

上海第一医学院  
SHANGHAI DIYI YIXUEYUAN

# 医学生物学讲义

YI XUE SHENG WU XUE JIANG YI



一九八一年

Q1-4

3

医学生物学讲义

---

主 编：陈秀珍  
编 写：杨 朴 李采娟 陈秀珍  
李荣慧 周焕庚 许由恩  
审 阅：许由恩  
责任校对：蔡向东 吴柏林  
版 别：1981年8月第一版 第一次印刷  
印 刷：上海第一医学院印刷厂

---

书号〈2031-818-2〉

1120

## 前 言

本院从今年起改为六年制。各门课程的设置，学时的分配，教学的重点，教学的方法等方面都将有所改变和更新。

作为医学院校一年级课程的《医学生物学》的教学目的，首先是向学生传授近代生物学的基本理论、基本知识和基本技能。其次，还应当兼顾下列两个方面：一是要训练学生的自学能力，使他们在学院一年级课程之后能够从被动地接受课堂知识，转变为主动地从多种途径获得知识，而且进一步学会在学习过程中勤于思考，善于发现问题和解决问题。二是要引导学生懂得，书本和课堂听讲并不是获得知识的唯一途径。科学，特别是自然科学中的生物学和医学科学，尤其需要通过实验来学习各种知识，逐步学会观察和分析实验的结果，从中了解或发现新的知识，论证或修改前人的观点和阐明新的概念等等。

基于上述想法，本院《医学生物学》课程的内容将包括下列几个方面：（一）是课堂讲课的讲义（即本教材），主要的内容有细胞生物学和人类遗传学两大部分。（二）是实验教学的《实验指导》（另编），主要是通过实验操作和观察来掌握哺乳动物形态结构的知识和系统解剖的技能，细胞形态结构以及其它医学生必须掌握的生物科学的实验知识和技能。（三）是视听教学的教材，主要采用电影、录象、幻灯、投影设备以及图片展览等形象教学以及录音等手段来介绍生物类群、生物的进化等知识。（四）是本教研室特别为学生专门编写的《自学资料》，主要供学生课外阅读。（五）是讨论课及专题讲座等资料。《自学资料》及讲座课的内容将包括发育生物学、分子遗传学、基因工程、生态学等。其目的是使学生学会通过自学能够学得更广、更深、更新的生命科学知识。（六）是有关生物学的专业英语录音以及印发英语专业读物，以便学生有机会多听、多看专业英语资料。以上六个方面的内容均将包括在平时考查或期末考试的范围。

因此，本课程的课堂讲授时间约占全课程三分之一，而实验课、视听教学、自学、讨论课及讲座课等的时间约占三分之二。鉴于这是一种新的教学尝试，希望教师和学生能够互相配合，共同实践。

# 《医学生物学讲义》分章

## 前言

第一章 绪论——医学生物学的基本概念	1
第二章 生物大分子	10
第一节 蛋白质	11
第二节 酶	17
第三节 核酸	23
第四节 糖蛋白	39
第三章 人体细胞的超微结构	42
第一节 细胞概述	42
第二节 细胞的膜相结构	49
第三节 细胞的非膜相结构	64
第四节 新技术与细胞生物学的发展	73
第四章 动物细胞活动过程中能量的转换	76
第一节 物质与能	76
第二节 能量的获得和转换	76
第三节 细胞化学反应中能量的变换	77
第四节 太阳的辐射能是生命物质的总能源	78
第五节 线粒体和细胞呼吸	81
第五章 分子生物学的中心法则	86
第一节 遗传信息的转录过程	86
第二节 遗传信息的转译过程	87
第三节 中心法则的补充和发展	92
第六章 人体细胞外输性物质的加工、运输和分泌	94
第一节 杯形细胞粘液的产生和分泌过程	94
第二节 胰腺泡细胞酶原的分泌过程	96
第三节 成纤维细胞胶原的胞外再合成过程	98
第七章 高等动物细胞膜的功能	100
第一节 细胞膜与细胞内外的物质交换	100
第二节 细胞膜受体	104
第八章 溶酶体的活动	109
第一节 溶酶体中的酶类	109
第二节 溶酶体的来源	109
第三节 溶酶体的功能	109

第四节	影响溶酶体活动的因素	113
<b>第九章</b>	<b>细胞的运动</b>	114
第一节	细胞质流动	114
第二节	变形运动	115
第三节	纤毛和鞭毛运动	116
第四节	肌细胞的收缩运动	117
<b>第十章</b>	<b>哺乳动物的体外生长</b>	119
第一节	细胞体外生长的条件	119
第二节	细胞生长的特性	121
第三节	细胞体外生长的现象在生命科学上的意义	122
<b>第十一章</b>	<b>细胞的增殖</b>	124
第一节	细胞周期的概念	124
第二节	间期的特点	125
第三节	有丝分裂的特点	127
<b>第十二章</b>	<b>人类染色体</b>	130
第一节	人类染色体的形态特征	131
第二节	染色体与人类性别的决定	132
第三节	染色体的个体性和成对性	133
第四节	标准核型	134
第五节	X小体和Y小体	136
第六节	染色体变化的类型	138
第七节	染色体异常与疾病	139
<b>第十三章</b>	<b>人类的遗传与遗传性疾病</b>	141
第一节	减数分裂与遗传	141
第二节	基因与遗传	146
第三节	人类单基因遗传	147
第四节	人类多基因遗传	163
第五节	人类遗传性疾病的基本概念	166
<b>第十四章</b>	<b>基因突变的分子基础</b>	169
第一节	基因突变的一般特性	169
第二节	基因突变的分子基础	170
第三节	基因突变的修复	173
<b>第十五章</b>	<b>遗传与免疫</b>	175
第一节	红细胞抗原的遗传	175
第二节	人体组织器官移植的遗传学基础	177
第三节	母子间遗传性的不相容	179
<b>第十六章</b>	<b>遗传与分化</b>	180
第一节	胚胎发育	180
第二节	分化	183

第三节	细胞识别与形态发生·····	188
第四节	细胞的寿命、衰老和死亡·····	189
<b>第十七章</b>	<b>基因概念的发展</b> ·····	191
第一节	经典遗传学的基因概念·····	191
第二节	分子遗传学建立后的基因概念·····	191
<b>第十八章</b>	<b>遗传与优生</b> ·····	194
第一节	预防性优生学·····	194
第二节	演进性优生学·····	198
<b>第十九章</b>	<b>综述与展望</b> ·····	200
第一节	综述·····	200
第二节	展望·····	202

## 第一章 绪论——医学生物学的基本概念

任何一门自然科学都包含着大量前人所发现的事实。这些现象和事实又随着时间的流逝而不断增加和扩大，作为知识单靠一个短暂的一生的时光是无论如何掌握不了的。可是在历代的科学家们辛勤的研究下，从这些浩瀚的知识海洋中，他们归纳、总结出若干基本的理论、概念、学说、原则或规律，生物科学是这样的，医学也是这样的。初学者掌握了这些基本理论或概念，就可以运用这个指南来对如此繁杂浩瀚的资料进行研究，并且以此继往开来，进一步发现更多的新的事实。

在这章内我们试图提出一些作为一个医学生应该掌握的一些生物科学的基本概念（理论）。很可能是不全面的，希望大家提出批评意见，以便逐步完善。

下面提出的基本概念中，有的是学生们在中学生物学知识学习中已经初步学过的，但没有巩固的；有些是要经过本课程的讲课或实验中来学习掌握；还有一部分是要求通过学生的自学来获得的。不管以怎样的方式来学习这些知识，有一点是肯定明确的，就是应当把这些内容看作是学生们修毕医学生物学课程后所必须掌握的基本理论和概念。

### 一、生命活动的规律是基于物理化学的基本法则

过去，曾经认为生命的活动是超越于自然界中的物理和化学等无机物质的变化规律，因而具有其本身所特有而为非生命物质所没有的特殊规律。但是，近代生物学却认为，从各种不同的角度探索生命的奥秘都证实并肯定了生命的物质性，而且这些生命物质运动所产生的种种生命活动现象基本上都是受着物理和化学法则所制约，都可以用物理和化学的原理和原则予以解释。因此，研究现代生物科学，要求有扎实的物理、化学基础和必需的数学概念。

但是，应该指出，生命物质的运动形式与现象和非生命物质的运动形式又不是完全相同的。诚然，生命活动是建立在理化反应规律的基础上，这是二者的同一性。但生命活动现象更为复杂，具有更大的多变性。因此我们说，生命是源于非生物，但又高于非生物。所以，要学好生物科学，一定要有比较扎实的理化和数学的基础。

### 二、地球上生命起源的学说

根据目前的资料说明，地球上最初的生命是从非生命物质在漫长的时间内，经过繁复的化学过程，化学进化逐渐地发展而成的。首先，是从简单的元素和无机小分子物质，如碳、氢、氧、氮、水、二氧化碳、氨等等有机小分子物质，如甲烷( $\text{CH}_4$ )、乙炔( $\text{C}_2\text{H}_2$ )、氰化氢( $\text{HCN}$ )以及氨基酸、脂肪酸、核苷酸、单糖等。随后，这些小分子有机物经过长期积累，相互作用，在适当的条件下，形成了有机高分子，如核酸、蛋白质等。目前生物科学家们一般认为：地球上核酸和蛋白质分子的出现并不一定标志着原始生命的出现，中间可能还有经过一个“多分子体系”的阶段。人们初步认为，在原始海洋里，蛋白质和核酸分子等有机高分子物质逐渐积累之后，可能聚集成为一种多分子体系，它有“界膜”与环境分开，从而构成一个独立的体系。这些以蛋白质和核酸为主要成分的“小颗粒”，被称为团聚体(Concervote)或微球体(microsphere)。在长期的演变过程中，部分的微球体的结构和功能继续发展，能够利用环境中的能源进行物质交换，一旦微球体能够进行代谢活动和复制繁殖，原

始生命也就“诞生”了。从此即宣告“生命起源”，也就是非生命物质从化学进化阶段转入生命（生物）进化阶段了。

应当指出，现在生活在地球上的生命只能从已有的生命通过繁殖产生新的生命，不可能再从非生命产生。这就是说，在目前，生命只能来自生命，这是由于一定的环境条件所决定的。但原始的生命却是从非生命物质发展而来的。

### 三、生物进化的概念

我们知道，在自然界中到处有各式各样的植物、动物和微生物生活着。现在要问，为什么生物的种类会有那么多，它们又都是怎样产生的？过去，一部分的人认为：世界上一切事物都是静止的，不变的，不发展的，因而在生物多样性这个问题上，也认为每一种生物都是由超自然的“神”直接创造出来的，已经创造的就永远不会改变，创造多少种，就存在多少种，现在还是多少种，过去是什么种类，现在也一直就保留着这些种类。这就是过去曾经一度控制着一些人们思想的极为错误的所谓“物种不变论”的概念。

近二、三百年来，生物学工作者们（其中有Lamarck和Darwin等人）长时间从事对客观世界的调查、研究和了解，发现许多用“物种不变论”完全不能来解释甚至是明显抵触的事实。达尔文于1859年发表了具有划时代意义的《物种起源》一书，他以极丰富的事实，系统地论证了生物的种类并不是静止的、永远不变的，而是不断进化、发展的。达尔文主张生物进化的原因是由于“生存斗争”和“自然选择”。达尔文的生物进化概念有着非常重大的意义。这一概念极其有力地打击了形而上学的自然观，因为它证明了今天的整个有机界（包括植物、动物、微生物和人类）都是延续了几十亿年发展过程的产物。达尔文的生物进化概念推翻了那种把动、植物看作彼此毫无联系的、偶然的、神选的、不变的东西的观点，第二次把生物放在完全科学的基础上。所以说，生物进化的概念是生物科学中极为重要的概念。

### 四、胚胎发育与种系发育的关系

用两性方法进行生殖的动物，它们每一世代都是从受精卵开始。受精卵是一个细胞，但它和一般细胞有显著的不同，它往往毫不停留地经过一系列分裂、生长、发育过程（如胚胎细胞的分裂、体积的增大、组织的分化、器官的发生等等）逐渐形成了一个与亲代极为相似的新个体。各种多细胞动物的受精卵为什么都依着一定的顺序进行发育呢？这是和它们的历史根源有关的。现在的一切动物都是由比较简单的原始种类进化而来，这个进化的历程称为系统发生（phylogenesis）。从受精卵长成个体的过程则称为个体发育（ontogenesis），它也是一个从简单到复杂的过程。早在十九世纪初期，一些生物学家就已注意到下面若干现象：所有多细胞生物都是由单细胞的受精卵开始发育的；个体发育（包括胚胎发育）过程是一个简单向复杂方向发展的过程；在动物的胚胎发育过程中，可以看到分类学上比较低等动物的各种性状的出现，等等。1866年德国胚胎学家Haeckel总结了前人的工作，提出了“生物发生律”。他认为生物的发展历史是包括着两个相似而且相互紧密联系的方面，既系统发育（种的进化）和个体发育（个体的演变），也就是说，生物的个体发育的过程包含着或意味着该种生物种系进化的历史。他认为个体发育是种系发育的重演。因此生物发生律也就被称为生物重演律。在研究有关动物进化的胚胎学方面证据时，也可以了解到脊椎动物在某些方面重演其系统发育部分过程的现象，这一生物学上基本的概念将有助于我们了解，人是陆生的用肺呼吸的，为什么在胚胎发育过程中却出现鳃裂？人和类人猿的成体都没尾巴，为什么



在胚胎发育中过程都曾出现尾巴，直至有时在出生时后还拖一小段不长的尾巴等等现象？

但是应该指出，Häckel的生物重演论说并不是完整无缺的。首先，任何一种高等动物的发育过程并不是完全地，无间断地重演着其祖先的系统发育的全部过程，只不过是反映了其中某些主要的阶段。其次，有些器官发育的时序和其祖先系统发育的时序有时会有所颠倒。再次，许多动物，特别是高等的脊椎动物在其个体发育过程中却出现了一些其祖先系统发育过程所没有出现过的新的构造，这又是为什么呢？

近年来关于个体发育的理论，已经有了很大的发展和较明确的阐述，但是基本上仍肯定在个体发育过程中，在形态上，反映了该个体所隶属的种系的进化过程中某些阶段。不但这样，重演现象还表现在生理、生化等方面。这个经典的概念有时也用“个体发育反映，种系发育”这句话来表达。但是，现在也有人用“个体发育是系统发育的缩影，同时又是系统发育的延伸”这一句话来概括。

不管提法怎样，都仅仅是论述了胚胎发育与系统发育紧密联系的现象，还不能够很好地阐明其机制。

### 五、细胞学说

在广阔的大自然里，生存着许许多多形态各异的动物和植物，这些花草、树木、鸟兽、昆虫等等，虽然各有自己的特点，但是在基本结构上都具有一个共同的特征，那就是它们都是由细胞构成的。

这是十九世纪三十年代德国植物学家施莱登(Schleiden)和动物学家(Schwann)所得出一个主要的生物学概念。他们两人运用了前人所积累的这方面知识和想法，同时各自又对多种植物体和动物体的结构进行了细致的观察和比较，收集了大量资料。他们于1838年和1858年分别发表了自己的研究成果。他们总结出：细胞是一切生物体结构和功能的共同基础这一重要的概念，从而建立了“细胞学说”。

“细胞学说”指出：在整个生物界，包括植物界和动物界，虽然在外观上和生活方式上有着很大的区别，但它们之间都存在着结构上的统一性。那就是它们都是由细胞和细胞间质所构成的。不仅这样，“细胞学说”还提出：不同生物在生长发育方面也有其一定的统一性。这就是说，一切动植物都是从细胞发育而来的。这就阐明了动物和植物在结构和个体发育方面的共同规律。

“细胞学说”的建立生物学史上具有极其主要的意义。首先，这学说的创立，是细胞学本身发展史上的第一个里程碑。它对于研究生物体的构造、机能、发育和分化等现象迈开了一个新的唯物主义的起点，对其他生物学科如微体解剖学、生理学和胚胎学等学科也进而得到了唯物论的基础。同时，“细胞学说”的提出，对生物进化的概念也具有启发的作用，可以说是达尔文进化论的必要前提。因为它对唯物辩证法中关于自然界的统一性、自然界诸现象相互联系和相互制约等论点，均提供了有力的证据。

现代生物学家都确认细胞是生物体的结构和功能基本单位，每个细胞既是生命独立单位，又在机体内互相协调，构成统一的整体。

那么，细胞是怎样起源的呢？这和生命的起源一样，现在地球上（指自然界中）的细胞只能来自现存的细胞，但是，地球上最原始的细胞肯定是从非细胞形态的原始生命物质发展演变而来的。

### 六、新陈代谢是生命物质的运动形式

自然界物质的各种成份，并非静止的，而是经常与其周围环境进行着物质交换和相互作用，生命物质当然也不例外。生命物质的各种成份也不是静止的，而是经常不断地运动着。并且这种运动形式又与非生命物质的运动形式不同。生命物质运动是以蛋白质和核酸等大分子物质为主体的高级运动形式。这种高级运动形式不但体现生命物质与外界环境不断地进行物质交换和能量转换，而且还在运动过程中不断地得到自我更新。生命物质这种高级运动形式在生物学上称为新陈代谢（metabolism，也称代谢作用）。生命运动的基础，是生命物质的基本特征。应该指出，新陈代谢的整个过程都处在酶的作用之下程序化地进行的。

生命物质的新陈代谢基本上是由两个相反的，但又是彼此不能分割、相互依存、相互统一的过程所组成的。这就是同化作用(anabolism)和异化作用(catabolism)。同化作用是指机体从外界环境中摄取物质，并把它们组成自身物质，同时储存能量。所以说，同化作用是物质合成的过程，也是储存能量的过程。异化作用是指机体把自身物质进行分解，同时放出能量供生命活动的需要，经分解后的代谢废物排出体外。所以说异化作用是物质分解的过程，也是释放能量的过程。总而言之，代谢过程实质上是包括着相互联系的两个部分，即物质代谢和能量代谢。

### 七、细胞是能的转换器

宇宙是由运动着的物质构成的，没有不运动的物质，也没有离开物质的运动，物质占有空间并由它来组成各种物体，而物质的运动又是由能驱动的，因此，能有作功的本领，物理学上的能量转换和守恒定律指出：能量不能被创造，也不能被消灭，它只能从一种形式转换为另一种形式，前面已经指出，生命也是物质运动的一种形式，所以，宇宙中一切生物的生命活动也都服从于这个规律。这就是说，生命物质的运动，必然伴随着物质和能量的转换的传递。因此，从这个角度来说，生物体就是一个物质和能量转换和传递的系统。

现代生命科学证明，细胞是生物体内极完善的换能器。细胞内能量代谢过程就是前面提到的新陈代谢中的一个不可分割的部分。能量代谢一旦停止，生命即告结束。

以目前地球上生存的生物而言，获得能量的第一步是绿色植物中含有叶绿素的细胞，它能接受来自太阳系太阳的辐射能，并把它们转换为化学能，蕴藏于某些物质分子中（例如葡萄糖分子等）。尔后，再以其它途径（如氧化还原等）转化为各种能。

第二步，也就是一般植物和动物细胞的生命活动所需要的能量，一开始主要就是从蕴藏有一定能量的物质（如葡萄糖的脂肪分子等）的氧化过程中获得的。尔后，再不断的氧化、还原，将化学能转换为其它能，因此可以说，氧化还原反应是生物体内能量转换和传递中的基本反应，但是它与一般所见到的物质燃烧现象（也即氧化反应）又是不尽相同，这是因为生物体内的氧化还原反应是在酶的作用下，经过一系列的中间化合、化分反应，逐步地把电子还原物转移给氧化物，最后交给电子的终受体（例如氧）来完成的。其间伴随着能量的释放（以ATP形成暂储）。生物体的这种氧化、放能过程常称为氧化磷酸化。

生物体细胞内能量转换的第三步是把上述过程中所发出的能量进一步转变为细胞内方便利用的形式，那就是把上面第二步中所得到的能暂时储存（转换）到腺苷三磷酸(ATP)与鸟苷三磷酸(GTP)一类的含有高能键的化合物中去。当细胞内的ATP或GTP分别分解为腺苷二磷酸(ADP)或鸟苷二磷酸(GDP)，即发生放能反应时，就可以供应细胞内需要能量的种种生命活动，细胞内大分子物质的合成，细胞膜的主动运输以及肌肉收缩、神经传导等等。

所以说，细胞是生物机能的转化器。

## 八、酶与代谢作用

生物体内新陈代谢过程中包括着一系列错综复杂的化学变化，简单地说，某个化学反应的产物常常却是另一个化学反应的底物。这些化学反应如果在体外进行，则大都需要剧烈的物理或化学条件和长时间作用才能反应。可是在生物体内却不能这样，因为在细胞内如果也象体外环境那样，无时无刻都在产生着剧烈的变化，那势必会导致细胞的死亡和生命的结束。所以，细胞内必需保持着稳定的环境，譬如保持接近于中性的水溶液以及生物细胞所能耐受的温度等等。问题是，在这样较温和稳定的条件下，细胞又怎样能够迅速而有规律地进行着上述错综复杂的化学反应呢？事实上，这正是由于生物体内存在着一类特殊的物质，即各种代谢反应的生物催化剂——酶(enzyme)的缘故。

自然界一切生命活动都和酶的活动有关，生物体内所有的代谢过程都是在酶的催化作用下程序化地进行，并且严格地受到酶的控制和调节。细胞内没有酶，代谢作用就不能进行。生命活动当然也是一样，没有酶，代谢作用就不能进行，生命活动也就停止了。

关于酶的概念，从生物学的角度来说，认为酶是由生物细胞所合成的具有高度专一性的生物催化剂，其化学本质是蛋白质。生命物质中一切化学反应，都是酶活动的结果，所以说，酶控制、调节着整个细胞内的新陈代谢作用。当然，酶也不能独立于环境条件之外，它的活动又是随着细胞内外环境中许多物理和化学因素的影响而变化。因此，生命活动既需要酶，又是和环境条件有着非常密切的关系。

## 九、激素对于细胞活动的调节作用

人们早就知道动物体器官和组织的活动是受制于神经调节的。可是，直到十九世纪中期(1849年)，人们才知道动物体内还受着某些化学物质的控制和调节。1905年激素(Hormon 早年译为“荷尔蒙”)这个名词开始被提出和引用。

近代内分泌学了解到，激素不但存在于高等动物(脊椎动物)体内，而且还广泛存在于低等动物(无脊椎动物)体内。甚至在不具有神经系统的植物体内也有激素在起作用。关于激素在生物体内的作用，概括地说，它是一类特殊的化学物质(如肽类、甾体类等)；由抗体中某些区域(如内分泌腺等)所产生；可以经某种运输的途径(如血液循环)以很低的浓度有效地调节、控制某一靶组织或靶细胞的活动，因此，激素的作用在动物体内常被认为是神经调节机能的辅助和补充，而在没有神经系统的低等动物和植物体内却起着更为主要的调节机能。

## 十、生物体遗传与变异的概念

生物体通过各种生殖方式繁衍种族，保证了生命在世代间的延续。这种世代间的延续，(即生物产生同类生物的现象)，叫做遗传(heredity)。但是在世代延续过程中，各个体之间也可以由于它们遗传结构的不同以及代谢过程、生长发育过程等的不同，出现种种差别，生物个体间的这些差别叫做变异(variation)。简单地说，生物前后代之间出现的相似，称为遗传，生物前后代之间或各个体之间的差别，称为变异。即相似是遗传的结果，差别是变异的反应。这种遗传性和变异性都是生物体的特性。

遗传性和变异性对于生物个体的生存和物种世代的延续具有同等的重要意义。地球上现存各类生物，它们各自的特征和特性，都是在长期的系统发育和进化过程中，由于环境条件的不断作用而逐渐形成的。也就是说，它们经历了自然选择，因此相对较适应于所处的环境条件。而且又把这些特征、特性较稳定地遗传给子代，这样基本上确保子代能够在和亲代

相同的环境条件中生存。然而，一个地区的环境条件，虽然在一定的时期有着相对的稳定性，但不是一成不变的，并且后代也不可能永远在原地生活而不迁移到其他的地区去，所以，生物体的变异性就保证了子代具有较灵活、机动的适应环境变化的能力，使之在环境条件发生改变时仍能很好地生存下去。因此，换句话说，遗传现象能够保证后代在相同的环境条件下很好地生存。因而确保种的相对稳定性；变异现象能够保证子代在不同的环境条件下也能够较好地适应生存，从而使生物不断地变化和进化。

### 十一、基因学说遗传的基本规律

很早以前，人们就已经在生产实践中观察和研究生物体遗传和变异的现象，但是真正应用科学实验、分析、统计的方法来探索生物遗传规律的是孟德尔(Mendel)。他用豌豆为材料，进行了大量的周密的实验，于1865年提出了下列生物遗传的基本概念和规律：(1)生物体的遗传性可以分析为若干遗传单位，简称“遗传因子”；(2)生物体的每种性状都是由成对的“遗传因子”来决定，成对因子的性质或是相同的，或是相对的。(3)生物个体的体细胞里，“遗传因子”一般都是两两成对，一个来自父方，另一个来自母方。可是当这个个体的生殖细胞成熟时，原来成对的遗传因子彼此分离，各进入一个生殖细胞(精子或卵子)。也就是说，每个成熟的生殖细胞里只具有每对遗传因子中的一个。因此，精子或卵子里所含的因子只有体细胞的一半。后人把这一现象归纳为孟德尔分离定律(Mendel's law of segregation)。(4)如果位于不同染色体上的任何两对或两对以上遗传因子在进行杂交时，不同对的因子各自的行动是独立的，可分可合，而且组合的机会均等，即受精是随机自由结合的。后人把这现象归纳为孟德尔自由组合定律(Mendel's law of independent assortment)。孟德尔关于生物遗传的这些现象和结论，现在已被公认为是遗传学的基本概念和规律，而且也是生命科学中最基本和最重要的基础理论之一。

1909年，Johansen把“遗传因子”改称为基因(gene)，虽然这一名称一直沿用至今，但其内容和实质在现代遗传学中已大大地发展和丰富了。

1910年以后，摩尔根(Morgan)和他的学生们，用果蝇为材料进行了遗传学研究。他们确定了基因位于染色体上，而且呈直线排列，每条染色体上基因的数目和排列位置都是一定的。因此，位于同一条染色体上的若干基因，在生殖细胞成熟时就不能象孟德尔所提出的那样自由行动了，而是连锁(Linkage)在一起，如此一个单元那样一起遗传下去。不过，又由于相对染色体(即同源染色体)在生殖细胞成熟分裂的联合(配对)过程中常常发生交叉现象(又称交换)，因而在相对染色体上的一部分基因发生了互换。这就是现在人们所称的基因连锁与互换定律(law of linkage and crossing over)。

这样，就形成了一套经典的遗传学理论体系，即以遗传的染色体学说为核心的基因学说(theory of gene)。

### 十二、遗传物质的分子基础

二十世纪四十年代至五十年代早期，人们逐渐积累了大量的实验资料，证明构成染色体的主要物质脱氧核糖核酸(DNA)是遗传物质。即可能就是“基因”。例如Mirsky发现，每个生物体中任何性细胞的DNA的含量都是相同的，可是在成熟的生殖细胞都只有一半的量。这就指示基因和DNA密切相关。又如，Chargoff发现，作为遗传物质的DNA其内部的碱基含量有一定的规律性；嘧啶核苷酸总数(T+C量)总是等于嘌呤核苷酸的总数(C+G量)；A量总是等于T量，C量总是等于G量，但A+T量不一定等于C+G量。Wilkins应用X线

照射DNA分子的结晶学资料分析表明，DNA分子是细长的，是由两条链所组成的螺旋结构。

1953年，Watson和Crick提出了著名的DNA分子双螺旋结构的模型，就是根据上述几种线索推导出来的。这个模型表现了遗传物质（基因）在分子水平的复制机理，因而进一步论证了遗传物质（基因）的连续性和可变性具有可靠的物质基础。这是一个划时代的概念。有人认为他们的功绩可以与达尔文媲美，因为它标志着分子的诞生，随即又推动了分子生物学的兴起，从而把生命科学的研究深入到分子领域中去。所以，又有人把Watson-Crick的这一发现说成是分子生物学的第一原理。

### 十三、遗传密码与蛋白质的生物合成

DNA分子的双螺旋结构模型虽然提示了遗传信息蕴藏于其核苷酸的排列顺序之中，但是这些遗传信息的传递机制却仍然不得而知。至于DNA分子中的四种核苷酸又怎样能和20种氨基酸发生着特定的联系等等遗传奥秘更有待揭开。1961年Crick又提出设想。他认为三个相邻的核苷酸（又称三联密码，triplet code）有足够的条件来编码20种氨基酸。这种三联密码的设想很快就被Nirenberg、Mathei和其他许多科学家所证实。不仅如此，DNA上的三联密码具体地怎样制约蛋白质合成过程的轮廓也逐渐被了解。概括地说，DNA分子上的遗传信息可以经过“自我复制”得以增加，并可以经过“转录”（transcription）将蕴藏在遗传密码上的信息传递给mRNA，然后再由mRNA上的密码子（codon）与tRNA上的反密码子（anticodon）互补结合。这样，就由tRNA携带来相应种类的氨基酸按照mRNA上密码子的顺序依次连接合成多肽链。这就是“转译”（translation）。现已证实，DNA的遗传密码制约着细胞内蛋白质的现象，在生物界中是普遍存在的，从结构简单的细菌到复杂人体细胞都服从这一规律，而且每一个密码子编码那一个特定的氨基酸（包括氨基酸的种类、排列顺序和数目）在整个生物界也是一致的，因此，这一概念被称为中心法则（central dogma）。基于这个法则的普遍性和重要性，所以有人把它和Watson-Crick的发现并列，称之为分子生物学第二原理。当然，中心法则在今天又有了新的发展和补充。

### 十四、代谢反应受着基因的制约

根据“中心法则”推知：由DNA携带的遗传信息通过“转录”和“翻译”，决定着细胞为各种特定蛋白质的形成，这些蛋白质可以是结构蛋白质，也可以是功能蛋白质，肽类激素酶蛋白等。其中最主要的是酶蛋白。酶蛋白是生物体内各种代谢过程中必不可少的生物催化剂。它不但加快代谢作用的速度，更为重要的是酶的种类决定着代谢反应的类型，因为某一种代谢作用需要某种特定的酶。也就是说，代谢过程是受着有关的酶所制约，而酶又是由基因所决。早在1941年，Beadle和Tatum曾经提出一个很有影响的概念，即“一个基因一个酶”或“一个基因→一个酶→一个代谢过程”。在“中心法则”建立之后，Beadle的提法被证实了，而且这个概念又被扩大。即基因不但决定着酶的合成，而且还决定着各类结构蛋白质、肽类激素等物质的合成（即发展成为现在的“一个基因一个多肽”的概念）。而这些产物又都直接或间接地影响着代谢活动。所以说，基因制约着代谢反应。

### 十五、基因表达的调节与控制

近代分子生物学另一个重要的概念是基因活性的控制。或称为基因表达的调节与控制。从理论上讲，在正常情况下，个体的任何细胞都含有全套基因，但是大部分的基因在大部分时间里是不活动的。也就是说大部分基因的活性是处于阻抑状态，并不进行转录，而只有

极少数的基因，按照特定的时间和特定的环境被选择进行转录，去合成某种代谢作用所需要的酶或其他的蛋白质，这就说明，基因活性的表达，是受到调节与控制的。

按理说，基因活性的调节，应该存在于所有的生物。但是目前只是从原核细胞中得到了一些有价值的资料。关于真核细胞的情况还不太明瞭。1961年，Jacob和Monod发现，存在着两类基因，一类是编码蛋白质的基因，它负责转录遗传信息，以此指导和决定各种蛋白质的合成，这就是一般所讲的基因，现在称之为结构基因(structural genes)；另一类是专司调节与控制作用的基因，常统称为控制基因(control genes)，如有调节、操纵基因和启动基因等。它们虽不直接参预指导和决定特定的蛋白质合成，但却能通过调节与控制结构基因的活动，来起到控制和调节蛋白质合成的作用。这类基因，实质上就是控制了基因活性的表达。

基因活性调节的概念还对于细胞分化发育的研究有着很重要的意义。细胞的分化主要是由于细胞中蛋白质成份的不同，例如血红蛋白只在红细胞中形成，黑色素细胞能够合成酪氨酸酶。所以，分化细胞间的差异，实际上是蛋白质合成的差异。当然，这些差异是基于多方面的原因，如基因的差别性的复制，转录速率的调控和转译速率的调节等，其中最主要的是转录速率的调控。这些调控方式，一般都概括为差别性的基因活性(differential gene activity)。上述的基因活性表达的调节与控制的概念，有人称之为分子生物学的第三原理。

#### 十六、生态平衡的概念

综观近三十年来生命科学的研究，不但在微观方面取得了巨大的成就，而且在宏观方面也有很大的收获。在宏观领域中的生态系统的研究就是一项尖端的研究。生命科学向微观方向研究的历程是从大到小，即由个体到器官、组织、细胞以致深入到分子和量子层次。而向宏观方向研究的历程则是从小到大。即由个体到种群、群落、生态系以致扩大到整个生物圈。生命科学的微观研究是以揭示生命活动的本质为目标；而宏观研究则是以探求生物界的生存和发展规律为目的。因此可以说，微观研究是宏观研究的基础，宏观研究是微观研究的归宿。应当特别指出，生物科学的宏观研究中有一个共同的特点，那就是二者都牵涉到物质与能量的流通与转换，这正是探究生命科学的重要一环。

地球上，既存在着生物，也存在着非生物。它们之间的共性是进行物质的交换和能的转换。因此，生物的生存和延续，必定与周围环境中的物质和能有关。对一个生物体来说，它周围的一切都是它的环境，就其性质而言，可以分为下列三大类：(1)无机环境因素，包括气候、土壤等；(2)有机环境因素，包括周围的其它各种生物；(3)在人类出现之后，由于人类活动产生了人为环境因素。地球上凡适宜于生物生存的空间，统称为生物圈(biosphere，亦译为生物层)，所谓生物圈，是生物出现在地球之后，经历了亿万年的发展过程，在各种生物活动的参与下所形成的。可见，生物的活动是受着环境条件的影响；而生物本身也在不断地改变着周围环境。因此可以说，生物圈(生态系也一样)就是指生物及其环境的综合体。生物圈，不仅是生物生存的场所，而且又是太阳辐射能在地球上引起一系列变化的区域。这些变化主要是由于为数众多的各种生态系(ecosystem)在一起相互作用的结果。所谓生态系，就是一个生物和非生物相互作用所构成的稳定系统，例如一个池塘，一个湖泊，一块农田，一片森林，都是一个生态系(也有人把整个生物圈看作是一个“大生态系”)。

从生物体(个体)向群体水平发展大概可以分为三个等级。一是“种群”，它是指同一种生物在一个地区内各个个体的总和。二是“群落”，它是指生物的自然集合体，包括不同种的动、植物、微生物。它的特点是这种自然集合体能够进行自体维持，产生自己内部的环境。

境条件，因而有一定的稳定性。例如在一森林中鸟类的群落，不仅包括着鸟类本身，也包括森林中各种灌木、乔木、昆虫、蛇类等等。这些有机体相互作用，相互制约——动物吃植物，动、植物尸体又被微生物所分解，提供给植物作养料，茂盛的植物又是鸟类栖身的场所，而昆虫和蛇有的是鸟类的食料，有的又是鸟类的天敌。总之，在这群落内不断地进行着物质和能量的循环和流通，这样的群落基本上是可以自体维持，此外，极为重要的无机因素，如阳光和降水却必需完全依靠着外界环境。三是“生态系”，它是指由动物、植物、微生物等构成的生物群落与无机环境相互作用的综合体。这个综合体当然也是能够自体维持的，不过其程度要较群落为高。

生态系的研究与国民经济建设有极大的关系。人类对自然生态系的任何改变，都应该特别小心，为了更好地进行经济建设，必然先了解和认识自然生态系的结构、调节机制和稳定性的极限，只有这样，才能有效地控制、改造环境，并使自然界朝着有利于人类生存的方向发展。如果人们对生态系的概念一无所知，只是单方面地热心于经济建设，结果只会使大气、水体、资源等严重污染，也就是破坏了生态平衡。其短期结果就可引起各种流行病发生，影响人们健康，而远期效应则将是造成人类自己破坏自己的子孙后代的生活条件。

编写人：许由恩

## 第二章 生物大分子

世界上的一切都是由物质组成的，一切现象都是物质运动的表现，生命也不例外。

现存于地球上的形形色色生物（包括人类），在形态、结构上虽然差别很大，但是从物质组成来看，都是由生命物质（即原生质，protoplasm）所组成的。分析各种生物体的化学成份，发现它们都含有碳、氢、氧、氮、磷、硫、氯、钙、钠、钾、镁、铁等元素，其中以碳、氢、氧、氮四种元素含量为最大。此外，还有少数微量元素如铜、锌、碘、钴、铈、钼等。组成生命物质的这些元素，在非生命物质中同样普遍存在，这说明生物界与非生物界是统一的。然而，生命又是地球上简单物质运动发展到一定阶段所产生的极为复杂的物质运动。这主要是因为，组成生命物质的各种化学元素在生物体内都是以各种化合物的形式存在着，即无机化合物(inorganic compound)和有机化合物(organic compound)两大类。无机化合物包括水和无机盐(inorganic salt)。有机化合物中主要有碳水化合物(carbohydrate)、脂类化合物(lipid compound)、蛋白质(protein)、酶(enzyme)、核酸(nucleic acid)、维生素(vitamin)、激素(hormon)等。有机化合物是生命物质的基本成份。其中，最大量和最重要的是蛋白质、酶、核酸、糖蛋白等分子大、量巨大而又恒定的化合物，常称之为生物大分子(biological macro-molecular)。

生物大分子在生物体内，究竟起些什么作用呢？概括地说，蛋白质组成了生物体的基本结构；酶催化了生物体内的所有代谢反应；核酸决定了生物体的遗传、变异、生长和发育。此外，蛋白质、核酸彼此之间，以及和糖类、脂类等化合物还共同组成了各种复合物，如核蛋白、糖蛋白、脂蛋白、糖脂等。这些复合物又充分表现出生物体种种的复杂功能和多变的生命现象。这正是生物界与非生物界的根本区别点。因此，生物大分子是生命物质组成和生命活动的首要基础。

然而，这并不是说，除了生物大分子以外，生命物质中的其它无机小分子和有机小分子、有机大分子等物质都没有什么作用，它们既然存在于生物体内，当然是各有各的功用。事实也是如此，生命物质中的无机小分子、有机小分子、有机大分子，以及生物大分子等物质，都是按照特定的结合方式，组成了特殊的结构，形成了一个极为完整的、极其复杂的生命物质体系，即生物体（又称有机体，简称机体，organism）。这种生命物质体系最基本的单位就是细胞。已经知道，各种生物体的细胞结构和功能，主要是由蛋白质、酶、核酸所决定。无疑，这就是我们强调生物大分子重要性的依据。

近三十年来，人们运用现代化学和物理学所提供的各种新技术和新方法，对这些生物大分子的结构和功能进行了深入的研究，于是，在生物学的领域内，“生物化学”和“生物物理学”相互渗透而形成了一门崭新的边缘学科——分子生物学(molecular biology)。生物化学本来就是研究生命物质进行化学反应的学科，生物物理学也是研究生命过程所牵涉到的物理现象的学科。现在，综合这二门学科对生物大分子的研究，极大地推动了分子生物学向前发展。一方面进一步理解了非生命物质和生命物质之间既相统一又相区别的关系；另一方面又证实或肯定了生命物质在生物体生长、发育、遗传、变异、进化等过程的作用机理，从而初



步揭开了生命的奥秘。

本章主要介绍几种生物大分子——蛋白质、酶、核酸和糖蛋白的基本结构和主要功能。至于组成生命物质的各种化学成份——无机化合物（如水和无机盐）、有机化合物（如糖类、脂类、维生素、激素）的结构组成、理化性质，以及种类、特点等内容，考虑到中学生物学已经基本讲过或在有机化学和生物化学等课程中将有专门阐述，本讲义不再重复。本章只是从生命科学的角度出发，对上述几种生物大分子的结构及其在生物体内的功能，以及生物大分子与其它生命物质的相互关系等方面略予叙述。

## 第一节 蛋 白 质

### 一、蛋白质的分布

蛋白质是构成人体、动物、植物、微生物等一切生物体的主要成分；是生命活动所依赖的主要物质基础；是种类最多、功能最复杂的一种生物大分子。

蛋白质在生物界中分布很不一致。植物组织的蛋白质含量较少，动物组织较多。人体蛋白质的含量占总固体量的45%，肌肉与内脏的含量较多，骨骼、牙齿及脂肪组织内含量较少（见表2.1）。

表2.1 不同生物组织中蛋白质的含量

材料名称	蛋白质含量(%)	材料名称	蛋白质含量(%)
肌肉	18~23	卵黄	15.0
肝脏	18~19	卵白	12.0
脾脏	17~18	牛乳	3.0
肾脏	16~17	植物种子	10~15
肺脏	14~15	叶	1.2~3
心脏	16~18	根	0.5~3
脑	7~9	茎	1.5~3
血浆	6.5~7.5	果实	—

在人体和动物体内的一些蛋白质，如骨、毛发、指甲多以凝胶状态存在，使组织器官具有一定的形状、弹性和其它特性；某些蛋白质如血液、淋巴液却以溶胶状态存在于各种体液中；其它蛋白质如肌肉和内脏等，则以凝胶和溶胶的混合体存在。

### 二、蛋白质的作用

蛋白质在生命活动中起着许多极为重要的作用。

首先，蛋白质是构成生物体各种器官、组织、细胞的主要成份。以生命活动的基本单位——细胞为例，细胞内的各种细胞器，如细胞膜、细胞核、线粒体等，都是由较小的亚基所构成的，这些亚基绝大多数是蛋白质。这些亚基是以一定的分子结构方式搭配起来，从而决定了它们总的形态，并执行其特定的功能。不过，这并不是说一种作为结构单位的蛋白质，只能专一性地作为“建筑”的原材料，它同样也能兼具有其它的功能。例如，某些作为细胞膜结构亚基的蛋白质分子，同时也兼具有酶的作用，或是兼具有运载某些蛋白质的作用。