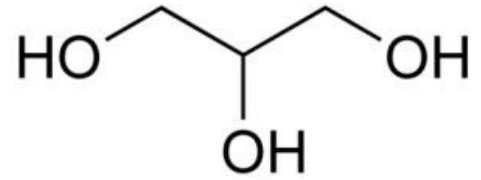
中、短链甘油三酯水解产生的脂肪酸和甘油一酯，它们是水溶性的，可以直接由粘膜细胞进入门脉。(次要)



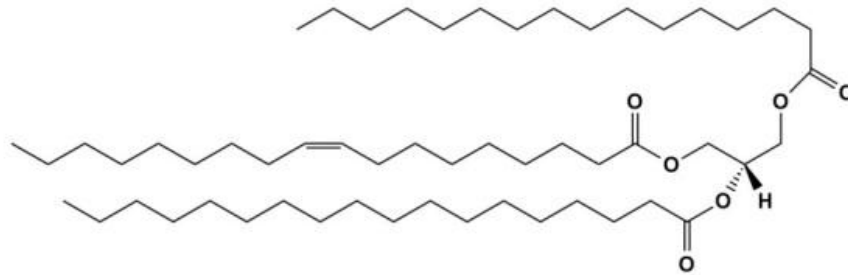
***膳食的动、植物油中含有15个以上碳原子的长链脂肪酸很多，所以脂肪的吸收途径乃以淋巴为主。**



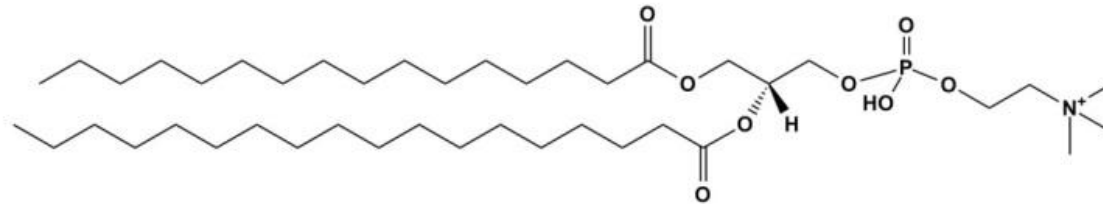
A free fatty acid 脂肪酸



Glycerol 甘油



A triglyceride 甘油三酯



A phospholipid 磷脂