

第 1 章 生物学入门

1.1 生物学是什么？

生物学是一门研究生物的科学

解剖学：生物的结构

细胞学：细胞

生态学：生物与其他生物及周边环境的相互关系

遗传学：生物的特征怎样代代相传

生理学：生物的身体怎样运作

分类学：生物的分类

所有生命都需要水

实验室生物的特点：有特征，繁殖快

1.2 生物的特征

1 生殖

生物透过生殖繁衍后代

后代拥有与亲代相似的特征

生殖过程中，遗传物质会发生改变（重新组合）

2 营养

生物通过获取食物，得到能量和营养素以支持身体活动，生长和维持健康

获得营养的方法：摄食，寄生，腐生，吸收无机物

光合作用（属于营养）： $\text{二氧化碳} + \text{水} + \text{阳光} \rightarrow \text{葡萄糖（食物）} + \text{氧气}$

3 呼吸作用

生物透过呼吸作用分解食物，获得它储存的能量，供身体的各种活动使用

方程式： $\text{有机物} + \text{氧气} \rightarrow \text{二氧化碳} + \text{水} + \text{能量（帮助维持温度）}$

每一个细胞都有呼吸作用

细菌有呼吸作用，但病毒没有

呼吸作用（获取能量）不是呼吸（获取氧气）

4 生长

生长的过程中，生物体型会增大，身体结构会变得复杂

大多数动物成熟之后不会再生长，大多数植物一生会不停地成长

干细胞会分化成不同类型的细胞

细胞的分裂为生长，分化则为发育

癌细胞：只分裂，不分化

5 排泄

生物将废弃物排出体内

排泄的方式：呼吸（排出二氧化碳），小便（排除尿素），出汗（降温）

大便为排遗，不属于排泄

6 感应性

生物探测环境的变化并作出反应

7 运动

植物运动的原因：向光，声波，触动

其它

细菌是生物，病毒介于生物与非生物之间

第一种被发现的病毒：烟草花叶病毒

病毒由蛋白+DNA/RNA 所组成

单细胞生物分裂为生殖

多细胞生物分裂为生长

1.4 科学方法

基本步骤：观察→问题→假说→预测→实验→结果→结论

自变量：实验者改变的变量

因变量：因为实验者改变的变量所造成的变量

控制变量：保持不变的变量

第2章 生命的基本单位

2.1 生命的化学成分

生物体内的化学成分分为无机物和有机物（主要）

有机物主要有碳氢氧

A 生物的无机化学成分

1 水

生物的主要无机化学成分：水和无机离子

水占人体体重的 60%（越年轻含水量越高，水占婴儿体重的 80%）

水对植物的影响：植物需要水生长，溶解肥料，光合作用，降温

i) 作为反应物

水是光合作用中的一种反应物（原料），参与反应

二氧化碳+水+阳光→通过叶绿体（叶绿素）→葡萄糖（食物）+氧气（直接从叶片离开）

结构-细胞-叶绿体：叶绿素（对温度敏感），叶黄素，胡萝卜素

消化酶（有机催化剂，反应前后一样）催化水解反应

水解反应：水（反应物）+复杂分子（大分子）→简单的物质（小分子）

DNA 控制酶的制造

ii) 作为化学反应的介质

水作为溶剂，能溶解多种物质，并为细胞提供化学反应所需的介质，没有参与反应

口水里含有酶，可以使米饭→淀粉→麦芽糖

溶液：溶剂溶解溶质后的产物

iii) 作为物质转运的介质

生物体内，大部分物质先要溶于水，才能运送到身体各部分

人体内，营养，废弃物，气体溶于血液（水是血液的主要成分）中，然后运送到身体各部分

植物内，无机离子溶于水中，然后由根沿茎运送到各个部位

iv) 作为冷却剂

水分蒸发时，把物体的热带走，因此水作为冷却剂。

体温上升时，人体会增加排汗（不一定肉眼可见），汗的主要成分为水，蒸发时有助降温

植物进行蒸腾时，水会从植物表面蒸发，会把热量带走。

蒸腾由气孔控制

影响蒸腾的因素：环境湿度（过高会导致蒸腾变慢），光照（沙漠植物早上会关闭气孔，防止水分过度流失）

蒸腾提供拉力，将水分和无机离子由根沿茎运送到各个部位

v) 提供支撑

水能维持生物的形状，支撑生物的身体（有些生物没有骨头）

有些动物的体腔充满液体，其所产生的流体静压能支撑身体

植物细胞充满水时，便会膨胀，相互挤压，为幼苗提供支撑。

水为水生动植物提供浮力

水有表面张力，支撑水上的昆虫

不同生物在不同水层生活

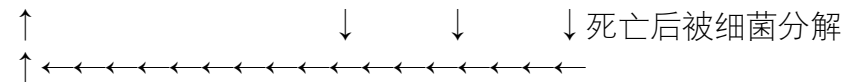
水在 4°C 时密度最高，所以冰会浮在水面，对下面的水起到保暖，动物得以生存

无机离子又称为矿物质

硝酸根离子被根吸收，溶于水，在因蒸腾到各个部分。

硝酸根离子: NO_3^-

土壤中的硝酸根离子→植物→动物→人类



排泄，排遗含有大量的氨

极地土地没有氨，所以无法种植植物

镁离子: Mg^{2+}

钙离子: Ca^{2+}

肌肉，血液，细胞含有钙离子

人体需要的每一种元素的含量都不一样，钙是人体需要最多的微量元素

骨头里面有 $\frac{1}{3}$ 是蛋白质

iii) 铁: 铁是血红蛋白 (红血细胞中负责携带的氧的色素) 的其中一种的成分, 铁也能活化某些酶

铁 II 离子: Fe^{2+}

铁III离子: Fe^{3+}

缺铁容易贫血（缺铁性贫血），容易造成头晕

生物的主要有机化学成分包括碳水化合物, 脂质, 蛋白质和核酸, 统称为生物分子, 通常都含有碳

碳水化合物（糖类）含有碳，氢，氧

| | | |
|-----|-----|--------|
| 有甜味 | | 无甜味 |
| 单糖 | 双糖 | 多糖 |
| 葡萄糖 | 麦芽糖 | 淀粉 |
| 果糖 | 蔗糖 | 纤维素 |
| 半乳糖 | 乳糖 | 糖原 (元) |
| 核糖 | | |

六碳糖 (C₆H₁₂O₆) : 葡萄糖, 果糖, 半乳糖 (同分异构)

五碳糖 (C₅H₁₀O₅) : 核糖

葡萄糖（血糖）：自然界分布广，会在呼吸作用时被直接分解，为身体提供能量。

果糖：主要在水果，蜂蜜中存在

半乳糖：在奶类产品和甜菜中存在

核糖：RNA 里含有核糖，DNA 里含有脱氧核糖

麦芽糖：由两个葡萄糖所组成

蔗糖：由葡萄糖+果糖所组成，广泛分布于植物体内，特别是甘蔗，甜菜和水果中含量极高

乳糖：由葡萄糖+半乳糖所组成，在所有哺乳类动物的乳汁中存在

淀粉：淀粉是植物的能量储备方式，广泛存在于马铃薯，小麦，玉米，大米，木薯等

纤维素：植物细胞壁的主要成分

糖原：动物和真菌的能量储备方式，人体中存在于肝脏和肌肉中

2 脂质

脂质含有碳，氢和氧。常见的脂质有甘油三酯，磷脂，脂肪酸，固醇类。

甘油三酯：成分为 1 甘油+3 脂肪酸，是人体的能量储备。皮肤下的脂肪组织可以作为隔热层，减少身体散失热。包围内脏的脂肪组织可以缓和冲力，保护内脏免受震荡。包裹神经的脂肪组织可以形成绝缘层。

磷脂：含有磷酸的脂质，是细胞膜的主要成分。鸡蛋中含有较多的磷脂。

饱和脂肪酸：存在于肉类，乳制品，鱼，少数植物（例如椰子油，棕榈油等），蛋等（食用过多可能导致心血管疾病）。

不饱和脂肪酸：存在于多数植物（例如牛油果，种子等），深海鱼，坚果等。

固醇类：胆固醇只存在动物之中。

脂溶性维生素：脂溶性维生素存在于脂肪组织中，例如维生素 A，D，E，K。

3 蛋白质

蛋白质含有碳，氢和氧，有些蛋白质还有含有硫。蛋白质是由 20 种氨基酸化合而成。

身体的很多组织（毛发，肌肉，皮肤等）主要由蛋白质组成。

酶是蛋白质，一种生物催化剂，可以加速体内的化学反应。具有高效性和专一性。基因决定怎样通过氨基酸化合。酶不一定要在体内或细胞内反应，且反应前后不变。一般的病毒不含有酶，极少数的病毒含有酶。

抗体是蛋白质，能保护身体免受病毒的侵害，具有专一性。

4 核酸

核酸含有碳，氢，氧，氮和磷，分为两大类，脱氧核糖核酸和核糖核酸。

脱氧核糖核酸，简称 DNA。携带遗传信息，控制细胞活动和决定生物的身体特征。DNA 由两条脱氧核糖核苷酸长链构成，中间有引力，为规则的双螺旋结构（右旋），含有 4 种碱基：A，T，C，G，组成 2 种碱基对：A-T（引力较弱）和 C-G（引力较强）。DNA 永远在细胞核内。

核糖核酸，简称 RNA。参与蛋白质的合成过程，是由 DNA 转录过来。RNA 由一条核糖核苷酸长链构成，为单螺旋结构，含有 4 种碱基：A，U，C，G。RNA 中每 3 个碱基为一组，在蛋白质合成时，代表一种氨基酸的规律，称作密码子。

人类细胞内有 23 对染色体（细胞核里），46 条 DNA。精子和卵子各有 23 条 DNA。

其它

生物与非生物的不同在于原子组合不同

无法用完全合成的方式组成生命

生命的单位：细胞

细胞结构相似

2.2 利用显微镜研究细胞

A 早期的细胞研究

1590 年，镜片工匠汉斯·简生和他的儿子制成首个显微镜，可以放大 3-9 倍。

1665 年，英国科学家罗伯特·胡克设计了一个显微镜，用来观察木栓薄片。在显微镜下，他看见了许多蜂窝状的小室，他称这些小室为“细胞”。

1674 年，安东尼·菲利普斯·范·雷文霍克用自制的单式显微镜观察到了池塘中的微生物，这是首次在显微镜下看见活细胞，他被称为光学显微镜之父和微生物学之父。

1831 年，植物学家罗伯特·布朗利用显微镜观察兰叶时发现了细胞核。

1839 年，西奥多·施旺提出了细胞学说：所有生物都是由一个或多个细胞构成的；细胞是生命的基本单位，即是能维持生命活动的最小单位；所有细胞都是由原有的细胞分裂而来的。

1886 年，科学家在人的肌肉细胞中发现了线粒体。

1933 年，首台电子显微镜面世，可以把物体影像放大 12000 倍。

1950 年，科学家利用透射电子显微镜观察细胞，发现了比线粒体细小约 100 倍的核糖体。

B 常用的显微镜

1 光学显微镜

光学显微镜透过聚焦光来产生影像，精良的光学显微镜可以把物体的影像放大 1600 倍。在光学显微镜下观察到的影像是上下左右倒转的。光学显微镜可以观察到活物。

总放大率 = 目镜放大率 × 物镜放大率

放大率 = 影像大小/物体大小

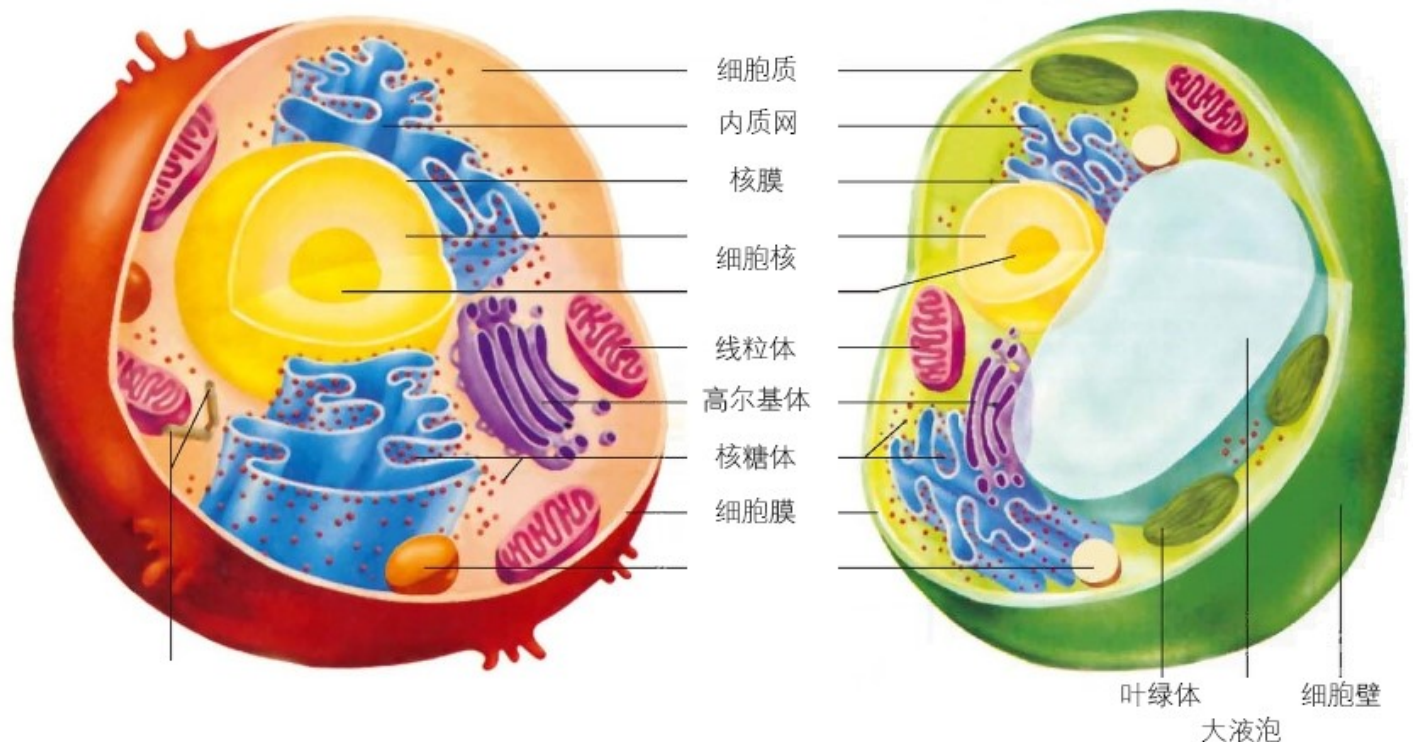
2 电子显微镜

电子显微镜在 1933 年发明，以聚焦电子束来产生影响。这种显微镜所产生的影像放大率和解像度较高。电子显微镜分为透射电子显微镜和扫描电子显微镜。电子显微镜只能研究已死的样本。

透射电子显微镜通过发出电子束，穿透样本来产生平面黑白的影响，最高可以放大 1500000 倍。通常用于研究样本的内部结构。

扫描电子显微镜通过电子束扫描样本的表面，产生立体黑白的影响，最高可以放大 300000 倍。通常用于研究样本的外部结构。

2.3 细胞的基本结构



A 动物细胞的结构是怎样的？

不同种类动物细胞的基本结构大致相同，内里大部分是凝胶状的细胞质，外层由细胞膜包围。细胞质里有不同的细胞器（例如细胞核，线粒体等）。

1 细胞膜

细胞膜由磷脂双分子层组成，是具有弹性的单层薄膜，包围着细胞，把细胞内部与外界分割。细胞膜具有差异透性（选择通过性），细胞膜上的通道蛋白只允许某些物质穿越（氧气，二氧化碳等可以自由进出），细胞膜能控制物质进出细胞。当细胞主动将物质由低浓度一侧向高浓度一侧运输（主动运输）时，需要消耗细胞能量 ATP。当细胞内外某物质的浓度不同时，该物质会由高浓度扩散到低浓度的地方（扩散作用），不会消耗 ATP。细胞膜上有一些胆固醇（只有动物才有），负责稳定细胞。

2 细胞质

细胞质是凝胶状的物质，主要成分为水和蛋白质。细胞质载有细胞器，是化学反应进行的地方，容许物质在细胞内移动和运输。

3 细胞核

细胞核呈球状，由称为核膜的双层薄膜包围。核膜上有核孔，可以让某些物质通过。细胞核内含有 23 对染色体，每个染色体里面有 1 条 DNA。DNA 是生物的遗传物质，能控制细胞的活动。某些细胞没有细胞核（成熟红血球等）。

4 线粒体

线粒体呈杆状，由双层薄膜包围，内层折曲成指状。是进行有氧呼吸作用以释放能量的主要地方。能量需求大的细胞有很多线粒体，例如需要大量能量进行代谢反应的干细胞，需要能量来吸收营养素的小肠内壁上皮细胞和需要能量来制造酶的酶分泌细胞。成熟红血球没有线粒体。

呼吸作用分为有氧呼吸（氧气参与反应）和无氧呼吸（氧气不参与反应）。剧烈运动时供氧不足，肌肉会进行无氧呼吸。

有氧呼吸会将葡萄糖和氧气拆解为二氧化碳，水和 32 个 ATP（32 个 ATP 为理论数值，目前预计的是 29-30 个 ATP）。

无氧呼吸有两种方式：

- 1.将葡萄糖拆成乳酸（使肌肉酸痛）和 2 个 ATP。（酵母菌和乳酸菌使用此种方式）
- 2.将葡萄糖拆成酒精，二氧化碳和 2 个 ATP。

5 内质网

内质网是由膜囊组成的网络（单层薄膜），与核膜外层连接，并延伸至整个细胞质。内质网提供很大的表面积以进行脂质和蛋白质合成。内质网分为粗糙内质网和光滑内质网。

核糖体是由 RNA 和蛋白质组成的，是细胞内蛋白质合成的场所，能够读取 RNA 所包含的遗传信息，并使之转化为蛋白质中氨基酸的序列信息以合成蛋白质。

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 粗糙内质网 | 光滑内质网 |
| 参与蛋白质的合成 | 参与脂质的合成 |
| 表面有核糖体 | 没有核糖体 |
| 制造蛋白质激素或酶的细胞（例如唾液分泌细胞）有大量的粗糙内质网 | 制造脂质激素的细胞（例如分泌雄性激素的细胞）有大量的光滑内质网 |

6 液泡

大多数动物细胞的液泡都十分细小，而且数量很少，甚至没有。液泡由单层薄膜包围。液泡充满液体，这些液体中主要含有水和易溶解的物质，例如食物和酶。

7 高尔基器

高尔基器，又叫做高尔基体，是由一叠扁平的囊组成，每个囊都由单层薄膜包围着。高尔基器接受在内质网合成的蛋白质和脂质，把它们加工，然后运送到细胞膜并释放它们到细胞外。

B 植物细胞的结构是怎样的？

植物细胞通常比动物细胞大，形状相对较规则。植物细胞的基本结构与动物细胞相似，但有细胞壁，大液泡，有些植物细胞更有叶绿体。

1 细胞壁

细胞壁厚而硬，覆盖细胞外层，主要由纤维素构成，是全透的，容许水和任何易溶解的物质穿越。细胞壁不会变形，会保护并支撑植物细胞，固定细胞的形状。

2 大液泡

多数植物细胞（部分没有）通常都有一个大液泡，被单层薄膜包围，位于细胞中央。内含有细胞液，里面含有水和已溶解的物质（例如葡萄糖，色素，废物等）。当液泡充满水时，细胞会膨胀，帮助支撑植物。

当外界溶液的浓度比细胞液的浓度高时，细胞液的水分就会穿过原生质层向细胞外渗出，液泡的体积缩小，由于细胞壁的伸缩性有限，而原生质体（细胞壁以内各种结构的总称）的伸缩性较大，所以在细胞壁停止收缩后，原生质体继续收缩，这样细胞膜与细胞壁就会逐渐分开，原生质体与细胞壁之间的空隙里就充满了外界浓度较高的溶液，这种现象叫做质壁分离。

3 叶绿体

只有某些植物细胞（例如栅状叶肉细胞和保卫细胞）有叶绿体，由双层薄膜包围。叶绿体含有光和色素（叶绿素 a，叶绿素 b，叶黄素，胡萝卜素），能吸收光以进行光合作用。

2.4 身体的组织层次

多细胞生物身体中，细胞分为三个层次：组织，器官，系统

细胞→组织→器官→系统→生物

组织：一组类似的细胞组合起来，形成组织，负责特定的功能。

器官：不同的组织组合起来，形成器官。它们互相合作，执行特定的功能。

系统：一些器官组合起来，互相协调地运作，形成系统。

生物：不同的系统组合起来，形成生物。

消化系统：口腔，咽，食道，胃，小肠，大肠，肛门，唾液腺，胰腺，肝脏

生殖系统：睾丸，卵巢，子宫，输卵管，阴道，输精管，阴茎

呼吸系统：鼻，咽，喉，气管，支气管，肺

泌尿系统：肾脏，输尿管，膀胱，尿道

循环系统：心脏，动脉，静脉，毛细血管，淋巴管，淋巴器官

运动系统：骨骼，骨骼肌，关节

神经系统：脑，脊髓，神经

内分泌系统：松果腺，脑垂体，甲状腺，肾上腺，胰腺，卵巢，睾丸

组织

组织是由许多形态相似的细胞以及细胞间质（细胞之间没有细胞形态的物质，例如弹性纤维，液体，胶原纤维等）所组成，是人体各种器官的基本成分。人体内共有四种组织：上皮组织，结缔组织，肌肉组织，神经组织。

上皮组织

上皮组织是由排列紧密的细胞及少量的细胞间质所组成，主要覆盖于人体的外表面或衬在体内各种囊，管，腔的表面（多是内表面），有的特化成腺体。上皮组织具有保护，吸收，分泌，排泄和感觉等功能。

- 1.单层扁平上皮：肺泡壁，微血管壁（比较薄，气体可以通过）
- 2.纤毛上皮：输卵管，气管（有纤毛，用来过滤灰尘以及包住卵子）
- 3.单层柱状上皮：膀胱内壁，小肠内壁（有基膜，具有分泌、吸收功能）
- 4.复层扁平上皮：食道内壁（有基膜，比较厚，具有很好的自我修复能力和机械性能）
- 5.腺体：唾液腺，泪腺（有腺细胞和导管，主要起分泌作用）

结缔组织

结缔组织是由较少的细胞及较多的细胞间质所组成。结缔组织具有联结，支持，保护，防御，修复，营养，运输等功能。结缔组织可分为疏松结缔组织，致密结缔组织，脂肪组织，软骨组织，骨组织，血液等。

1.疏松结缔组织

- 2.肌腱（属于致密结缔组织，有韧性）
- 3.软骨组织（关节，耳朵，鼻子等）
- 4.骨组织（完整的一块骨头属于器官）

肌肉组织

肌肉组织由肌细胞组成，由于肌细胞呈纤维状，又叫肌纤维。肌细胞就有收缩和舒张能力。人体的各种动作，例如行走，跑步，吞咽，以至内脏器官的活动，例如呼吸，循环，肠胃的蠕动等，都有赖肌细胞的收缩作用以完成。

- 1.骨骼肌，有明暗相间的条纹，所以又叫横纹肌。骨骼肌收缩受意志支配，所以又叫随意肌。其附在骨骼上，收缩快有力，但容易疲劳。其没有分支，具有多个细胞核，细胞核分布在两侧，细胞为圆筒形。
- 2.平滑肌，没有横纹。平滑肌不受意志支配，所有又叫非随意肌。其主要构成内脏器官壁，收缩缓慢但持久。其没有分支，只有单个细胞核，细胞核在中间，细胞为菱形（纺锤形）。
- 3.心肌，有横纹，所以又叫横纹肌。心肌不受意志支配，所有又叫非随意肌。其主要构成心脏，并能自动并有节奏地收缩。其有分支，只有单个细胞核，细胞核在中间，细胞为圆筒形。

神经组织

神经组织是由高度分化的神经细胞和神经胶质细胞所组成。神经组织在人体内的分布很广，不过在脑，脊髓等部位则特别聚集了庞大的神经元，并具有非常复杂的结构，专责控制及调节整体活动的机能。

神经细胞既是构造单位，也是功能单位，故常被称为神经元，它的主要功能是感受体内，外的刺激和传导神经冲动。

神经胶质细胞虽然不会传导冲动，但却有支持，绝缘，输送营养，排除代谢废物以及防御等功能。

树突（一个或多个）为传入，轴突（只有一个）为传出。

2.5 原核细胞与真核细胞

动物细胞和植物细胞都是真核细胞，具有真正的细胞核。细胞核由核膜包围，内有遗传物质（DNA）。由真核细胞构成的生物称为真核生物。

一些单细胞生物（例如细菌）的细胞没有真正的细胞核，它们的遗传物质（DNA）裸露于细胞质中，这类细胞称为原核细胞。由原核细胞构成的生物称为原核生物。科学家普遍相信原核生物是地球上最早出现的生物。

大部分原核细胞都有细胞壁（肽聚糖），细胞壁不含纤维素，成分跟植物细胞不同。

原核细胞没有内质网，核糖体以游离的形式散布于细胞质中。

原核细胞没有由双层薄膜包围的细胞器，例如线粒体和叶绿体。

第 5 章 食物和人类

5.1 营养方式

自养营养：通过自身制造食物，例如植物能通过光合作用制造食物，细菌能通过化能合成（用化学反应制造能量）获取能量，以自养营养方式生存的生物称为自养生物，例如植物。

异养营养：从其他生物获取有机物，不能自己制造食物，以异养营养方式生存的生物称为异养生物。

1. 动物式营养：人、牛和狮子等哺乳动物以这种营养方式生存，他们从其他生物摄取有机物。

2. 腐生式营养：许多细菌和真菌都以这种营养方式生存，他们称为腐生生物。它们从已死的生物或没有生命的有机物（例如腐败的食物）摄取有机物。

3. 寄生式营养：绦虫和细菌以这种营养方式生存，它们称为寄生物。寄生物生长在另一种生物的身上或体内，从中摄取有机物。例如绦虫在人类小肠内摄取已消化的食物。

4. 共生关系：共生分为互利共生和偏利共生。前者对双方都有好处，例如珊瑚虫藻类给提供居所，藻类提供营养给珊瑚虫。后者仅对单方有好处，但对另一方也没有坏处。例如鲫鱼附着在鲨鱼上，但不会对鲨鱼造成伤害。

5.2 人类的食物需求

A 食物有什么重要性？

我们每天都要进食。食物为身体提供能量，用作活动和保持身体温暖。食物也提供原料，用作生长和修补破损组织。此外，食物也提供营养素，保持身体健康。

B 食物物质

我们从食物摄取的食物物质主要分为七种，包括碳水化合物、脂质、蛋白质、矿物质、维生素、食用纤维和水。这些食物物质是维持健康所必须的。

1 碳水化合物

碳水化合物是由碳、氢和氧组成的有机物，碳水化合物的氢和氧比例是 2:1。碳水化合物可分为以下三类：

i) 单糖

单糖是结构最简单的碳水化合物。它带甜味和可溶于水。常见的单糖有葡萄糖、果糖和半乳糖。葡萄糖和果糖常见于水果和蜜糖之中，半乳糖则常见于奶和其他乳制品（例如芝士和酸乳酪）中。所有单糖都是还原糖，在本立德实验中会产生砖红色沉淀物。

ii) 双糖

双糖由两个单糖分子在酶的催化下结合而成，过程中会释出 1 个水分子，这个过程称为缩合（脱水缩合）。

当加入水分子和另一种酶后，双糖会分解成两个单糖分子，这个过程称为水解。

常见的双糖有麦芽糖、蔗糖和乳糖。跟单糖相似，双糖也带甜味和可溶于水。除蔗糖外，其他双糖都是还原糖。

| 双糖 | 麦芽糖 | 蔗糖 | 乳糖 |
|-------|---------|----------------|---------|
| 组成的单糖 | 葡萄糖+葡萄糖 | 葡萄糖+果糖 | 葡萄糖+半乳糖 |
| 来源 | 萌发中的大麦 | 所有植物（甘蔗和甜菜比较多） | 奶和其他乳制品 |

iii) 多糖

多糖是链状的碳水化合物，由多个单糖分子缩合而成。多糖不带甜味，也不溶于水。常见的多糖有淀粉，糖原和纤维素，它们的分子由葡萄糖分子以不同的方式连结而成。

在植物体内，碳水化合物主要以淀粉的方式储存。谷壳产品，马铃薯和芋头都含有丰富的淀粉。在动物体内，碳水化合物主要以糖原的形式储存。纤维素则是植物细胞壁的主要成分。

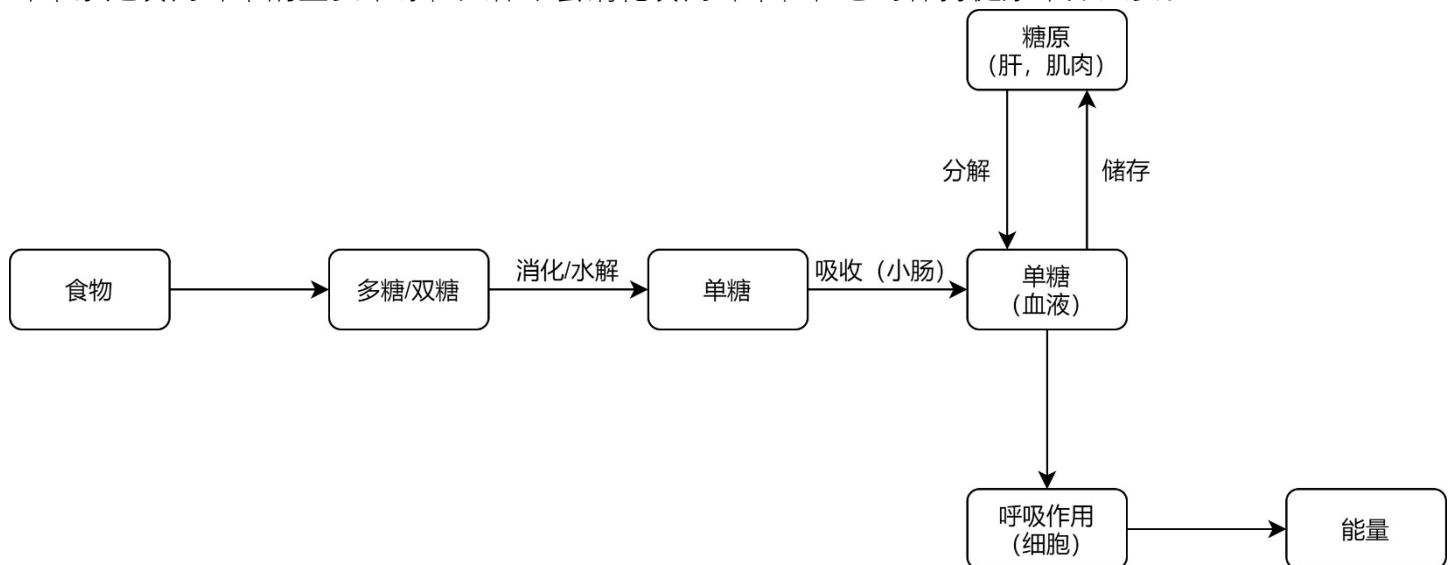
碳水化合物的功能

碳水化合物是身体活动的主要能量来源，每克碳水化合物提供约 17.1KJ（千焦耳）的能量。在人体中，细胞进行呼吸作用，把葡萄糖直接分解以释出能量。

双糖和多糖的分子体积很大，必须先分解成较细小的单糖，才能被身体吸收，用于呼吸作用中。

糖原由过量摄取的碳水化合物转化而成，储存在肝和肌肉中，作为身体的能量储备。

纤维素是食用纤维的主要来源，人体不会消化食用纤维，但它对保持健康十分重要。



2 脂质

脂质是由碳，氢和氧组成的有机物，脂质分子的氢和氧比例大于 2:1。脂质不溶于水，但溶于有机溶剂（例如乙醇）。甘油三酯是最常见的脂质，由 3 个脂肪酸分子和 1 个甘油分子结合而成，过程中会释出 3 个水分子，这个过程称为缩合。

甘油三酯有两类，分别是脂肪和油。脂肪在室温下呈固态，主要来自动物，例如猪油和人造牛油。油在室温下呈液态，主要来自植物，例如玉米油和花生油。肥肉，果仁，瓜子。奶和其他乳制品都含丰富脂肪和油。

脂肪酸

脂肪酸分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。饱和脂肪酸含有坏胆固醇（LDL），会造成动脉阻塞，建议少量摄取。不饱和脂肪酸分为 ω -3 脂肪酸（存在于秋刀鱼，深海鱼油等）， ω -6 脂肪酸（存在于玉米油，大豆油，花生油等）， ω -9 脂肪酸（存在于橄榄油，菜籽油，花生油，牛油果，胡桃，杏仁，鱼类等），建议适量摄取。

脂质的功能

脂质会存储在体内的脂肪组织中。脂肪组织一般分布在皮肤下，成为皮下脂肪，也分布在内脏周围。

脂肪组织有以下功能：

- 1.作为能量储备，每克脂质提供约 38.9KJ 的能量。
- 2.作为绝缘体，减少热从体内散失。
- 3.包围内脏，保护内脏免受震荡。

磷脂是脂质的一种，是细胞膜主要的成分之一。

脂质涉及脂溶性维生素（例如维生素 A，D，E 和 K）的转运和储存。
脂质也用来形成某些激素。

3 蛋白质

蛋白质是由碳，氢，氧和氮组成的有机物，有些蛋白质分子也含硫。氨基酸（可溶于水）是蛋白质的基本结构单元，每个氨基酸分子的中心都有一个碳原子，碳原子与一个氨基，羧基，氢原子和侧链连接。不同氨基酸有不同的侧链。

两个氨基酸经缩合连接在一起，便形成二肽，这个过程需要由人体内某种酶催化。在另一种酶催化下，二肽可以水解成个别的氨基酸。

当二肽再与其他氨基酸结合，便会形成多肽。组成多肽的氨基酸之间会形成化学键，使多肽按特定的方式卷曲和折叠，形成具独特三维形状的蛋白质分子。蛋白质分子可以由一个或以上的多肽组成。

热会破坏蛋白质内多肽之间的化学键，是蛋白质的形状改变，因而失去功效，例如烫头发。

人体需要 20 种氨基酸来制造身体所需的各种蛋白质，当中 12 种氨基酸可以由身体自行制造，称为非必须氨基酸。其余的氨基酸必须由膳食中摄取，称为必需氨基酸。

肉类，鱼，鸡蛋，豆类，奶和其他乳制品都含有丰富蛋白质。我们进食蛋白质后，蛋白质要先分解成氨基酸，才可以被人体吸收，供给体细胞制造身体所需的各种蛋白质。

氨基酸被人体吸收后，如有多余的氨基酸，会被肝脏分解，然后以尿液的形式排出。

蛋白质的功能

蛋白质用来构成身体组织（例如肌肉），并供生长和修补之用。

蛋白质用来形成酶，抗体和某些激素。

一旦存储在体内的碳水化合物和脂质耗尽（例如饥饿时），细胞便会分解氨基酸以释出能量。每克蛋白质提供约 18.2KJ 能量。

缺乏蛋白质会引致蛋白缺乏病（加卡西病），这是一种营养缺乏病。患有此病的儿童发育不良，肌肉瘦弱，腹部因为积聚腹水而胀起。蛋白质缺乏病常见于发展中国家，因为当地人民的膳食没有足够的奶，肉类和蛋供应。

4 矿物质

矿物质是无机食物物质。跟碳水化合物，脂质和蛋白质相比，身体只需要少量矿物质。矿物质不能提供能量，但对调节多种代谢反应和形成身体组织（例如骨骼）十分重要。

身体需要多种矿物质，例如钙，铁，钠，碘，钾和磷等。

i) 钙

钙是骨骼和牙齿形成所必需的。钙对儿童至关重要，因为钙使骨骼变得坚硬，并促进牙齿生长。此外，血液凝固（需要钙离子），肌肉收缩和神经系统的信息传递都需要钙。

儿童缺乏钙可能会患上软骨病，患者的骨骼变软。由于承担体重，双腿可能会弯曲。如患者没有接受适当治疗，长大后骨骼可能会维持弯曲，而且患者也不能生长至应有的高度。成年人缺乏钙可能会患上骨质疏松症，患者容易骨折。

罐头沙丁鱼，奶和其他乳制品都含丰富钙。某些绿色蔬菜（例如芥兰，西兰花，菠菜等）和豆腐都含丰富钙。成人奶粉通常也添加钙。

ii) 铁

铁是血红蛋白的其中一种成分。血红蛋白是红血细胞里的色素，负责把氧运送到身体各部分。缺乏铁会引致贫血，贫血患者没有足够血红蛋白运送氧到脑，因此会较易昏眩。牛肉，肝，豆类和菠菜都含有丰富铁。缺氧血会呈现暗红色，有氧血会呈现鲜红色。

iii) 碘

碘用来合成甲状腺素（激素），促进骨骼，肌肉，性器官的生长和发育。儿童缺少碘可能造成呆小症，使患者神经受损或认知障碍。紫菜，海带等含有较多的碘。

iv) 钠

钠对于维持细胞内的水分平衡和神经系统的正常运作十分重要。食盐（氯化钠）是膳食中钠的主要来源。摄取太多钠可能会引致高血压，需要小心控制钠的摄取量。

v) 钾

钾可以维护细胞正常的含水量，降低血压等。牛奶，香蕉等含有较多的钾。

5 维生素

维生素是有机食物物质。身体只需少量的维生素。维生素不能为身体提供能量，维生素有助调节各种代谢反应。维生素的种类超过 10 种，有些维生素可由身体制造，有些必须从膳食中摄取。

i) 维生素 A

维生素 A 是脂溶性的，是眼睛视网膜内的视紫红质（色素）的组成部分，这种色素对昏暗环境下的视力十分重要。此外，维生素 A 也帮助维持眼睛角膜，皮肤，消化道内壁，呼吸道内膜的健康。

缺乏维生素 A 可能会引致以下问题：

1. 昏暗环境下的视力减弱，甚至引致夜盲症。
2. 角膜和皮肤变干。
3. 肺和气管的内膜易受感染。

鱼肝油，肝，蛋，奶和其他乳制品都含丰富维生素 A。某些蔬菜和水果含有胡萝卜素（橙色色素），肝可以把胡萝卜素转化为维生素 A

ii) 维生素 B

维生素 B 是水溶性的，泛指一类水溶性的有机分子，包括 B1，B2，B 和 B12。维生素 B 的功能包括在呼吸作用中帮助从食物释出能量，维持皮肤和头发的健康，维持肌肉收缩和促进神经系统的运作。肉类，鱼，蛋，奶，其他乳制品，谷类，绿叶蔬菜和豆类都含丰富的维生素 B。

缺乏维生素 B1 会导致脚气病，这是一种神经系统的疾病，症状包括感觉迟缓和四肢软弱，不会传染或散发臭味。

缺乏维生素 B2 会导致口腔溃疡。

缺乏维生素 B6 会导致贫血（红细胞数低）和生长迟缓。

缺乏维生素 B12 会导致贫血（红细胞数低）。

iii) 维生素 C

维生素 C 是水溶性的，容易受空气中的氧和高温破坏。它有助生长和修补结缔组织。此外，维生素 C 也帮助人体吸收蔬果中的铁，并保持免疫系统运作正常，从而保护身体免受感染。新鲜蔬果（灯笼椒，西兰花，番石榴，奇异果）含有丰富的维生素 C。

缺乏维生素 C 会引致坏血病，有以下症状：

1. 牙肉薄弱，容易红肿出血。
2. 伤口难以愈合。
3. 皮肤出现细小的红点。
4. 关节疼痛。

iv) 维生素 D

维生素 D 是脂溶性的，能促进小肠对钙和磷的吸收。由于钙和磷能帮助骨骼和牙齿保持强壮，因此维生素 D 对处于发育期的儿童尤其重要。儿童缺乏维生素 D 可能会患上软骨病。

紫外线可以将皮肤下的胆固醇转化为维生素 D 在脂肪和肝脏中储存。人体也可以从食物中摄取维生素 D，脂肪含量高的鱼（例如三文鱼和吞拿鱼），鱼肝油，肝，蛋黄都含丰富维生素 D。

v) 维生素 E

维生素 E 具有抗氧化功能。

vi) 维生素 K

维生素 K 有助于凝血。

6 食用纤维

食用纤维是有机食物物质，主要来自植物细胞的纤维素。只有植物性食物（例如蔬果和全麦产品）才含有食用纤维。

由于人体缺乏消化纤维素的酶，因此食用纤维不能为身体提供能量，所以食用纤维会不经过消化直接穿过消化道。尽管如此，人体仍需要足够的食用纤维保持健康，因为食用纤维能增加食物的体积，刺激消化道肌肉有节奏地蠕动。

食用纤维能保存大量水分，保持粪便质地松软。摄取足够的食用纤维可使粪便更容易排出体外。缺乏食用纤维会引致便秘，甚至是结肠直肠癌。

食草动物的肠中有帮助消化纤维素的细菌，用来消化纤维素，两者为共生状态。白蚁的肠中有鞭毛虫（单细胞生物），用来消化纤维素，两者为共生状态。

7 水

水没有能量值，但对人体很重要。日常主要从食物和饮品中摄取水分。细胞进行呼吸作用时也会制造少量水。

1. 水可以作为溶剂，溶解体内的化学物质。
2. 水可以作为化学反应，转运的介质。
3. 水可以作为冷冻剂，帮助调节体温。
4. 水可以作为某些代谢反应的反应物。

第 6 章 人的营养

6.1 人的消化系统

我们需要进食，从而摄取营养素。食物进入人体后会经过一连串过程处理，营养素才能让体细胞吸收，供细胞使用。

人的营养包括 5 个主要过程：

- 1.摄食：食物从口进入消化道。
- 2.消化：将食物分解为简单并可溶的分子。
- 3.吸收：可溶的简单食物分子进入血液或淋巴循环系统。
- 4.同化异化：同化作用是指将小分子合成为大分子的过程。异化作用是指将大分子分解为小分子的并释放能量过程。正常情况下，同化作用是要大于异化作用，青年的同化作用较正常情况下更大，生病时短时间内异化作用会大于同化作用。例如线粒体使用葡萄糖进行呼吸作用就是异化作用。
- 5.排遗：不能消化和不能吸收的物质形成粪便，排出体外。

人的营养过程在消化系统进行。消化系统由消化道和附属的消化腺组成，消化腺分泌的消化液会流进消化道。

消化道：

- 1.口腔：有牙齿以及舌头，负责摄食和消化。
- 2.咽：气管和食道的交汇点，作为食物的通道。
- 3.食道：作为食物的通道。
- 4.胃：负责初步消化，吸收水，药物，酒精。
- 5.小肠：小肠分为十二指肠（大概 12 个手指头长，主要负责消化），空肠（约为小肠的 2/5，负责消化和吸收）和回肠（约为小肠的 3/5，主要负责吸收）。
- 6.大肠：大肠分为盲肠，阑尾，结肠（升结肠，横结肠，降结肠，乙状结肠）和直肠。
- 7.肛门

消化腺：

- 1.唾腺：分泌唾液，可以稀释食物（物理变化）。唾液里含有淀粉酶，可以进行消化作用，将淀粉分解为麦芽糖（化学变化）
- 2.肝脏：分泌胆汁，并排入胆囊存放。
- 3.胃腺：隐藏在消化道，属于上皮组织
- 4.胰腺
- 5.肠腺：隐藏在消化道，属于上皮组织

6.2 摄食

人的营养过程由食物进入口腔开始。在口腔，牙齿把食物嚼成小块，这个过程称为咀嚼。

A 牙齿有哪些种类？

人的牙齿分为 4 大类，包括门齿，犬齿，前臼齿和臼齿。它们的形状，数目和功能并不相同。但是上下颌的牙齿数目和种类都是相同，左右颌的牙齿排列都是对称的。

哺乳动物上下颌的牙齿不一定相同

| 牙齿的种类 | 门齿 | 犬齿 | 前臼齿 | 臼齿 |
|-------|-----------|------|-----------|--------------|
| 形状 | 像凿子般，边缘尖削 | 尖和弯曲 | 齿面较阔，并有尖突 | 与前臼齿相似，但体积较大 |
| 齿根数量 | 1 个 | 1 个 | 1 或 2 个 | 2 或 3 个 |
| 功能 | 切断食物 | 撕碎肉块 | 磨碎和压碎食物 | 磨碎和压碎食物 |

B 人的齿系是怎样的？

齿系是指哺乳动物各种牙齿的数目和排列方式，通常以齿式表示。齿式显示上下颚一侧的牙齿数目和种类。以成人的上下颚一侧的牙齿数目和种类为例

| | 门齿 (i) | 犬齿 (c) | 前臼齿 (pm) | 臼齿 (m) |
|----|--------|--------|----------|--------|
| 上颚 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 下颚 | 2 | 1 | 2 | 3 |

成人的齿式是 $i_2^2, c_1^1, pm_2^2, p_3^3$ 或简化为 $\frac{2123}{2123}$ 。每侧的牙齿总数为 16 颗，牙齿的总数为 32 颗。

恒齿和乳齿

人的一生有两套牙齿，第一套由出生后至两岁期间长出，称为乳齿。到了 6 至 12 岁期间，乳齿会逐渐脱落，由恒齿取代。恒齿一旦损毁或脱落，就不会再长出新牙齿补替。

乳齿系共有 20 颗牙齿，跟恒齿系不同，乳齿系没有前臼齿，颚的每侧只有两颗臼齿。乳齿系的齿式是 $\frac{2102}{2102}$ 。

智齿

恒齿系的第 3 颗臼齿称为智齿，通常在 16 至 24 岁期间长出。智齿的数目因人而异，大多数人拥有 4 颗智齿，有些人会更少，甚至没有。

其他哺乳动物的齿式

哺乳动物的齿式跟它们的膳食有关，某些草食性动物（例如马）没有犬齿，门齿后方有一个称为齿隙的空位，用来储存植物物质，留待臼齿稍后咀嚼。某些肉食性动物（例如狗）的两颗臼齿特别大而尖削，这种牙齿称为裂齿，它们的作用像剪刀，可有效地把肉和骨头切碎。肉食性动物的犬齿也特别尖长，用来把猎物杀死。

牛（食草）的齿式： $\frac{0033}{3133}$

狗（食肉）的齿式： $\frac{3142}{3143}$

C 牙齿的结构是怎样的？

人类四种牙齿由相同的构造组成，每颗牙齿可分为 3 部分：位于牙龈以上可见的部分，称为齿冠。由牙肉包围的部分，称为齿颈，嵌在颞骨内的部分，称为齿根。

每颗牙齿由三层组织组成：

1. 珐琅质

珐琅质是齿冠的最外部，是全身/牙齿最坚硬的部位，没有生命，主要成分是钙盐（磷酸钙）。咀嚼时，珐琅质可以保护牙齿免受磨损。在齿根的部位，珐琅质由牙骨质取代。牙骨质的纤维伸入颞骨，形成牙周膜。牙骨质和牙周膜把牙齿的齿根固定在颞骨内。

2 牙本质

牙本质位于牙齿的中部，成分与骨相似，但硬度不及珐琅质，夹杂着一束束活细胞质。

3 髓腔

髓腔含有活细胞，血管和神经纤维。血管为牙齿供应氧和营养素，并把代谢废物带走，神经纤维则能探测温度和压力。

牙科疾病

蛀牙和牙周病都是常见的牙科疾病，两者都是由牙菌膜引起。牙菌膜由食物残渣和细菌积聚形成，会附在牙齿表面。

牙菌膜内的细菌会把食物残渣分解，产生酸。酸会把珐琅质溶解，使牙齿出现蛀洞，形成蛀牙。

要是牙菌膜在牙齿和牙龈之间积聚，牙菌膜里的细菌便可能产生毒素，导致牙龈发炎，牙龈变得红肿，容易出血。如果没有接受适当治疗，毒素会破坏牙骨质，牙周膜以至牙龈，使牙齿缺乏支撑而变松，最终脱落。

6.3 食物的消化

A 为什么食物要经过消化？

我们进食的七种食物物质中，淀粉，大多数蛋白质和大多数脂质的分子较大和复杂。这些食物分子必须先分解成细小并可溶的分子，才能穿过具差异透性的消化道壁，进入血液。把食物分解成细小分子的过程称为消化。

水，维生素和矿物质是细小的分子，不经消化就可直接吸收进入血液。

B 机械消化和化学消化

1 机械消化

机械消化是指利用机械动作把食物变为碎块的过程，它可以增加食物与消化液接触的表面积，但不会改变食物的化学成分，有助于化学消化。机械消化包括消化道的机械动作（口腔内的咀嚼，胃的剧烈搅动，消化道的蠕动）和小肠内胆盐把脂质乳化成微小的液滴。

食物经机械消化后，食物碎块的体积仍然太大，不能被身体吸收。它们需经化学消化，进一步分解成更细小的分子。

2 化学消化

化学消化是指把大块和复杂的食物，分解成细小和简单的分子的化学反应。这些化学反应需要消化酶来催化。

人的消化系统主要有 3 类消化酶。

1.碳水化合物酶：把碳水化合物分解成双糖或单糖。

2.蛋白酶：把蛋白质分解成多肽，肽和氨基酸。

3.脂肪酶：把脂质分解成脂肪酸和甘油。

C 口腔内的消化

在口腔，食物被牙齿咀嚼成小块，并与唾液混合。唾液是由唾液腺分泌的消化液，当中含有：

- 1.唾液淀粉酶：一种碳水化合物酶，能催化淀粉分解成麦芽糖，这过程需在微碱的环境中进行。
- 2.粘液：把食物湿润和润滑，也把食物碎块黏在一起，以帮助咀嚼和吞咽。
- 3.水：把食物中的可溶物质溶解（不是化学变化）。
- 4.溶菌酶：负责杀菌

食物经咀嚼后，舌头把食物卷成柔软的食物团。接着，舌头把食物团推到口腔后方，食物团经咽吞咽至食道。

食物团怎样由食道进入胃？

由于咽是食道和气管的交汇处，吞咽的过程涉及一连串动作，以确保食物进入食道，而非气管或鼻腔。

吞咽的过程：

a)吞咽前

- 1.牙齿把食物咀嚼成小块。
- 2.舌头把食物搓成食物团。

b)正在吞咽

- 3.舌头提高，把食物团推向咽。
- 4.软腭提升，防止食物团进入鼻腔。
- 5.喉部上升，会厌同时覆盖气管的入口，防止食物团进入气管。
- 6.食物团进入食道。

食物团进入食道后，食道的蠕动会把食物团推入胃。蠕动是消化道壁呈波浪式的动作，由消化道壁的纵肌和环肌交替收缩和放松而产生。蠕动可以把食物沿着食道和消化道其他部位推向前，让食物与消化液混合，增加消化道壁与已消化食物的接触，促进食物的吸收。

食物团沿着食道前进的过程：

a)在食物团的后方：

- 1.环肌收缩。
- 2.纵肌放松。
- 3.管腔收窄。
- 4.把食物推向前。

b)在食物团的前方：

- 1.环肌放松。
- 2.纵肌收缩。
- 3.让食物通过

D 胃内的消化

胃是个囊状器官，主要由肌肉组成。它的入口和出口都有一组环肌，分别为贲门括约肌和幽门括约肌。贲门括约肌收缩可阻止食物倒流至食道，幽门括约肌则负责调节食物离开胃进入十二指肠的时间，让食物有足够时间留在胃内进行消化。胃壁的肌肉收缩，把食物搅动成奶油状的液体，称为食糜，食糜随后流入十二指肠。

胃壁上的胃腺（多种细胞）会分泌胃液。胃液含有：

- 1.胃蛋白酶：一种蛋白酶，负责催化蛋白质分解成肽，在酸性环境发挥最佳作用。
- 2.氢氯酸：提供酸性环境，让胃蛋白酶发挥作用，也能杀死食物中大部分细菌。
- 3.粘液：保护胃壁，免受胃蛋白酶和氢氯酸损害。

胃壁分为 4 层：

- 1.黏膜层：含有胃腺
- 2.黏膜下层：含有淋巴管，血管和神经
- 3.肌肉层：分为斜肌，环肌和纵肌。
- 4.浆膜层

胃溃疡的成因

胃溃疡是指胃壁受损出血的疾病。多年来，医学界一直认为胃溃疡是由于胃分泌过量胃酸引致的，所以医生会为患者处方药物，来降低胃酸的酸度或减少胃酸的分泌。

1980 年代，巴里·马歇尔医生观察到胃溃疡患者的胃里都有一种称为幽门螺旋菌的细菌。他推论幽门螺旋菌才是胃溃疡的主要成因，并为患者处方抗生素来杀灭该细菌，很多胃溃疡患者因而迅速痊愈。

可是马歇尔医生的发现在大约 20 年后才被广为接纳，原因是医学界一直主观地认为细菌无法在胃的强酸环境下生存。

马歇尔医生因为发现幽门螺旋菌而于 2005 年获得诺贝尔奖。

E 小肠内的消化

食糜经过胃后，当中的食物已经局部消化，余下食物物质的消化会在小肠进行。小肠由十二指肠，空肠和回肠组成，消化食物所需要的分泌物会流进十二指肠。

制造消化食物所需要的消化液的消化腺：

肝脏：分泌胆汁的消化腺

胰脏：分泌胰液的消化腺

十二指肠肠壁上的腺：分泌肠液的消化腺

1 胆汁

胆汁是一种黄绿色的碱性液体。它由肝分泌，并暂时储存在胆囊中，直至食糜进入十二指肠时，才经胆管流入十二指肠内。胆汁不含酶，含有：

- 1.胆盐：负责把脂质乳化成微滴，以增加脂质与脂肪酶接触的表面积，加速化学消化。
- 2.胆色素：红血细胞内的血红蛋白分解时产生的废物，并不参与消化
- 3.碳酸氢钠：呈碱性，能中和酸性的食糜，及提供碱性环境，让酶在小肠中发挥作用。

2 胰液

胰液由胰脏分泌，经胰管进入十二指肠。胰液含有：

胰淀粉酶：负责催化余下的淀粉（口腔中未被消化的淀粉）分解成麦芽糖。

蛋白酶：负责催化蛋白质分解成肽，并催化肽分解成氨基酸。

胰脂肪酶：负责催化已乳化的脂质分解成脂肪酸和甘油。

碳酸氢钠：呈碱性，能中和酸性的食糜，及提供碱性环境，让酶在小肠中发挥作用。

3 肠液

肠液由小肠壁上的腺分泌，主要成分是水，粘液和碳酸氢钠，并呈弱碱性，提供碱性环境让酶发挥作用。

小肠壁的上皮有特化细胞，这些特化细胞的细胞膜上有以下的酶，帮助消化各种食物物质。

1. 双糖酶：负责催化双糖分解成单糖。例如肠麦芽糖酶催化麦芽糖分解成葡萄糖，肠蔗糖酶催化蔗糖分解成葡萄糖和果糖，肠乳糖酶催化乳糖分解成半乳糖和果糖。
2. 蛋白酶：负责催化肽分解成氨基酸。

在回肠，碳水化合物，脂质和蛋白质的消化已完成，消化的生成物，例如单糖，氨基酸，脂肪酸和甘油可被吸收进血液。

6.4 已消化食物的吸收

食物被完全消化呈细小并可溶的分子后，便可经消化道壁吸收进入循环系统。食物分子的吸收主要在回肠中进行。

A 小肠有哪些适应吸收的特征？

- 1 成人的小肠长达 7 米，让人体有足够的时间把食物分子消化和吸收。
- 2 小肠内壁高度折叠，壁上还有很多手指状的凸出物，称为绒毛。
绒毛有以下适应吸收的构造特征：
 - a 绒毛是呈手指状的凸出物，能增加吸收食物分子的表面积。
 - b 绒毛的上皮很薄，只有单层细胞厚，可缩短食物分子扩散到血管的距离，加快吸收。
 - c 绒毛上皮细胞上有大量微绒毛（也称为刷状缘），能进一步增加吸收食物分子的表面积。
 - d 每条绒毛的中央有一条乳糜管。乳糜管的四周由微血管网包围，能迅速把已吸收的食物分子运走，使已消化的食物和小肠之间保持陡峭的食物分子浓度梯度，加快食物分子的扩散。
- 3 小肠的蠕动让已消化的食物分子与绒毛紧密地接触，能促进食物的吸收，同时也使已消化的食物和小肠之间保持陡峭的食物分子浓度梯度，加快食物分子的扩散。

B 身体怎样吸收已消化的食物？

食物分子的吸收包括被动和主动的过程。

1 经血液吸收

水溶性的食物分子，例如单糖，氨基酸，矿物质和水溶性维生素（例如维生素 C）能藉扩散和主动转运吸收进入微血管。

已消化的食物吸收进入血液后，小肠内含物的水势上升，于是水会藉渗透进入血液。小肠吸收已消化的食物时，会同时吸收水分。食物中超过 99% 的水份是在小肠内吸收的。

2 经淋巴吸收

脂肪酸和甘油藉扩散吸收进入绒毛的上皮细胞。在上皮细胞内，它们重新合成为脂质微滴，然后才被吸收入乳糜管中的淋巴，进入淋巴系统。脂溶性维生素（例如维生素 A 和 D）也被吸收进入乳糜管。

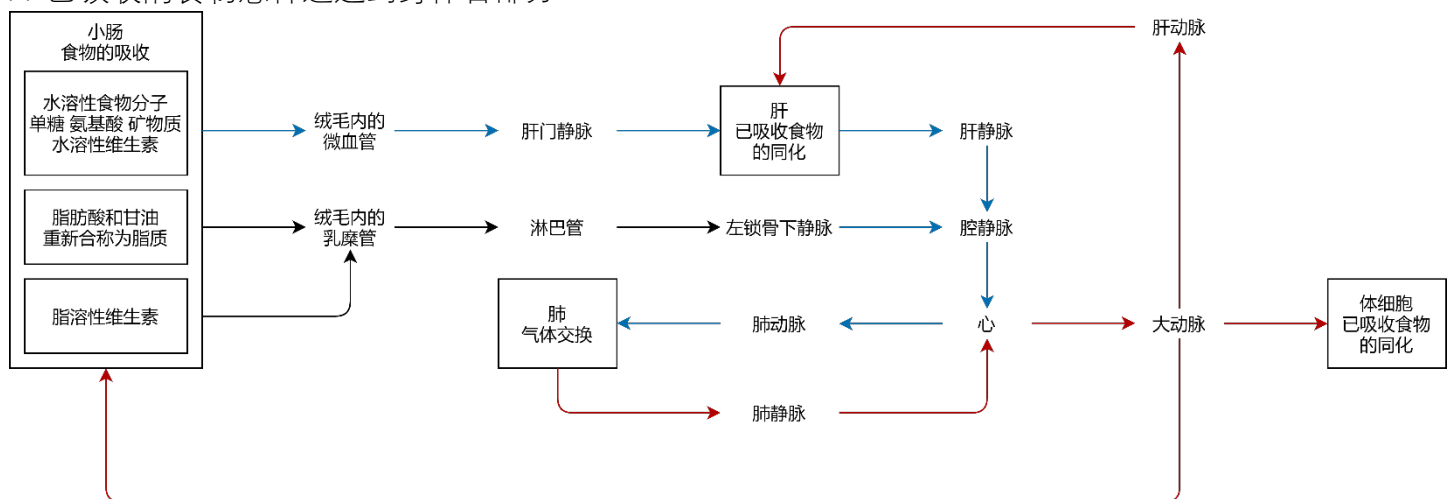
接着，乳糜管内的脂质和脂溶性维生素会运送到主淋巴管，主淋巴管最终在左锁骨下静脉（近颈的位置）与血管连接，脂质和脂溶性维生素便进入血液循环，随血液运送到身体各部分。

未经消化和未经吸收的物质接着会进入大肠，在大肠中，食物里大部分剩余的水份会经结肠壁吸收进入血液。结肠也会吸收部分矿物质和维生素，但速度很慢。少量水也会被胃吸收。

6.5 已吸收食物的同化

食物分子被吸收进入循环系统后，会由血液运送到身体各部分，供不同细胞使用。细胞摄取并运用已吸收的食物分子，进行新陈代谢的过程称为同化。

A 已吸收的食物怎样运送到身体各部分？



B 已吸收的食物在细胞内有什么去向？

1 葡萄糖

细胞使用葡萄糖进行呼吸作用，释出能量。

过剩的葡萄糖会在肝脏转化为糖原或脂质。糖原储存在肝脏或肌肉中，脂质则储存在皮肤下或内脏周围。

2 氨基酸

细胞用氨基酸制造各类蛋白质，用作生长和修补破损阻止。氨基酸也用来制造酶，抗体和某些激素。过剩的氨基酸不会储存在体内，而会在肝脏内经脱氨作用分解。

3 脂质

细胞用脂质来制造细胞膜和某些激素。

脂质可作为身体的能量储备。如果身体缺乏糖原，脂质可作为细胞代谢活动的能量来源。

过剩的脂质会储存在内脏周围，以保护内脏；或储存在皮肤的脂肪组织中，以减少热从身体散失。

C 肝脏在同化中担当什么角色？

1 调节血糖水平

肝脏是维持血糖水平恒定的主要器官

我们进食后，血糖水平会上升。这是，肝会把血液中过剩的葡萄糖转化为糖原，储存在肝脏里。在两餐之间，血糖水平下降时，肝会把糖原转化为葡萄糖，释放到血液中。

2 储存糖原，铁和脂溶性维生素

肝脏是储存糖原的主要器官。

肝脏能分解老化的红血细胞，并储存在分解过程中释出的铁。这些铁可用来制造新的红血细胞。肝脏能储存脂溶性维生素（例如维生素 A 和 D）。

3 制造胆汁和维生素 A

肝脏能分泌胆汁。

肝脏能把胡萝卜素转化为维生素 A。

4 脱氨作用

过剩的氨基酸会在肝脏内经脱氨作用分解，过程中氨基酸的氨基会转化为尿素，其余部分则转化为碳水化合物或脂质。

5 解毒

肝脏细胞含有特别的酶，可帮助把血液中某些有毒物质（例如酒精和药物）分解为无害物质，然后排出体外，这个过程称为解毒。

储存在肌肉中的糖原

除了肝脏，糖原也会储存在肌肉内。储存在肌肉内的糖原是肌肉活动的能量储备。这些糖原不会释放进血液中，所以不会参与维持血糖水平恒定。

6.6 排遗

不能消化和不能吸收的物质会在大肠内形成粪便，粪便呈半固体状，含有食用纤维，细菌，消化道的分泌物，脱落的肠壁细胞和少量水份。由于粪便含有胆色素，因此呈棕色。粪便会暂时存储在直肠内。

肛门由一组称为肛门括约肌的环肌组成。肛门括约肌在适当的时候放松，直肠的肌肉同时收缩，把粪便排出体外，这个过程称为排遗。

肠道内的细菌

人类的粪便含有生活在肠道中的细菌，这些细菌大部分都是对人体有益的。

某些细菌能制造维生素 B 和 K，经结肠壁吸收进血液。

某些细菌能保护肠道免受致病微生物感染。

某些细菌能刺激免疫系统组织的发育和活动。