

外借

XI BAO  
YU  
FENZI  
SHENGWUXUE  
JI CHU

主编 陈仁彪

# 细胞与分子生物学基础

上海科学技术出版社

# 细胞与分子生物学基础

主 编 陈仁彪

副主编 费虹明 吕学诜 王培林 孙惠兰

上海科学技术出版社

**细胞与分子生物学基础**

主编 陈仁彪

上海科学技术出版社出版·发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销 苏州市望电印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 417,000

1997 年 7 月第 1 版 2002 年 9 月第 5 次印刷

印数 19 501—23 000

ISBN 7-5323-4455-X/R·1180

定价: 22.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向本社出版科联系调换

谨以此书

表达我们对

童致棱教授(1909~1977年)

的深切怀念

## 编 者

(按姓氏笔划排列)

王修海(青岛大学医学院)

王培林(青岛大学医学院)

孙岳平(上海第二医科大学)

孙惠兰(皖南医学院)

李少英(佳木斯医学院)

任兆瑞(上海医学遗传研究所)

吕学诜(佳木斯医学院)

陈子安(上海第二医科大学)

陈仁彪(上海第二医科大学)

沈金城(上海第二医科大学)

林 炜(福建医学院)

罗佳滨(佳木斯医学院)

费虹明(上海第二医科大学)

徐毓其(皖南医学院)

蒋龙富(福建医学院)

蒋伟宏(上海第二医科大学)

## 序

由陈仁彪教授主编,上海第二医科大学、佳木斯医学院、青岛大学医学院、皖南医学院和福建医学院 5 所学校生物学教研室老师们与上海医学遗传研究所任兆瑞教授合作编写的《细胞与分子生物学基础》即将由上海科学技术出版社出版了。仁彪邀我作序,在宽慰之余不免浮想联翩:在世纪之交的今日,面向快步向我们走来的生物学世纪,我们自然要想到,生命科学的迅猛发展将会使 21 世纪的医学给我们子孙后代带来怎样的幸福人生呢?

在二次大战以来的半个世纪中,随着数学、物理、化学的研究进入生命科学领域以及工程技术科学的迅速发展,生命科学中不断出现新思想、新理论、新技术和新设备,使生命科学在宏观与微观两个方面都达到了前所未有的广度和深度。从宏观上来说,人类作为地球生物圈的一个组成部分,天人合一的事实使人们认识到保护地球这个人类家园的绝对必要性。从微观上来说,生命科学已经全面进入分子水平,正在从核酸和蛋白质分子的结构与功能来阐明生命现象的本质与机理,医学也相应地开始进入分子医学的发展阶段。随着急性传染性疾病在全球范围内逐渐得到控制,人类的疾病谱已向肿瘤、高血压、心脑血管疾病、自身免疫性疾病及单基因遗传病等慢性非传染性疾病转移,这些慢性非传染性疾病都存在不同程度的遗传机理。单基因遗传病由单一位点基因突变所致,肿瘤、高血压、心脑血管疾病与自身免疫性疾病等均存在多基因复杂机理。在我国,针对急性传染性疾病的第一次卫生革命尚未完成,针对慢性非传染性疾病的第二次卫生革命已经到来。21 世纪的医学需要攻克的就是这些慢性非传染性疾病。

从生物学的角度来考虑,这些慢性非传染性疾病的攻克需要生物医学科学进一步揭示这些疾病的机理,还需要正确理解和处理一系列与人类健康有关的问题。如必须正确理解和处理人类与环境的关系。人口激增是环境污染的根本原因,计划生育、控制人口是全人类的必由之路,解决污染的根本办法是减少污染直至消灭污染,使人类的家园不再有致癌、致畸、致变因素。又如必须正确理解和处理防病与治病的关系,环境因素的致癌、致畸、致变是三致物质外因与机体变异性这个内因相互作用的产物,毫无疑问,内因是根据,外因是条件,随着环境污染问题的逐步解决和饮食的合理化,我们可以期望未来的医学将会大大降低慢性非传染性疾病的发病率,但遗憾的是我们不能消灭它们,这正是因为我们不能期望去消灭生命现象的变异性。变异性的存在意味着生物体的遗传物质客观存在一定的不稳定性。因此生物界才有变异、选择、适应和进化。遗传物质的不稳定性,在不同物种之间,在同一物种不同个体之间,显然存在着差异。肿瘤与衰老都与我们的染色体的不稳定性随着年龄的增长而递增有关。人们已经开始在大自然中寻找遗传物质的稳定剂,有了遗传物质的稳定剂,我们细胞癌变的机会将会减少,我们衰老的过程将会推迟,人类有望真正达到健康长寿的理想境界。毫无疑问,这将是 21 世纪的医学给我们子孙后代带来的幸福人生。由此也可以理解到,人类健康长寿理想境界的到来必将是通过预防而不会是通过治疗。

陈仁彪教授主编的《细胞与分子生物学基础》为医学院校生物学课程提供了一本细胞与分子水平的普通生物学教材,为医学生打开了通向 21 世纪高技术医学的大门,这无疑进一

步推动了医学院校生物学课程的改革和发展。这本构思新颖的教材必将为我国高等医学教育的发展作出新的贡献。

**谈家桢**

复旦大学遗传学研究所

1996年10月1日

中华人民共和国成立 47 周年纪念

## 前 言

生命科学有两大应用领域,那就是农学和医学。农学不断提高农业产品的数量和质量,是人类生命活动所需能量的源泉。医学则防病治病、延年益寿,为人类健康长寿之所系。农学教育和医学教育是高等教育的两大支柱,是人生在世幸福美满的根本保证。农学和医学既为生命科学的应用领域,农学家或医学家无疑必须具有广博精深的生物学基础知识,才能在农业生产和临床实践中充分发挥其聪明才智,有所发现,有所创造。学习生物学是学习农学和医学的起点。

我国高等医学教育属于大学本科教育,分为前期与后期两个阶段。前期阶段学习自然科学基础课和医学基础课,后期阶段学习临床医学课。生物学课程在医学教育中处于非常特殊的地位,它既是自然科学基础课,又是医学科学的导论课,由此引导学生进入医学科学的殿堂。

在经典的现代医学教育体系中,医学本科一年级生物学课程的性质是一门普通生物学(general biology),它系统讲授生命现象的基本特征,包括细胞学说、新陈代谢、应激性、生殖、生长与发育、衰老与死亡、遗传性、变异性、适应性、比较解剖、生物进化等等。由于在二次大战以来的半个世纪中,生命科学的飞速发展对医学产生了深刻的影响,与此相适应,我们高等医学教育中的生物学课程也经历了改革与发展,大体上可以分为三个阶段。从中华人民共和国成立前后到60年代中期为第一阶段,那时候医学本科一年级生物学课程保持普通生物学性质。国际上40年代出现的电子显微镜技术和电泳技术使生物学研究得以深入到亚显微水平和分子水平,促使50年代细胞学研究突飞猛进,分子生物学研究进入成年阶段。50年代,我们生物学教师们社会主义精神鼓舞下勤奋工作,努力学习,力争跟上国际细胞学发展的潮流。遗憾的是,由于种种原因,我们的科学研究和业务学习多遭冷落。60年代初期,我国高等教育逐渐从50年代后期的“大跃进”中恢复元气,在当时新兴的细胞遗传学等领域,发表了紧跟国际科研潮流的论文。想不到60年代中期,一场“文化大革命”的浪潮席卷全国,生物学课程被诬蔑为“浪费青春”,全国高等教育处于瘫痪状态超过了10年。1978年秋季我国高等教育恢复招生,从那时起到90年代中期为我国高等医学教育中生物学课程改革和发展的第二阶段。10年断唱,如同隔世。当时我们生物学教师面临的国际形势是细胞生物学的鸿篇巨幅和遗传工程克隆人体基因首战告捷,50年代形成独立医学学科的医学遗传学已经进入快速发展阶段。面对这样的发展形势,多数医学院校的生物学课程开始以细胞生物学为主要内容,在暂无计划开设医学遗传学课程的院校,生物学课程一般兼及医学遗传学基础,在同时发展医学遗传学课程的院校,生物学课程兼及分子遗传学基础以及生态学、人口学等其他生物学内容。在恢复高考以来的这十几年中,由于国际上医学遗传学的发展咄咄逼人,越来越多医学院校的生物学教研室开设了医学遗传学课程,有的医学院校还组建了独立的医学遗传学教研室,专门负责医学遗传学的教学与科研任务,这就使生物学课程不再有兼及医学遗传学基础的必要性和可行性。同时,就在70年代后期以来的这十几年中,生命科学在分子生物学尤其是分子遗传学领域取得了一系列突破性的进展,1990年标志着国际上生



命科学中的登月计划启动,那就是美国的人类基因组规划(human genome project,HGP)计划在 15 年内测定人类基因组 30 亿碱基对全部序列。在此之前,在 80 年代后期国际上就有实验室开始建立人类某些细胞株的蛋白质数据库。随着人类基因组研究接近最终目标,这个人类蛋白质组研究已经开始吸引更多分子生物学家的严重关注。由此展望 21 世纪上半叶的生命科学,人类基因组全序列的测定和蛋白质组所有蛋白质的检出,将有可能进一步揭示在细胞分裂、生长、分化、衰老、死亡过程中基因表达的调控机制以及相应地细胞蛋白质组质和量的变化,医学将全面进入分子水平,人类将有可能更深入地揭示癌肿和衰老的机制,从而找到有效地避免癌肿发生和延缓衰老的途径,进一步延长人类的期望寿命,使人人享有健康与长寿。当前世纪之交的医学生正是 21 世纪上半叶的医疗骨干力量,他们应该以高超的分子医学为人民群众提供医疗保健服务。我们应该怎样培养他们成为 21 世纪的医学专家呢?为使我们的医学教育逐步适应分子生物学与分子医学的发展趋势,我们认为医学教育的学科建设和课程改革应该从生物学课程抓起,这就使我们生物学课程的改革和发展进入了从现在开始的第三阶段,医学院校的生物学课程应该以细胞生物学基础和分子生物学基础为主要内容,为医学生打好细胞水平和分子水平的普通生物学理论基础,以便他们在此基础上去构筑他们的基础医学和临床医学的大厦。

我们把医学院校一年级的这样一门医用普通生物学课程称为细胞与分子生物学基础课程,在这共同认识的基础上,上海第二医科大学、佳木斯医学院、青岛大学医学院、皖南医学院和福建医学院 5 校生物学教研室的同志们合作编写了这本《细胞与分子生物学基础》,希望能通过教学实践进一步推动我国医学院校生物学课程的改革和发展,并逐步使之成为适合于培养 21 世纪医学专家的入门教材。本书共分 15 章,总体编排是在细胞生物学基础之上进一步阐释细胞基因组与蛋白质组的结构和功能,引导学生掌握基因工程及其医学应用的基本原理,为医学生铺就一条通向分子医学的通道。随着越来越多的医学院校独立开设医学遗传学课程,本书将会适合越来越多医学院校生物学课程改革和发展的需要。我们竭诚欢迎使用本书的师生们为本书提供宝贵意见,促使其在教学改革中进一步向前发展。

陈仁彪 费虹明 吕学诤 王培林

1996 年 10 月 1 日

中华人民共和国成立 47 周年纪念

# 目 录

<b>第一章 生物学与医学</b> .....	1
<b>第一节 生命是地球上物质运动发展的高级形式</b> .....	1
一、生物体具有高度复杂的组织结构 .....	1
二、生物体必须不断与外界环境进行物质交换 .....	2
三、生物体能对外界环境的变化产生应答 .....	2
四、生物体能将外界摄取的物质改造成为自身的成分 .....	3
五、任何生物体都不免一死 .....	3
六、生物体的性状在传代过程中既是稳定的又是可变的 .....	3
七、生物体在遗传性和变异性的矛盾中向前发展 .....	3
<b>第二节 生物学的分支学科及其发展趋势</b> .....	3
一、按生物类群来划分的学科 .....	4
二、按生命现象来划分的学科 .....	4
三、生物学的发展趋势 .....	4
四、细胞生物学与分子生物学在生物学中的地位 .....	6
<b>第三节 生命的起源与细胞的物质基础</b> .....	8
一、生命的起源与进化的飞跃 .....	8
二、细胞的物质基础 .....	10
<b>第四节 细胞的形态与基本结构</b> .....	11
一、细胞的大小和形态 .....	11
二、细胞的基本结构概述 .....	12
<b>第五节 细胞生物学和分子生物学发展简史</b> .....	15
一、细胞的发现和细胞学说的创立(1665~1875年) .....	15
二、经典细胞学发展时期(1875~1898年) .....	17
三、实验细胞学发展时期(1900~1943年) .....	17
四、分子生物学发展时期(1944年~ ) .....	18
<b>第二章 生物大分子</b> .....	20
<b>第一节 蛋白质——生命现象的载体</b> .....	20
一、蛋白质的化学组成 .....	20
二、蛋白质的分子结构 .....	22
三、蛋白质的类型及其在生命活动中的作用 .....	23
<b>第二节 核酸——遗传信息的载体</b> .....	24
一、核酸的化学组成和种类 .....	24
二、DNA的结构与功能 .....	26
三、RNA的种类、结构与功能 .....	27
<b>第三章 细胞膜及其表面结构</b> .....	30
<b>第一节 细胞膜的化学组成和结构模型</b> .....	30

一、细胞膜的化学组成 .....	30
二、细胞膜的特性 .....	33
三、细胞膜的结构模型 .....	36
<b>第二节 细胞膜与细胞内外物质转运</b> .....	<b>38</b>
一、被动运输 .....	39
二、主动运输 .....	42
三、膜泡运输 .....	44
<b>第三节 膜抗原和膜受体</b> .....	<b>48</b>
一、膜抗原的种类和功能 .....	48
二、膜受体的种类及功能 .....	51
<b>第四节 细胞外被和细胞表面的特化结构</b> .....	<b>55</b>
一、细胞外被 .....	55
二、细胞表面的特化结构 .....	55
三、多细胞生物细胞间的连接 .....	57
<b>第四章 细胞核</b> .....	<b>61</b>
<b>第一节 细胞核的化学组成与结构</b> .....	<b>61</b>
一、细胞核的化学组成 .....	61
二、细胞核的显微结构与亚显微结构 .....	62
<b>第二节 细胞核的功能</b> .....	<b>74</b>
一、核 DNA 的贮存、复制和传递 .....	74
二、核 DNA 的转录 .....	76
<b>第三节 核 DNA 突变导致遗传病</b> .....	<b>76</b>
一、染色体畸变与染色体病 .....	76
二、核基因突变与核基因遗传病 .....	77
<b>第五章 核糖体</b> .....	<b>80</b>
<b>第一节 核糖体的一般特征</b> .....	<b>80</b>
一、核糖体的种类与数量 .....	80
二、核糖体的形态大小 .....	80
三、核糖体的化学组成 .....	80
四、核糖体的聚合与解聚 .....	81
<b>第二节 核糖体的结构</b> .....	<b>82</b>
一、rRNA 的结构 .....	82
二、蛋白质在核糖体结构中的地位 .....	83
三、核糖体的重要活性部位 .....	84
<b>第三节 核糖体的功能</b> .....	<b>85</b>
一、rRNA 的功能 .....	85
二、核糖体蛋白质的功能 .....	86
<b>第六章 细胞内膜系统</b> .....	<b>87</b>
<b>第一节 内质网</b> .....	<b>87</b>
一、内质网的形态结构与类型 .....	87
二、内质网的功能 .....	88

第二节 高尔基体 .....	94
一、高尔基体的形态结构 .....	95
二、高尔基体的化学组成 .....	97
三、高尔基体的功能 .....	97
第三节 溶酶体 .....	101
一、溶酶体的结构 .....	101
二、溶酶体的酶 .....	101
三、溶酶体的类型 .....	101
四、溶酶体的功能 .....	102
五、溶酶体与人类疾病 .....	104
第四节 过氧化物酶体 .....	104
<b>第七章 线粒体</b> .....	<b>107</b>
第一节 线粒体的超微结构 .....	107
一、外膜 .....	107
二、内膜与内部空间 .....	108
三、基质腔 .....	108
第二节 线粒体的化学组成 .....	108
一、化学组成 .....	108
二、酶的分布特点 .....	109
第三节 线粒体是物质氧化与能量转换的场所 .....	110
一、电子传递与氧化磷酸化的结构基础 .....	110
二、物质氧化与能量转换的机制 .....	111
三、化学渗透假说 .....	113
第四节 线粒体的遗传与半自主性 .....	113
一、线粒体 DNA .....	113
二、核 DNA 编码的线粒体蛋白质的运输 .....	115
第五节 线粒体与人类疾病和衰老 .....	117
<b>第八章 细胞骨架系统</b> .....	<b>120</b>
第一节 微管 .....	120
一、微管的形态结构 .....	120
二、微管分子组成 .....	121
三、微管的装配 .....	122
四、微管组成的细胞器 .....	123
五、微管的主要功能 .....	124
第二节 微丝 .....	125
一、微丝的分子组成 .....	125
二、微丝的装配 .....	127
三、微丝的主要功能 .....	128
第三节 中间丝 .....	129
一、形态与分类 .....	129
二、中间丝的分子结构 .....	129

三、中间丝的装配 .....	130
四、中间丝的功能 .....	131
第四节 微梁 .....	131
第五节 细胞骨架的组织结构和功能协作关系 .....	132
一、细胞骨架组织结构的关系 .....	132
二、细胞骨架对跨膜信号的传递 .....	132
三、微管可能是细胞骨架的总组织者 .....	132
<b>第九章 细胞增殖周期和生殖细胞的发生与受精 .....</b>	<b>134</b>
第一节 细胞增殖周期 .....	134
一、细胞增殖周期的动态变化及各期主要特征 .....	135
二、细胞增殖周期的调节机制 .....	140
三、细胞增殖周期与医学 .....	143
第二节 生殖细胞的发生 .....	146
一、精子发生和卵子发生 .....	146
二、生殖细胞发生过程中的减数分裂 .....	149
第三节 受精 .....	154
一、受精的条件和过程 .....	154
二、受精的生物学意义 .....	156
<b>第十章 细胞的分化、衰老与死亡 .....</b>	<b>158</b>
第一节 细胞的分化 .....	158
一、细胞分化的概念和基本特点 .....	158
二、细胞分化与基因表达的时空调节 .....	159
三、细胞去分化与永生细胞株和肿瘤发生 .....	162
第二节 细胞的衰老 .....	164
一、细胞衰老的现象 .....	164
二、细胞衰老的标志 .....	164
三、细胞衰老的机制 .....	165
第三节 细胞的死亡 .....	166
一、细胞死亡的标志 .....	166
二、细胞死亡的机制 .....	167
<b>第十一章 细胞基因组的结构 .....</b>	<b>171</b>
第一节 基因组的概念 .....	171
一、基因概念的发展 .....	171
二、基因组的编码顺序与非编码顺序 .....	172
第二节 基因结构 .....	172
一、原核生物的基因结构 .....	172
二、真核生物的基因结构 .....	173
第三节 遗传密码 .....	182
一、遗传密码的破译 .....	182
二、核基因遗传密码的一般特征 .....	183
三、线粒体基因遗传密码的独特性 .....	185

第四节 基因突变 .....	185
一、基因突变的性质 .....	185
二、基因突变的类型 .....	186
三、突变的分子机制 .....	187
四、突变的效应 .....	189
第五节 基因组的多态性 .....	190
一、多态性的概念 .....	190
二、基因组多态性的类型 .....	190
三、基因组多态性的标志 .....	193
<b>第十二章 细胞基因组的复制与表达 .....</b>	<b>196</b>
第一节 核酸的复制 .....	196
一、DNA 的复制 .....	196
二、RNA 的复制 .....	200
第二节 基因的转录 .....	204
一、原核生物的转录 .....	205
二、真核生物与原核生物转录的比较 .....	208
三、转录产物及其加工 .....	209
第三节 基因的翻译 .....	214
一、翻译 .....	214
二、翻译后的加工 .....	217
三、信息流及其中心法则 .....	218
第四节 基因表达的调控 .....	219
一、原核细胞基因的调节蛋白与操纵子 .....	220
二、真核细胞的基因调控区与转录因子 .....	222
<b>第十三章 细胞蛋白质组 .....</b>	<b>226</b>
第一节 蛋白质组研究的重要意义 .....	226
第二节 细胞蛋白质组研究的途径 .....	227
一、蛋白质研究的基本技术 .....	227
二、细胞蛋白质组研究的基本途径 .....	232
<b>第十四章 细胞的整体性 .....</b>	<b>235</b>
第一节 结构上的整体性 .....	235
一、生物膜具有统一的单位膜构型 .....	235
二、膜相结构的相互联系和膜的转移 .....	235
三、非膜相结构的相互联系 .....	236
第二节 功能上的整体性 .....	236
一、膜相结构在功能上的统一性 .....	236
二、细胞核和细胞质的相互依存 .....	237
三、代谢环节的相互依存 .....	238
<b>第十五章 基因工程原理及其医学应用 .....</b>	<b>240</b>
第一节 重组 DNA 技术 .....	240
一、目的基因的取得 .....	240

---

二、载体的选择 .....	242
三、目的基因与载体的连接 .....	244
四、基因转移 .....	245
五、基因文库 .....	246
六、带有目的基因的细胞的筛选 .....	248
七、染色体步移 .....	248
第二节 DNA 试管内扩增技术 .....	249
一、PCR 扩增 DNA 的原理 .....	250
二、多重 PCR .....	251
第三节 DNA 核苷酸测序原理 .....	252
第四节 基因工程的医学应用 .....	254
一、基因诊断 .....	254
二、基因治疗 .....	261
三、转基因动物 .....	264
四、生产基因工程产品 .....	265

# 第一章 生物学与医学

## 第一节 生命是地球上物质运动发展的高级形式

自然界的物体可分为两大类,生物(living things)与非生物(non-living things),两者的区别在于生物表现出生命现象(life phenomena),而非生物则无生命现象。唯物主义哲学告诉我们,自然界是运动着的物质,物质运动的形式是发展的,由低级到高级表现为机械运动、物理运动、化学运动、生物运动和社会运动。从太阳系的星云形成地球,大约是 60 亿年以前的事,地球上出现生命现象,则是大约在 30 亿年之前,生物体或称有机体(organism)无疑是由非活体物质发展而来的。大家都知道花草树木、虫鱼鸟兽,包括我们人类自己,都是生物界的成员,而飞沙走石则为死物,那么生物体究竟有哪些生命现象呢?

### 一、生物体具有高度复杂的组织结构

有些石头含有多种成分,他们的结构看起来似乎相当复杂,然而与任何生物相比,他们的结构就显得毫不复杂了。如果我们从人身上的任何一个部分取下一小块材料,比如说给病人做活体检查,把材料切成薄片,放在显微镜下观察,你就会发现,它们都是由许许多多小单位组成的,这些小单位叫做细胞(cell)。给病人验血时做一张血涂片,在显微镜下就可以看到很多血细胞。一个成年人约有  $18 \times 10^6$  亿个细胞,但是人体并非各种各样细胞的杂乱堆积,而是由细胞逐级组成更高层次的严密结构,首先是具有相同结构和功能的细胞集合成为执行特殊功能的组织(tissue),然后由各种不同的组织构成执行特殊功能的器官(organ),若干器官协同活动以执行人体某一方面的功能,构成器官系统(organ system)(表 1-1)。各个器官系统的协同活动,呈现出人体种种生命现象,人体是各个器官系统相互联系、相互制约的一个有机整体。

表 1-1 人体的细胞、组织、器官和器官系统

结构水平	结 构 类 型						
细胞	上皮细胞	肌肉细胞	红细胞	白细胞	骨细胞	肝细胞	神经细胞……
组织	上皮组织	肌肉组织	神经组织	结缔组织			
器官	消化器官(胃、肠、肝、胰等)		呼吸器官(喉、气管、肺)			循环器官(血管、心脏等)	
	排泄器官(肾脏、膀胱等)		生殖器官(睾丸、卵巢等)			神经器官(脊髓、脑髓等)	
	感觉器官(眼、耳、鼻等)		内分泌器官(脑垂体、甲状腺等)				
器官系统	外皮系统	骨骼系统	肌肉系统	消化系统	呼吸系统	循环系统	排泄系统
	生殖系统	神经系统	感觉系统	内分泌系统			

自从 40 年代生产出电子显微镜以来,生物学家们又进一步揭示,细胞具有高度复杂的亚细胞结构(subcellular structure),或称亚微结构(submicroscopic structure),如细胞内的各种细胞器(organelles)。细胞器之间在结构上和功能上相互联系和相互制约,使细胞呈现出和谐的生命现象。现代的化学分析和物理技术又把生物学研究推进到分子和原子水平,揭



示了生物体的超微结构(ultrastructure),如蛋白质和核酸的分子结构。因此,即使是单细胞生物,它们组织结构的复杂性也远非没有生命的石头所可比拟的。在人和高等动物,则是分子、细胞器、细胞、组织、器官、器官系统到个体,在不同层次上严密地组织起来的高度复杂的结构体系。

## 二、生物体必须不断与外界环境进行物质交换

矿烛在燃烧时消耗了周围环境中的氧而将二氧化碳排入环境中,矿烛一旦与外界环境发生了这种物质交换,就意味着它自身的不再存在。与外界环境进行物质交换这在非生物是一种否定自身存在的过程,在生物体恰恰是它存在的首要条件。尽人皆知,人要吃饭、喝水,要排便、排尿,还要呼吸,粪便和尿液中有很多成分是原先食物中所没有的,我们呼出来的气体,其成分也和吸进去的不同,其中氧少了,二氧化碳多了,这是由于食物在我们体内经历了广泛的转化作用。其他一切生物也都和人一样,必须不断地与外界环境进行物质交换,摄取外界物质,把它们改造成为自身的成分,这叫做合成代谢(anabolism)或称同化作用(assimilation);同时,生物自身的成分被不断地转化、分解,从中获得能量(energy),又把最终分解产物排放到环境中去,这叫做分解代谢(catabolism)或称异化作用(dissimilation)。生物体是一个通过合成代谢和分解代谢不断地与外界环境进行物质交换、不断地进行自我更新的动态系统。任何一个人,今日与昨日相比,他的一部分成分已经更新了。放射性核素实验证明,即使是坚硬的骨骼和牙齿,也处于缓慢的更新之中。和外界环境之间的这种物质交换一旦停止,人的生命也就告终。

合成代谢将小分子合成为大分子,这是一个贮存能量的过程。分解代谢将大分子分解为小分子,这是一个释放能量的过程。代谢过程中的物质交换构成生命的物质代谢(substance metabolism),伴随着物质代谢的能量转换构成生物的能量代谢(energy metabolism)。新陈代谢是生物区别于非生物的最基本的特征。

## 三、生物体能对外界环境的变化产生应答

任何生物都能对外界环境的某些变化产生适当的应答(response)。外界环境的变化构成对生物的刺激(stimulus),生物对刺激产生应答的特性叫做应激性(irritability)或应答性(responsiveness)。周围环境中光、热、声和化学成分的变化以及机械接触都可构成对生物的刺激,生物能对这些刺激作出应答,首先是它们具有探测刺激的手段,人和高等动物的皮肤、眼、耳和鼻就是有效的刺激探测器,即使单细胞生物也能感知环境的变化而作出适当的应答。人和高等动物的应答是由效应器(effector)来实行的,肌肉和腺体是最重要的效应器,神经系统和激素(内分泌)协调效应器的反应。我们叫狗来吃东西,它的肌肉必须协调运作,它的消化腺必须开始分泌。

生物体通过改变它们与环境之间的关系,来对环境的变化作出应答,如狗在听到叫唤,跑向食盆时,它和食盆之间的距离缩短了。这些应答经常按一定的模式出现,构成了狗的行为(behavior),这是积极的,不是消极的。一块崩落的石头滚下山去,这不是行为,它只是在引力作用下消极地滚了下去,而饥饿的狗却是在积极地改变着它和环境之间的关系。