

第一章 绪 论

重点提示和命题趋势

本章主要介绍细胞生物学学科概况、发展简史,包括细胞生物学的概念、研究内容、热点领域,细胞最早如何被发现,细胞学说的提出,细胞研究的历史中的重要发现。细胞生物学在生命科学中的地位以及与相关学科的关系。细胞生物学研究在医学、农学及其他相关学科中的实践意义。

本章重点:当前研究的热点领域,三大疾病、五大方向,细胞学说的内容,实践意义。通常在考试中所占比例较小。

纲 要

第一节 细胞生物学的研究内容与现状

一、细胞生物学学科概况

细胞生物学是研究细胞基本生命活动规律的科学,它是在不同层次(显微、亚显微与分子水平)上研究细胞结构与功能、细胞增殖、分化、突变(尤其是癌变)、衰老与凋亡、细胞信号传递、真核细胞基因表达与调控、细胞起源与进化等,它是生命科学的基础。

生命体是多层次、非线性、多侧面的复杂结构体系,而细胞是生命体的结构与生命活动的基本单位,有细胞才有完整的生命活动。

细胞生物学应用现代物理学、化学的技术成就和分子生物学的概念与方法,将细胞作为生命活动的基本单位,探索生命活动的规律。

细胞生物学的核心问题是将遗传与发育在细胞水平上结合起来。

二、细胞生物学的主要研究内容

①生物膜的结构与功能研究;②内膜系统房室化形成各种细胞器,对其结构与功能的研究;③细胞信号传递的研究;④细胞核、染色体以及基因表达的研究;⑤细胞骨架体系研究;⑥细胞增殖及其调控;⑦细胞分化、癌变及其调控;⑧细胞的衰老与程序性死亡的研究;⑨细胞的起源与进化;⑩细胞工程技术等。

三、细胞生物学的总趋势与重点领域

提示：这些领域的知识点也是考试重点，其要点将在各章节中详细阐述，主要包括：①染色体 DNA 与蛋白质相互作用关系——主要是非组蛋白对基因组的作用；②细胞增殖、分化、癌变、凋亡的相互关系及其调控；③细胞信号转导的研究；④细胞结构体系的组装。

1997 年 SCI 收录论文的全世界自然科学研究中论文发表最集中的 3 个领域分别是：细胞信号转导 (signal transduction)；细胞凋亡 (cell apoptosis)；基因组与后基因组学研究 (genome and post-genomic analysis)。

全球研究最热门的 3 类疾病：癌症、心血管疾病、艾滋病和肝炎等病毒性传染病。

5 大研究方向：细胞周期调控 (cell cycle control)；细胞凋亡；细胞衰老 (cellular senescence)；信号转导 (signal transduction)；DNA 的损伤与修复 (DNA damage and repair)。

最近几年的发展的重要研究方向：RNA 干扰、功能基因组学等 (图 1-1)。

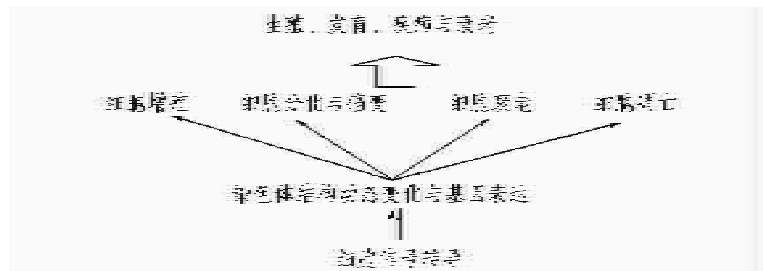


图 1-1 细胞重大生命活动 (引自翟中和、王喜中、丁明孝等)

第二节 细胞学和细胞生物学发展简史

细胞学和细胞生物学发展主要分为 5 个阶段：

(1) 细胞的发现：1665 年，胡克用自制显微镜发现并描述细胞。

(2) 细胞学说的建立：19 世纪 30 年代，施旺和施莱登共同提出了著名的“细胞学说”：一切植物、动物都是由细胞组成的，细胞是一切动植物的基本单位。基本内容有：①认为细胞是有机体，一切动植物都是由细胞发育而来，并由细胞和细胞产物所构成；②每个细胞作为一个相对独立的单位，既有它“自己的”生命，又对与其他细胞共同组成的整体的生命有所助益；③新的细胞可以通过母本细胞繁殖产生。细胞不仅是机体的结构单位，也是功能单位。

“细胞学说”对当时的生物学发展起到了巨大的推动作用，通过后来学者的不断改进和完善，于 1958 年最终得以完成。恩格斯把细胞学说，能量转化与守恒定律和达尔文的进化论列为 19 世纪自然科学的“三大发现”。

(3) 细胞学的经典时期：从原生质理论的提出，细胞分裂的研究，到重要的细胞器的发现，人们对细胞的基本认识逐渐丰富起来。

(4) 实验细胞学时期：细胞遗传学、细胞生理学以及细胞化学是细胞生物学的重要组成部分，各分支学科的发展，大大促进了细胞生物学的发展。

(5) 细胞生物学学科的形成与发展: 20 世纪 50 年代至今, 将电子显微镜技术与超薄切片技术相结合, 同时与生物化学相渗透, 使人们对细胞的结构与功能相结合的研究水平达到前所未有的高度。在分子水平上探索细胞的基本生命规律, 是细胞生物学的主要发展方向。

习 题

一、填空题

1. 细胞生物学是一门从_____、_____、_____ 3 个层次以及_____研究细胞生命活动基本规律的学科。
2. 我国生物科学的 4 大基础学科是_____、_____、_____、_____。
3. 目前全球研究最热门的 3 类疾病是_____、_____、_____。
4. 一般认为细胞的发现者是_____。
5. 2005 年 2 月 18 日, 第 59 届联合国大会法律委员会以 71 票赞成、35 票反对、43 票弃权的表决结果, 以决议的形式通过一项政治宣言, 对于克隆人技术要求各国_____, 我国政府_____ (赞成、反对) 克隆性治疗。

二、名词解释

1. 细胞学说 (cell theory)
2. 细胞工程 (cell engineering)

三、问答题

1. 细胞生物学研究的主要内容有哪些?
2. 你认为当前细胞生物学发展的总的趋势是什么, 有哪些热点领域?
3. 细胞学与细胞生物学发展的历史大致可以划分为哪几个阶段?
4. 研究细胞生物学有何重要的实践意义?

参考答案与题解

一、填空题

1. 显微 亚显微 分子水平 细胞间的相互作用关系
2. 细胞生物学 分子生物学 神经生物学 生态学
3. 癌症 心血管疾病 艾滋病和肝炎等传染病
4. 胡克
5. 禁止有违人类尊严的任何形式的克隆人 赞成

二、名词解释

1. 细胞学说 (cell theory): 1838 年, 德国植物学家施莱登 (M. J. Schleiden) 发表了《植物发生论》, 指出细胞是构成植物的基本单位。1839 年, 德国动物学家施旺 (M. J. Schwann) 发表了《关于动植物的结

构和生长的一致性的显微研究》,指出动植物都是细胞的聚合物。两人共同提出:一切植物、动物都是由细胞组成的,细胞是一切动植物的基本单位,这就是著名的“细胞学说”。

2. 细胞工程(cell engineering):是在细胞水平的生物工程,它是应用细胞培养、细胞分化的定向诱导、细胞融合和显微注射等技术,使细胞获得新的性状以及创造新的生物品种的现代生物技术。

三、问答题

1. [题解] 细胞生物学研究的主要内容包括:①生物膜的结构与功能研究;②内膜系统房室化形成各种细胞器,对其结构与功能的研究;③细胞信号传递的研究;④细胞核、染色体以及基因表达的研究;⑤细胞骨架体系研究;⑥细胞增殖及其调控;⑦细胞分化、癌变及其调控;⑧细胞的衰老与程序性死亡的研究;⑨细胞的起源与进化;⑩细胞工程技术等。

2. [题解] (1) 细胞生物学发展的总的趋势:①细胞生物学的形成和发展与物理化学相关仪器、技术的发明和改进密不可分,因此与最先进、最前沿的仪器和技术相结合进行细胞生物学研究是其发展的一个趋势;②无论是对细胞结构与功能的深入研究,还是对细胞重大生命活动规律的探索,都需要用分子生物学的新概念与新方法,在分子水平上进行研究,因此细胞生物学与分子生物学相互渗透与交融是总的发展趋势之一。

(2) 热点领域:①染色体 DNA 与蛋白质相互作用关系(主要是非组蛋白对基因组的作用);②细胞增殖、分化、癌变、凋亡的相互关系及其调控;③细胞信号转导的研究;④细胞结构体系的组装。

3. [题解] 细胞学和细胞生物学发展主要分为 5 个阶段:①细胞的发现;②细胞学说的建立;③细胞学的经典时期;④实验细胞学时期;⑤细胞生物学学科的形成与发展。

4. [题解] (1) 医药方面:①细胞生物学的基础研究对了解细胞衰老、癌变以及激素作用、免疫和病毒感染机制均有重要意义。如对溶酶体的研究,了解到细胞的变性、坏死,特别是风湿性关节炎、痛风、矽肺(硅肺)等疾病的发病原因;对癌基因、抑癌基因的发现加深了对癌症的认识。②应用细胞生物技术对疾病的诊断、治疗和医用药物的生产等也有重要的意义。如染色体技术用于遗传病及癌症的诊断;细胞培养技术对癌细胞和病毒的研究及疫苗的生产等。

(2) 农业方面:①细胞生物学技术在农作物方面有着广泛的应用,如细胞培养、选择细胞突变体、原生质体培养和细胞杂交、花粉培养、细胞转化等;基因工程技术用于作物和蔬菜等转基因抗虫、抗病、抗旱、抗盐的研究。②在畜牧业方面,转基因技术有着广泛的应用。

第二章 细胞基本知识概要

重点提示和命题趋势

掌握细胞基本知识是学好细胞生物学的重要基础,复习本章内容时,理解基本概念至关重要,本章内容是常考点。但对于部分知识点,只有在学习后面的章节之后,才能有更深刻的理解。

本章重点:细胞的基本共性,病毒基本知识(结构特点、生活周期、分类、与细胞的关系),原核细胞特点以及与两者真核细胞的比较,真核细胞基本特点,古核细胞与真核细胞在进化上的相互关系。

纲 要

第一节 细胞的基本概念

一、细胞是生命活动的基本单位

(1) 一切有机体都由细胞构成,细胞是有机体的基本构成单位。病毒除外,它是非细胞形态;有机体可以由单个细胞构成的单细胞生物,也可以是由数个(如4个、8个或几十个)到无数个细胞构成的多细胞生物。在多细胞生物体内,功能相同的细胞群体构成机体的组织。构成高等生物体的细胞虽然都是高度“社会化”的细胞,具有分工与协同的相互关系,但它们又保持着形态与结构的独立性,每个细胞具有自己独立的一套“完整”的结构体系,构成有机体的基本单位。

(2) 细胞具有独立的、有序的自控代谢体系,是代谢与功能的基本单位。这是由细胞的自身结构的装置及其协调性所决定的,是长达数十亿年进化的结果,细胞结构完整性的任何破坏,都会导致细胞代谢的有序性与自控性的失调。

(3) 细胞是有机体生长与发育的基础。有机体的生长与发育以细胞的增殖与分化为基础。有机体的生长与发育是依靠细胞的分裂,细胞体积的增长,细胞的分化与凋亡来实现的。

(4) 细胞是遗传的基本单位,细胞具有遗传的全能性。细胞的全能性:每一个细胞都包含着全套的遗传信息,即全套的基因,它们具有遗传的全能性,多利羊克隆成功有力地证明了这一点,并同时说明每一个细胞都有发育为个体的潜在能力。

(5) 没有细胞就没有完整的生命。已有许多实验证明,细胞结构的完整性破坏,就不

能实现细胞完整生命活动。

二、细胞的基本共性

(1) 细胞膜：所有的细胞表面均有由磷脂双分子层与镶嵌蛋白质构成的生物膜。

(2) 遗传物质：所有的细胞都含有两种核酸，即 DNA 与 RNA 作为遗传信息复制与转录的载体。

但非细胞形态生命体病毒只有一种核酸，即 DNA 或 RNA。

(3) 核糖体：作为蛋白质合成的机器——核糖体，毫无例外地存在于一切细胞内。

(4) 增殖：所有细胞的增殖都以一分为二的分裂方式进行。

第二节 病 毒

一、病毒的基本知识

病毒是由核酸分子(DNA 或 RNA)与蛋白质构成的核酸-蛋白质复合体。病毒作为非细胞形态的生命体，是最小、最简单的有机体(与支原体区别)。

类病毒(viroid)：仅由感染性的 RNA 构成，是类似病毒的更简单的生命体。

朊病毒(prion)：仅由感染性的蛋白质构成，如疯牛病朊病毒。

病毒的相关知识：

(1) 病毒自身不具有独立的代谢与能量转化系统，它是彻底的寄生物，如寄生于细菌的噬菌体或寄生于真核细胞的逆转录病毒等。

(2) 按核酸类型不同，病毒分为 DNA 病毒和 RNA 病毒两类。

(3) 病毒的结构：核酸、蛋白壳体、包膜(可无)。核酸是最重要的成分，所占比例较小；蛋白质所占比例较大，主要构成病毒的壳体；核酸和壳体即为核壳体。有些病毒在核壳体外还有包膜，具有抗原性。无包膜的病毒称裸露病毒。

(4) 病毒通常只有在电子显微镜下才能看到，其形态多样，可呈立体对称形或螺旋对称形。

二、病毒在细胞内的增殖(复制)过程

1. 病毒侵入细胞，病毒核酸的侵染

病毒识别并黏附于宿主细胞后，病毒核酸进入宿主细胞。RNA 病毒的核酸是在细胞质内复制与转录的，而多数 DNA 病毒的核酸转移进入细胞核内进行复制与转录。

2. 病毒核酸的复制、转录与蛋白质的合成

病毒的类型有：双链 DNA 病毒、单链 DNA 病毒、双链 RNA 病毒、侵染性 RNA 病毒、非侵染性 RNA 病毒以及逆转录单链 RNA 病毒(肿瘤病毒)6 种。

部分病毒在进入细胞后，在宿主酶体系的催化下转录翻译“早期蛋白”，“早期蛋白”有两个功能：①关闭宿主细胞的基因调控，抑制宿主细胞的本身的核酸复制、转录与翻译，导致宿主细胞裂解；②聚合酶的催化作用，催化合成新的核酸物质及病毒蛋白。

逆转录病毒 RNA 进入宿主细胞后，以自身 RNA 为模板，在逆转录酶的作用下合成 DNA，合成的 DNA 再与宿主 DNA 连接，该过程称为整合。最终导致两种结果：①子代病毒核酸与蛋白合成并装配

成新的病毒颗粒；②合成特异蛋白质,导致宿主细胞发生转型,转化为肿瘤细胞。

3. 病毒的装配、成熟与释放

两种方式：①新合成的核酸与蛋白装配成核壳体,宿主细胞裂解,病毒释放；②核壳体外包上宿主细胞膜,以出芽的方式释放。

三、病毒与细胞在起源与进化中的关系

病毒与细胞在起源上的关系,目前存在3种主要观点：①生物大分子→病毒→细胞；②病毒与细胞的起源在时间上没有必然的先后关系；③生物大分子→细胞→病毒。

上述第三种观点(病毒是细胞的演化产物)的主要依据有：①病毒彻底的寄生性,没有细胞的存在就没有病毒的繁殖；②有些病毒的核酸序列与哺乳动物细胞的DNA片段的碱基序列具有高度的相似性,尤其是细胞癌基因与病毒癌基因具有相似的同源序列；③病毒可以看作是核酸与蛋白质形成的复合大分子。由此推论：病毒可能是细胞在特定条件下“抛出”的一个基因组,或者是有复制、转录能力的mRNA。

第三节 原核细胞

根据进化的地位、结构的复杂程度、遗传装置的类型与主要生命活动的方式,细胞可以分为原核细胞(prokaryotic cell)和真核细胞(eucaryotic cell)两大类。

一、原核细胞的基本特征

- (1) 没有典型的细胞核,无核膜。
- (2) 遗传的信息量小,仅由一个环状DNA构成。
- (3) 细胞内没有分化为以膜为基础的具有专门结构与功能的细胞器。
- (4) 体积较小,直径 $0.2\sim 10\mu\text{m}$ 。
- (5) 范畴较广,包括支原体、衣原体、立克次体、细菌、放线菌与蓝藻等。

二、支原体

支原体(mycoplast)是最小、最简单的细胞。

一个细胞生存与增殖必须具备的结构装置与机能是：①细胞膜；②遗传信息载体DNA或RNA；③进行蛋白质合成的一定数量的核糖体；④催化主要酶促反应的酶。从而推测出细胞直径的最小极限是100nm左右。

三、细菌细胞

原核细胞的典型代表：①无细胞核,但有明显的核区或类核(nucleoid)；②除核糖体外,没有类似真核细胞的细胞器；③细胞膜具有多功能性。

1. 类核与基因组特点

细菌一般只有一个环状DNA分子,存在于一个核区,基因组仅有一个复制起点,因此可以看作一个复制子(replicon);复制方式为半保留双向复制;DNA复制、RNA转录与蛋白质的翻译可以同时进

行,无严格的时间上的阶段性与位置上的区域性。

2. 细菌细胞表面

(1) 细胞膜:具有多功能性,细菌细胞膜具有相当于真核细胞器(线粒体、高尔基体与内质网等)的功能,从而弥补了功能上的缺陷。

(2) 中膜体(mesosome):又称间体或质膜体,由细胞膜内陷形成,每个细胞内有一个或数个中膜体,其形状差异很大,革兰阳性菌中常见,可能起 DNA 复制支点作用。

(3) 细胞壁:肽聚糖是所有细菌细胞壁的组分,革兰阳性菌相比革兰阴性菌壁厚、壁酸含量高,青霉素通过抑制壁酸的合成,从而抑制细胞壁的形成,故阳性菌对青霉素敏感。细胞壁主要起保护、物质交换等作用。细胞壁的成分与抗原性、致病性及对病毒的敏感性有关。

(4) 荚膜:位于细胞壁表面的一层松散的黏液物质,起营养和保护作用,使细菌免受干燥的影响。

(5) 鞭毛:是运动器官,仅由鞭毛蛋白组成,与真核细胞鞭毛迥异。

3. 细菌细胞的核糖体

沉降系数为 70S,由大亚基(50S)和小亚基(30S)组成,大亚基含 23S、5SrRNA,小亚基含 16SrRNA;大小亚基还含有数十种蛋白质。

4. 细菌核外 DNA

除核区 DNA 外,还存在可自主复制的遗传因子。如细菌质粒:它是独立于细菌染色体外的裸露的双链环状 DNA 分子,可进行单独复制的辅助遗传单位。一般情况下,质粒对宿主的生存不是必需的,但质粒的某些基因编码产物,可以弥补细菌本身功能的不足,如产生抗药性,编码代谢酶等,从而有利于细菌的生存。质粒 DNA 能整合到核 DNA 分子上,可以在细胞间穿梭。质粒是基因工程的重要载体。

5. 细菌细胞内生孢子

内生孢子(芽孢):当细菌处于不利的环境,或营养缺乏时,细胞内的重要物质,特别是 DNA,集聚在细胞的一端,形成一种含水量较丰富、外被厚壁、具有很强的折光性、不易染色的致密体,能在恶劣的条件下依然存活,是对不良环境有强抵抗力的休眠体。

6. 细菌细胞增殖方式——直接分裂

①核区 DNA 分子与中膜体接触;②环状 DNA 分子以膜为支点,以 θ 模型的方式双向复制;③遗传物质随中膜体一分为二,形成两个核区;④细胞膜在两个核区之间凹陷,两个子细胞分开,两个新的细胞壁形成。

四、蓝藻细胞

蓝藻细胞又称蓝细菌,是最简单的自养原核生物。没有叶绿体,但有质膜内陷形成的捕光装置。它的光合作用类似于高等植物,而不同于光合细菌。

(1) 中心质:在光镜下观察到的蓝藻细胞中央部位较周围原生质明亮,是遗传物质 DNA 所在部位,它相当于细菌的核区。中心质形态差异较大。

(2) 光合片层:细胞质的同心环样的膜片层结构,上面规则地排列着藻胆蛋白体,其作用是将光能传递给叶绿素 a。蓝藻在光合作用时放出氧气,而光合细菌不能放出氧气。

(3) 蓝藻的繁殖主要靠细胞分裂。

第四节 真核细胞

一、真核细胞的基本结构体系

在亚显微结构水平上,真核细胞可以划分为3大结构体系:①以脂质及蛋白质成分为基础的生物膜结构系统;②以核酸(DNA或RNA)与蛋白质为主要成分的遗传信息表达系统;③由特异蛋白分子装配构成的细胞骨架系统。

这些由生物大分子构成的基本结构体系,均是在5~20nm的范围之内,其结构与功能特点在后面各章节作详述。

二、细胞的大小

细胞的大小依次为:病毒(最小的生命体,0.02 μm),支原体细胞(最小的细胞,0.1~0.3 μm),细菌细胞(1~2 μm),动植物细胞(10~50 μm)。

细胞体积分析:

- (1) 植物细胞在分裂以后,随着细胞的发育与分化,体积逐渐增大。
- (2) 高等动植物,无论种属差异多大,同一组织器官的细胞,体积相当。如哺乳动物的肝、肾细胞体积相当;器官的大小主要取决于细胞的数量,与细胞的体积无关。
- (3) 细胞体积越大,相对表面积越小,细胞与周围环境进行物质交换的效力越小。
- (4) 不论细胞体积大小相差多大,各种正常细胞核的大小悬殊不大。
- (5) 细胞体积越大,细胞内部物质的传递与交流速度相对越小。

三、细胞形态结构与功能的关系

细胞的形态与功能总存在一定的相关性与一致性,细胞分化程度越高,该特点越明显。

四、原核细胞与真核细胞的比较

真核细胞相比原核细胞有两个基本区别:

- (1) 真核细胞遗传信息量更大、遗传装置得以扩增、基因表达与调控方式更为复杂;基因组出现DNA重复序列、染色体呈多倍性。
- (2) 以生物膜系统的分化与演变为基础,首先形成核膜将胞核与胞质分开,其次内膜系统房室化形成各种细胞器,真核细胞内部结构独立并在职能上分工(表2-1)。

五、植物细胞与动物细胞的比较

植物细胞所特有的结构:细胞壁、液泡、叶绿体。

- (1) 细胞壁:在细胞分裂过程中形成(胞间质→初生壁→次生壁),主要成分是纤维素、果胶质及半纤维素等。在细胞壁的某些部位有间隙,原生质可以由此沟通,形成胞间连丝。
- (2) 液泡:是脂蛋白膜包围的封闭系统,内部是盐、糖等水溶液,液泡是植物细胞的代谢库,起调节细胞内环境的作用,液泡可以增大并相互合并。

表 2-1 原核细胞与真核细胞的比较

比较项目		原核细胞	真核细胞
细胞直径大小		1~10 μ m	10~100 μ m
遗传装置与表达方式	核结构	散状分布或相对集中分布形成核区或拟核区,无核膜,无核仁等结构	有明显的细胞核、核仁,核膜完整
	DNA 组织方式	DNA 分子仅一条,呈裸露环状 DNA 分子,不或仅与少量蛋白质结合	线性 DNA 分子双螺旋形成核小体,进一步压缩成染色质或染色体,染色体多倍性
	基因组特点	基因数量少,无内含子与重复序列	基因数量多,有大量的内含子和重复序列
	“核”外遗传物质	细菌质粒 DNA	有质粒 DNA,线粒体 DNA,叶绿体 DNA 等
	基因表达调控	主要以操纵子的方式	多层次,较复杂
	转录与翻译	转录和翻译相耦联,可同时进行,无严格的时空界限	核内转录,胞质内翻译,转录后再翻译。具有时间上的阶级性和空间上的区域性
	转录与翻译后的加工修饰	无	复杂的加工与修饰
	复制、分裂与细胞周期	无丝分裂 无明显的细胞周期	有丝分裂、减数分裂 严格按细胞周期控制
生物膜系统及特化结构、细胞器	细胞膜功能	多功能性	主要负责物质交换与信息传递
	线粒体、内质网、高尔基体、溶酶体	无	有
	核糖体	70S(50S+30S),大亚基含 23S、5SrRNA,小亚基含 16SrRNA	80S(60S+40S),大亚基含 28S、5.8SrRNA、5SrRNA,小亚基含 18SrRNA
其他	细胞骨架体系	无	由微管、微丝、中间纤维等构成细胞骨架系统
	细胞壁	主要成分是氨基糖与壁酸	动物细胞无细胞壁,植物细胞壁的主要成分为纤维素与果胶
	光合作用	蓝藻含有叶绿素 a 的膜层结构,细菌具有菌色素	植物叶绿体具有叶绿素 a 与 b
	鞭毛成分	鞭毛蛋白	微管蛋白
	组成生物有机体的细胞数量	几乎所有原核生物都由单个细胞组成	真核生物既有单细胞也有多细胞生物
	自然界存在的个体数量	多	相对较少