

生命科学导论

——健康与疾病

第二章 生命的基本单位——细胞



Associate Prof. Chen Yongyan

Contact E mail: yychen08@ustc.edu.cn

***Institute of Immunology,
School of Life Sciences, USTC***

02 细胞的结构与功能

1. 细胞的基本概念
2. 细胞的形态
3. 细胞的类型
4. 细胞的结构体系

1. 细胞的基本概念

➤ 1665年 英国学者 胡克
软木 蜂窝状的小格子“细胞”——纤维质的细胞壁

1674年 荷兰学者 列文虎克
描述了细胞核的结构

➤ 1838年德国植物学家 施莱登： 细胞是构成植物的基本单位
1839年德国动物学家 施旺： 动植物都是细胞的集合物

现代生物学的三大基石之一

细胞学说 (cell theory)

- ▶ 所有生物都是由细胞和细胞的产物组成 (结构)
- ▶ 新的细胞必须经过已存在细胞的分裂而产生 (生长发育、繁殖遗传)
- ▶ 每一个细胞可以是独立的生命单位，许多细胞又可以共同形成生物体或组织 (生命活动)

细胞——生命的基本单位。

除病毒外，所有的生物体都是由一个或多个细胞组成的。细胞是生物结构与功能的基本单位，其生命活动的结构基础是细胞内高度有序且为动态的结构体系。

- 所有生物都是由细胞组成的，细胞是构成生物的基本单位
- 细胞是独立有序的、能够进行自我调控的结构和功能体系，细胞是代谢与功能的基本单位
- 细胞是生物体生长与发育的基础
- 细胞是繁殖和遗传的基础，细胞是遗传的基本单位，细胞具有遗传全能性
- 生物体的每一种运动基本上都可以在细胞水平上发生或最终体现出来

细胞是生长、发育、繁殖与遗传的基础

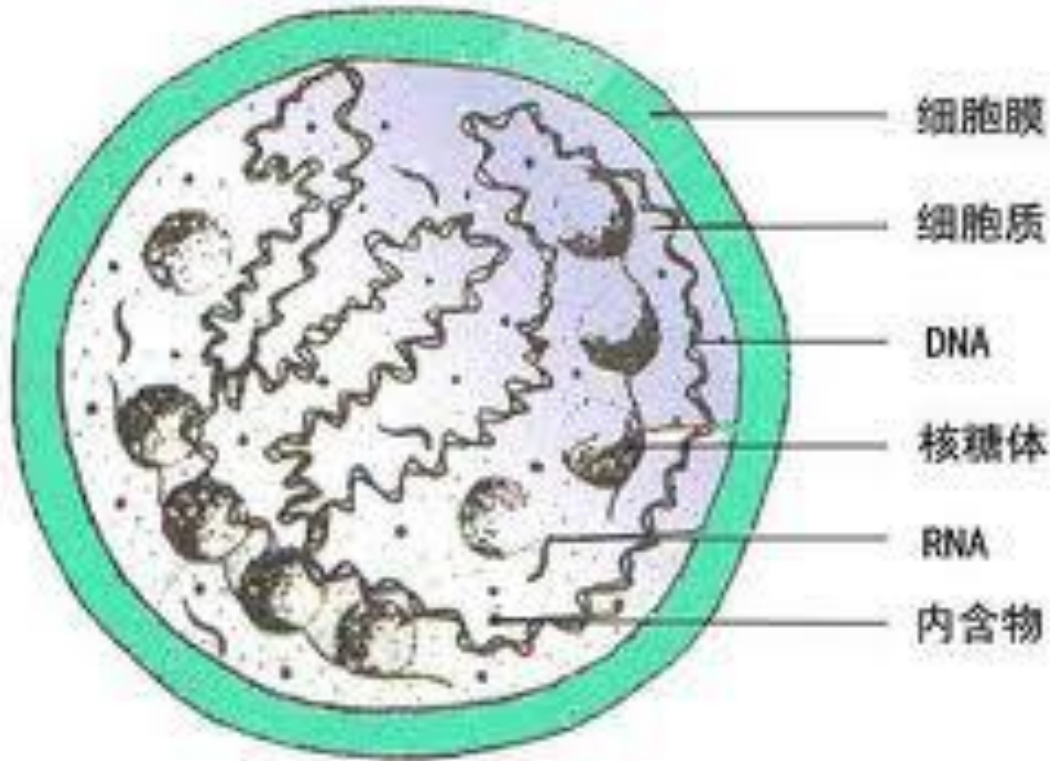
细胞形成是完整生命起源的标志和生物进化的起点

2. 细胞的形态---与功能密切相关

细胞类型	直径/微米
支原体细胞	0.1~0.3
细菌细胞	1~2
高等动植物细胞	20~30
原生动物细胞	数百至数千

一般来说，生物体积的大小不是由细胞的体积大小决定的，而是由于细胞数目的增多。

最小最简单的细胞——支原体



支原体模式图

具备细胞的基本形态结构
具有作为生命活动基本单
位存在的主要特征

依赖生长培养基中提供外
源脂肪酸来合成膜的脂质
DNA较均匀地散在细胞内，
无核区

基因组由482个基因组成，
能独立生活的生物中最小
核糖体是电镜下唯一可见
的细胞器

为什么大多数细胞都非常小呢？

1、适当的表面积与体积比

细胞要有足够的表面积与外界进行物质交换；

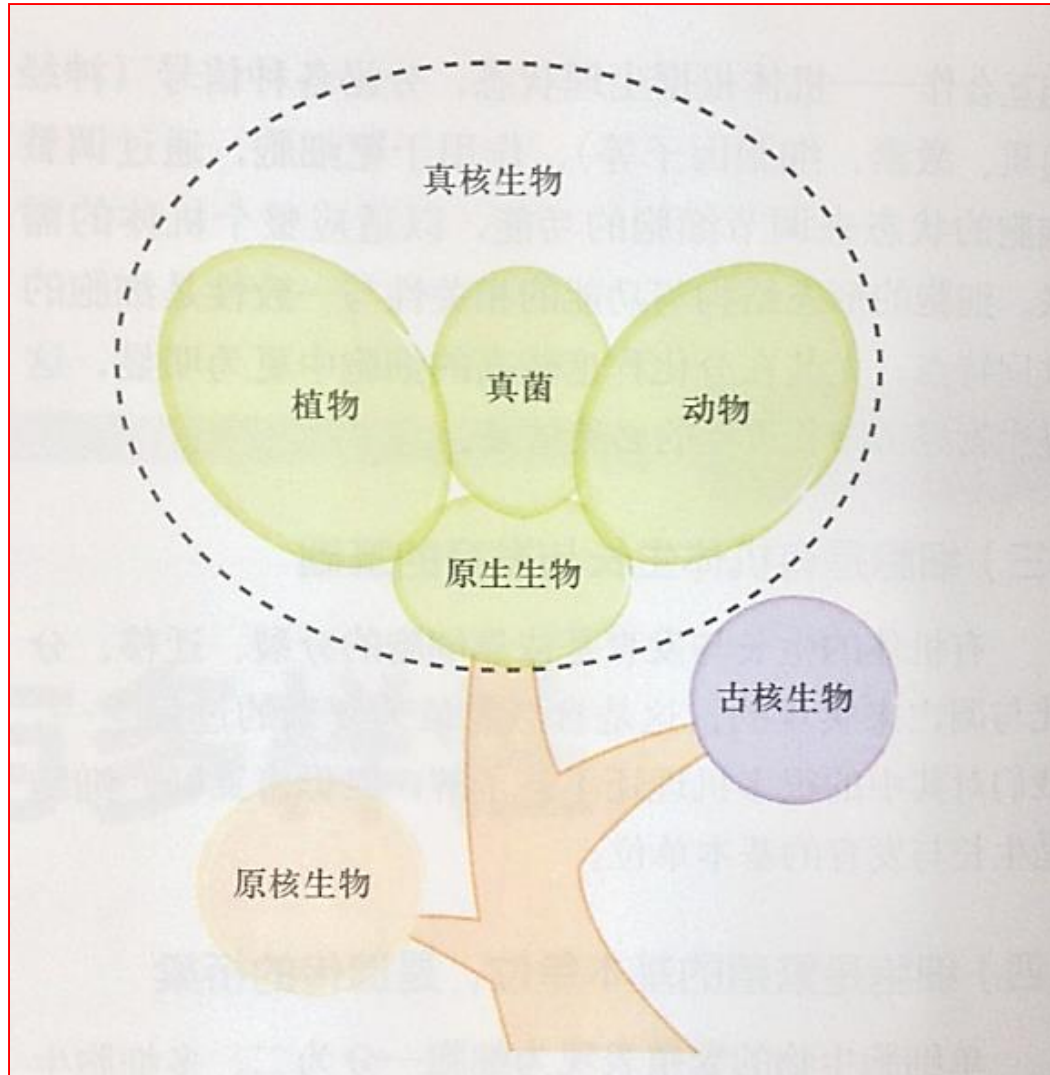
2、合适的核质比

细胞核对细胞质中的生命活动起重要调控作用

细胞体积的增加与功能的矛盾：

- 1 体积与表面积的增加不成比例，外部物质的输送满足不了细胞内部的要求；
- 2 体积的增加使内部物质的快速和均一分配更加困难；
- 3 细胞核对细胞质成分的调控能力受到体积的限制。

3. 细胞的类型



3种主要细胞类型

原核细胞

古核细胞

真核细胞

生物界的基本类群

原核细胞与真核细胞的比较

► 细胞膜系统的分化与演变

内膜系统的特化：细胞核和细胞质

细胞质内又以膜系统为基础分为：各种细胞器

► 遗传信息量与遗传装置的扩增与复杂化

编码结构蛋白与功能蛋白的基因数目大大增加

遗传信息重复序列与染色体多倍性的出现

复制、转录与翻译复杂化，严格的阶段性与区域性

	原核生物	真核生物
代表生物	细菌, 蓝细菌, 支原体, 衣原体, 立克次体	原生生物, 植物, 动物, 真菌
细胞大小	1~10 μm	3~100 μm
细胞核	没有真正的细胞核, 拟核区	由核膜, 核仁, 核质组成
细胞膜	有 (质膜)	有
细胞器	核糖体 (70S, 由50S, 30S两亚基组成), 5000~50000个	线粒体, 内质网, 高尔基体, 溶酶体, 核糖体等 (80S, 由60S, 40S两亚基组成, 100万个)
细胞壁	多数有肽聚糖构成的细胞壁	植物和真菌细胞有, 动物细胞无

	原核生物	真核生物
染色体	一条裸露双链环状DNA	两条以上染色体, 线状DNA和蛋白质结合
核外DNA	有的细胞有, 如质粒	线粒体DNA, 叶绿体DNA
细胞骨架	无	有
细胞分裂	无丝分裂 (直接分裂)	有丝分裂为主, 减数分裂
RNA 与 蛋白质合成	转录, 翻译都在细胞质中	RNA有内含子和外显子, 转录在细胞核, 翻译在细胞质中
细胞组织	主要是单细胞生物体, 不形成细胞组织	大多数是多细胞生物体, 形成细胞组织

古核细胞（古细菌）

▶ **形态结构和遗传结构装置与原核生物相似，但有些分子进化特征更接近真核细胞。**

- ✓ **极端嗜热菌**：能生长在**90°C**以上的高温环境
- ✓ **极端嗜盐菌**：生活在高盐度环境中，盐度可达**25%**
- ✓ **极端嗜酸菌**：能生活在**pH值1**以下的环境中
- ✓ **极端嗜碱菌**：生活环境**pH值**可达**11.5**以上，最适**pH值8~10**
- ✓ **产甲烷菌**：严格厌氧的生物，能利用**CO₂**使**H₂**氧化，生成甲烷

古核细胞

- ▶ **细胞壁的成分：无肽聚糖、无壁酸**
- ▶ **DNA与基因结构：重复序列存在，有内含子**
- ▶ **核小体结构：类似核小体结构**
- ▶ **核糖体：介于真核细胞与真细菌之间**
- ▶ **5SRNA：二级结构与真核生物相似**

古核细胞与真核细胞在进化上的关系较真细菌类更为密切

4. 真核细胞的结构体系

- ▶ 膜结构体系
- ▶ 遗传信息结构体系
- ▶ 细胞骨架结构体系

4.1 膜结构体系

细胞内具有膜包被结构的总称。

包括细胞质膜、核膜、内质网、高尔基体、溶酶体、线粒体等。

4.1 膜结构体系

► 细胞质膜： 7~8nm

围绕在细胞最外层，由脂质和蛋白质组成的生物膜

膜脂：

磷脂：>50%

糖脂：<5%；神经元5~10%

胆固醇：一般不超过1/3

膜蛋白：

外在膜蛋白：外周膜蛋白

内在膜蛋白：整合膜蛋白

锚定膜蛋白：共价结合脂分子

生物膜的“流动镶嵌模型”

- 1、有序性—脂质双分子层构成基本骨架，蛋白质镶嵌在脂双层上
- 2、流动性—膜蛋白和膜脂的侧向运动，包括流动、翻转和变化
- 3、不对称性—脂质双层的组成成分呈不对称分布；
膜蛋白分布的不对称性

生物膜的“脂筏模型”

- ★许多蛋白聚集在脂筏内，便于相互作用；
- ★提供了一个有利于蛋白质变构的微环境。

脂筏：膜中富含胆固醇和鞘磷脂的微区，其中聚集一些特定的蛋白质。这些区域比膜的其他部分厚，更有秩序且较少流动性。

细胞质膜的基本功能

- ▶ 选择性的物质运输。
- ▶ 提供细胞识别结合位点。
- ▶ 完成细胞内外信号跨膜转导。
- ▶ 介导细胞连接。
- ▶ 作为疾病治疗的药物靶标。

4.1 膜结构体系

细胞内具有膜包被结构的总称。

包括：细胞质膜、核膜、内质网、高尔基体、溶酶体、线粒体等。

▶ 细胞内膜系统

是指在结构、功能乃至发生上相互关联，由膜包被的细胞器或细胞结构。

内质网：由封闭的管状或扁平囊状膜系统及其包被的腔形成互相沟通的三维网络结构。

糙面内质网膜上附有颗粒状的核糖体。核糖体是细胞合成蛋白质的场所，糙面内质网合成并运输蛋白质（蛋白质合成、蛋白质的修饰与加工、新生肽链的折叠、组装和运输）。

光面内质网主要功能是合成和代谢脂类（合成种类与细胞类型相关）。膜磷脂转移的两种方式：

- a.通过**小泡运输**将内质网上合成的脂转运到其他内膜系统的膜上，包括细胞核膜
- b.通过**磷脂转换蛋白**将内质网上合成的脂转运到线粒体、叶绿体和过氧化物酶体的膜中。

其它功能：
●支撑作用 ●调节血糖浓度(肝细胞) ●解毒作用(肝细胞)
●**Ca²⁺**调节作用(肌细胞)

- 大大增加细胞内膜的表面积，为多种酶特别是多酶体系提供了大面积的结合位点；
- 形成的完整封闭体系，将内质网上合成的物质与细胞质基质中合成的物质分隔开来，更有利于它们的加工和运输。

高尔基体：由单层膜围成的扁平小囊和小泡。

是内质网合成产物和细胞分泌物的加工和包装场所，最后形成分泌泡将分泌物排出体外或到其他细胞器（即分选和运输）。

高尔基体是细胞内大分子运输的主要交通枢纽

- 分选信号的识别
- 蛋白质的糖基化及其修饰
- 蛋白酶的水解和其他加工过程

溶酶体，行使消化功能的一种细胞器，是单层膜小泡，由高尔基体断裂而产生，内含60多种酸性水解酶，可催化蛋白质、核酸、脂类、多糖等生物大分子降解，消化细胞碎渣和从外界吞入的颗粒。

溶酶体膜破裂，细胞发生自溶。

衰老和死亡的细胞可通过自溶被清除。

溶酶体膜的特点：

- 质子泵：形成和维持酸性内环境
- 多种载体蛋白：用于水解的产物向外转运
- 膜蛋白高度糖基化：有利于防止自身膜蛋白的降解

线粒体 由内膜和外膜包裹的囊状结构，囊内是液态的基质。外膜平整，内膜向内折入形成一些嵴，内膜面上有ATP酶复合体，膜间隙内液体含多种可溶性酶。**线粒体是细胞呼吸和能量代谢中心**

线粒体基质中还含有DNA分子和核糖体。一个细胞通常有几十、几百个线粒体。**第二遗传信息系统**

线粒体的其他功能

- 细胞中氧自由基的生成
- 调节细胞氧化还原电位和信号转导
- 调控细胞凋亡、基因表达、细胞内多种离子的跨膜转运及电解质稳态平衡

➤ 线粒体DNA的变异与100多种人类疾病的发生有关——**线粒体医学**

4.2 遗传信息结构体系

由**DNA-蛋白质**与**RNA-蛋白质**复合体形成的遗传信息载体与表达系统，一般是以颗粒状与纤维状的基础结构，构建成执行遗传信息存储与复制、核酸转录与蛋白质翻译的结构体系

- 染色质
- 核仁
- 核糖体

细胞核

含有控制细胞生命活动的最主要的**遗传物质**，是细胞中的**信息中心**，细胞生命活动的**控制中心**，也是真核细胞内最大、最重要的细胞器。

高等动物细胞核直径一般为**5 μm ~10 μm** （最大的细胞器），由核膜将其内容物与细胞质分隔开来

核被膜：3种结构组分

➤ **双层核膜：**包在核外的双层膜，是细胞核与细胞质之间的界膜。

1) 将细胞分成核与质两大结构与功能区域，DNA复制、RNA转录、蛋白质翻译；

2) 调控细胞核内外的物质交换和信息交流。

▶ **核孔复合体：**一些蛋白质和RNA分子可通过核被膜上的核孔进入或输出细胞核。

双层核膜互相平行但并不连续，内、外核膜常常在某些部位相互融合形成环状开口——核孔。

➤ **核纤层：**紧贴内层核膜下，由纤维蛋白构成的网格结构

- 染色质：间期细胞核内由DNA、组蛋白、非组蛋白和少量RNA组成的线性复合结构，是间期细胞遗传物质存在的形式
DNA复制与RNA转录都在染色质上进行
细胞在分裂的特定阶段，染色质聚缩而成棒状结构，形成染色体
- 核仁：细胞核中的纤维和颗粒状结构，主要由RNA—蛋白质与DNA—蛋白质组成，是核糖体亚单位发生的场所。
染色质和核仁都没有膜包被，被液态的核基质所包围。

核糖体：由rRNA与数十种蛋白质构成的颗粒结构，是合成蛋白质的细胞器，其功能是根据mRNA的指令将氨基酸合成肽链
分布于粗面内质网，细胞质、细胞核、线粒体和叶绿体内，与细胞骨架有关联。

细胞中最重要的3种RNA——mRNA、rRNA、tRNA通过核糖体联系在一起，共同完成遗传信息表达中的最后一步——蛋白质的翻译

染色质：细胞生命活动的基础

细胞内基因存在与发挥功能的结构基础

基本化学成分为脱氧核糖核酸核蛋白，它是由**DNA**、组蛋白、非组蛋白和少量**RNA**组成的复合物。

组蛋白：与**DNA**结合但没有序列特异性；

非组蛋白：与特定**DNA**序列或组蛋白相结合。

核小体是染色质包装的基本单位

- ◆ **146bp**的**DNA**分子超螺旋盘绕组蛋白八聚体**1.75**圈
- ◆ 组蛋白**H1**在核心颗粒外结合额外**20bpDNA**，稳定核小体
- ◆ 两个相邻核小体之间以连接**DNA**相连，**60bp**（**0~80bp**不等）

4.3 细胞骨架系统

细胞骨架是细胞内以蛋白质纤维为主要成分的立体网格结构，维持着细胞的形态结构和内部结构的有序性；同时在细胞运动、物质运输、能量转换、信息传递、细胞分化方面起一定的作用。

按纤维直径的大小主要有以下三种：

- 1) 微丝(microfilament, MF)：维持与改变细胞形状；肌肉收缩；细胞分裂（收缩环）；细胞运动；胞吞胞吐
- 2) 微管(microtubule, MT)：支架作用，可保持细胞形状；物质运输；参与细胞运动（锚定细胞器，促使细胞器移动，牵拉染色体向两极分离）
- 3) 中间纤维（中间丝）(intermediate filament, IF)：锚定细胞核，组成核纤层；为细胞提供机械强度支持，参与细胞连接

微丝是一类主要由肌动蛋白actin组成的实心纤维结构，常称为肌动蛋白丝。由两条肌动蛋白单体组装成的长链互相缠绕，呈双股螺旋状，直径约7nm，长短不一，常成群或呈束存在。微丝网格的空间结构与功能取决于所结合的微丝结合蛋白，而不是微丝本身。

微管由微管蛋白亚基组装而成。微管蛋白亚基由 α -微管蛋白和 β -微管蛋白结合形成异二聚体，是微管组装的基本结构单位。它们串连成原纤维，13条原纤维纵向平行排列围成微管。微管是细而长的中空圆柱状结构，直径约25nm。微管结合蛋白：稳定微管、调节微管网络的分布和功能。

微丝和微管分别是由在进化中高度保守的肌动蛋白和微管蛋白组成，都没有种属特异性。

中间纤维介于微管和微丝之间，直径8~10nm，是细胞骨架中最稳定的结构。中间丝具有重要的结构特征（杆状区具有一段约310个氨基酸残基组成的高度保守的 α 螺旋区）；具有组织特异性。I型角蛋白，II型角蛋白，III型波形蛋白和结蛋白，IV型神经丝蛋白，V型核纤层蛋白，VI型丝蛋白家族成员。