

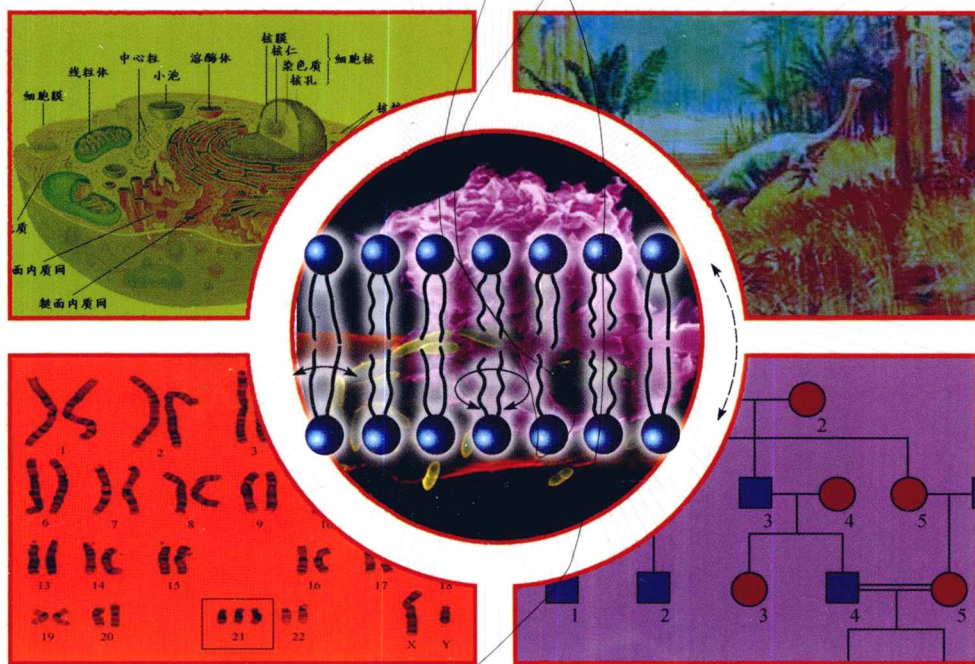


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

医学生物学

(第七版)

主编 杨抚华



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

医 学 生 物 学

Medical Biology

(第七版)

主编 杨抚华

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书围绕生命科学中最基本、最重要的和医学密切相关的几个问题进行编写,即生命的基础、生命的延续、生命的进化、生命和环境以及生命科学和现代生物技术五个方面的内容,共 11 章。这些内容除继承了前六版的主要内容外,还根据近年来生命科学的发展进行了更新和修改。

本书可供医学各专业及生物学相关专业的本科生、研究生使用,也可作为教师、科研人员及临床医师、药师等的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

医学生物学/杨抚华主编. —7 版. —北京:科学出版社,2011
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-03-029673-3

I. ①医… II. ①杨… III. ①医学:生物学-高等学校-教材
IV. ①R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 008532 号

责任编辑:王国栋 孙 青 / 责任校对:李 影
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市京津彩印有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 1 月第 七 版 开本:880×1230 1/16

2011 年 1 月第一次印刷 印张:17 1/2

印数:1—17 000 字数:580 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《医学生物学》(第七版)

编写委员会

主 编 杨抚华

副主编 胡火珍 陈汉彬 梁素华 税青林

编 者(按篇章顺序排序)

杨抚华	漆一鸣	温小军	梁素华	李 虹
杨春蕾	陈 澄	陈誉华	郭风劲	蒲淑萍
税青林	刘 岚	田 强	胡火珍	陈汉彬
李德俊	李学英	张春林	许 勇	潘克俭
胡以平	訾晓渊			

第七版前言



此次修订除了对文字进行必需的改正外,将所有插图改为彩色,显然这对全面提高本书质量是必需的。另外,在此次修订的同时,还对教辅资料《医学生物学学习指导》及教学课件也进行了修订,更好地供教师的“教”与学生的“学”参考。

在修订过程中,得到各编者单位的大力支持。审定稿时,得到贵州铜仁学院王大忠院长及该院生化系领导和同志们热情关心和大力协助。科学出版社对此次修订给以极大的关注,对此次修订应注意的问题提出了宝贵意见。对以上各单位及同志对此次修订所付出的劳动表示诚挚的感谢。

此次修订特别得到了本校胡火珍教授的全面关心和帮助。还有在修订的全过程中,本校杨春蕾教授和陶大昌老师在一些具体工作上花了不少时间和精力,本书的完成也凝聚了这三位同志的心血,在此,向他们表示衷心的感谢。

本书虽已进行过多次修订,但还是赶不上生命科学的迅猛发展,各位编者根据生命科学的发展及教学实践,做了极大的努力进行修订,但由于受知识水平的限制,本书仍不可避免地存在这样那样的缺点和不足,我们热忱欢迎来自老师和同学们的批评意见,使本书再版时日臻完善,更好地适应医学教育迅猛发展的需要。

杨抚华

2010年9月于四川大学华西医学中心



第七版前言

绪论	1
第一节 生命科学及其历史概述	1
第二节 生命科学的分科及其研究方法	2
第三节 生命科学中的一些基本概念	3
第四节 医学生物学与医学科学	5
小结	6
复习思考题	6

第一篇 生命的基础

第一章 生命的分子基础	9
第一节 蛋白质	9
第二节 核酸	13
小结	19
复习思考题	19
第二章 生命的细胞基础	20
第一节 细胞的基本概念	20
第二节 细胞膜及其表面	23
第三节 细胞质	34
第四节 细胞核	48
第五节 细胞内蛋白质的生物合成	54
第六节 细胞的分裂繁殖	59
第七节 细胞分化及衰老死亡	69
第八节 细胞是生命的基本结构单位和功能单位	75
第九节 多细胞有机体细胞间的分化和统一	76
小结	76
复习思考题	77

第二篇 生命的延续

第三章 动物的繁殖和个体发育	81
第一节 生物繁殖的基本类型	81
第二节 生殖细胞的发生与受精	81
第三节 胚胎发育过程	85

第四节 发育的机制	88
第五节 胚后发育	95
小结	98
复习思考题	98
第四章 生命的遗传和变异	99
第一节 遗传的基本规律	99
第二节 遗传病的概念及其分类	102
第三节 单基因遗传	103
第四节 多基因遗传	110
第五节 人类的染色体	115
第六节 线粒体遗传	129
第七节 群体中的基因	132
第八节 基因突变	137
第九节 基因的结构和功能	140
第十节 人类基因组计划	149
小结	152
复习思考题	153
推荐网站	153

第三篇 生命的进化

第五章 生命类型的演化	157
第一节 生物分类的基本知识	157
第二节 生物进化的历程	160
第三节 生物进化的机制	170
小结	172
复习思考题	173
第六章 脊椎动物机体结构和机能的演化	174
第一节 体被系统	174
第二节 骨骼系统	175
第三节 肌肉系统	178
第四节 消化系统	178
第五节 呼吸系统	179
第六节 循环系统	179
第七节 排泄系统	182

第八节 生殖系统	184
第九节 神经系统	184
小结	188
复习思考题	188

第四篇 生命和环境

第七章 生物与环境	191
第一节 环境分析	191
第二节 种群和环境	193
第三节 群落与环境	194
小结	199
复习思考题	199
第八章 人类和环境	200
第一节 自然资源的快速衰减	200
第二节 环境污染	204
第三节 人口的快速增长	207
第四节 食物资源危机	208
第五节 能源危机	209
小结	210
复习思考题	210

第五篇 生命科学和现代生物技术

第九章 现代生物技术概述	213
第一节 基因工程技术	213
第二节 细胞工程	216

第三节 遗传修饰动物模型	218
小结	221
复习思考题	221

第十章 现代生物技术与人类健康

第一节 基因诊断	222
第二节 单克隆抗体的制备与修饰	226
第三节 基因工程药物的制备	227
第四节 疫苗的制备	229
第五节 基因治疗	230
小结	232
复习思考题	232

第十一章 现代生物技术与环境

第一节 污染物的清除	233
第二节 环境监测	234
小结	236
复习思考题	236

医学生物学的发展 特点和趋势

复习思考题	241
-------------	-----

主要参考文献	242
推荐读物	245
常用汉英名词对照	247
常用英汉名词对照	259



第一节 生命科学及其历史概述

生物学(biology)是研究有机自然界的各种生命现象及其规律,并运用这些规律去能动地改造有机自然界,为人类的需要服务的一门科学。简而言之,生物学就是研究生命的科学,研究生命本质的科学。

在自然界中,从肉眼看不见的**病毒(virus)**到庞大的**鲸(whale)**,都表现出各种生命现象,而不同于岩石、山川和河流。因此,生活着的生物是有生命的,它们不同于非生命的物质。

生命是物质运动的一种特殊形式。虽然化学、物理学等自然科学也是研究物质运动的,但是,生物学所研究的是物质运动的高级形式,它包括了物理运动、化学运动等。因此,物理学、化学的发展就必然推动着生命科学的发展。而从生命科学的发展历史来看,没有物理学、化学等自然科学的成就,生命科学也不可能取得重大的进展。

一、19世纪以前生命科学的发展概况

随着近代自然科学的兴起,在生命科学的早期研究中,出现了**实验生物学(experimental biology)**的萌芽。1628年,英国生物学家 Harvey 发现了血液循环;1665年,英国物理学家 Hooke 应用显微镜观察到细胞;英国化学家 Priestley 和荷兰医生 Housz I 等研究了植物与阳光、空气和水分的关系,对植物的营养过程(光合作用)作了科学的概括。所有这些研究工作和新的发现对于后来的实验生物学的发展都起到了良好的推动作用。

19世纪以前,对生命科学的研究,基本上处于对生物外形及内部结构的观察、描述和解剖、分析的阶段。18世纪,瑞典博物学家 Linnaeus 综合前人的工作,建立了科学分类的方法,揭示了动植物的亲缘关系,从而结束了分类学中的混乱状态,为科学进化论的确立提供了大量的宝贵资料。

综上所述,到18世纪末,生命科学的发展大体上是由对生命现象的描述发展到以实验观察为依据,对生命现象进行分析和推理,从而逐步建立起比较严密的生命科学体系。

二、19世纪生命科学的蓬勃发展

19世纪对各种生命现象的研究,已经从观察、描述深入到分析、综合,而做出理论概括的阶段。这一时期,

Schleiden 和 Schwann 建立了**细胞学说(cell theory)**, Darwin 提出了进化理论,将生命科学提高到一个新的发展阶段。Mendel 提出了遗传的基本定律。19世纪中叶提出的这些理论,在生命科学发展历史上,取得了前所未有的突破性成就。

细胞学说的创立,阐明了细胞是一切生物的基本单位。这样就将动物和植物统一在一个基础上,为生命科学进一步的发展奠定了牢固的基础。

进化论(evolutionism; evolution theory)的提出,使进化的观点成为生命科学的指导思想,证明了整个有机自然界,都是在漫长的历史发展过程中进化而来的,极其有力地打击了形而上学的自然观。

1900年,孟德尔的**分离定律(law of segregation)**及**自由组合律(law of independent assortment)**被重新发现,引起了科学界的强烈反响,被认为是奠定了现代遗传学的基础。

三、20世纪生命科学的崭新面貌

在过去相当长的一段时间里,生命科学的进展是极其缓慢的,远远不能与化学、物理学等自然科学相比,这主要是由于生命科学研究对象的复杂性,而实验手段又跟不上生命科学的发展需要。

近代生命科学研究中,化学、物理学等自然科学的理论和技術,越来越多地渗透和运用到生命科学中来。1897年,德国化学家 Buchner 深入研究了发酵现象,认为发酵的原因是催化作用所致,并提出酶起着关键作用,从而促进了酶学的发展,也使生理学分化出生物化学这门独立学科,并且在此基础上孕育和产生了分子生物学。

在现代物理学的影响下,从生理学、生物化学等学科中萌发出一门新的学科——生物物理学。1944年,奥地利物理学家 Schrodinger 在《生命是什么》一书中,试图将量子力学、热力学和生命科学的研究结合起来,认为细胞的染色体纤丝是非周期性晶体等。Schrodinger 的这些新见解,对于说明有机体的物质结构、生命现象的表现以及遗传和变异等,有重要的参考价值;同时,对于促进物理学家与生物学家合作,加强这两门自然科学间的相互渗透,也起到良好的作用。

大量事实证明,生命科学的深入研究,必然会遇到与

数学有关的问题,这就使数学的概念、理论和方法被引入生命科学的研究中。由数学与生物学相互渗透,彼此结合而产生生物数学这样的边缘学科。数理统计、概率论、控制论和计算技术等数学分支,应用于生命科学的研究,有力地促进了生命科学的发展,但由于生命现象所特有的复杂性,使得用于生命科学研究的数学理论也就必然有其特殊性。

现代生命科学研究的领域十分广阔,也涉及不同层次,从个体层次、细胞层次深入到分子,甚至电子层次;同时也突破了定性描述的阶段,从定量来加以考察,进入到精密科学的行列。

1953年,Watson和Crick在*Nature*上发表了“核酸的分子结构”一文,阐明了DNA的双螺旋结构,是生命科学发展中新的里程碑。1958年,Crick又提出了信息流传递的中心法则。1961年Jacob和Monod提出了乳糖操纵子学说(*operon theory*)探讨基因调控原理。同年,Nirenberg和Matthaei通过研究RNA,确定了每种氨基酸的密码。1965年,中国科学院生物化学研究所和北京大学的科研人员在世界上首次合成了具有生物活性的,由两个亚基51个氨基酸残基构成的牛胰岛素,标志着在人类探索生命的奥秘中迈出了重要的一步。1979年6月,美国哈佛大学一研究组,将小鼠胰岛素基因引入大肠杆菌,得到表达并合成胰岛素。1981年,Gordon和Ruddle将外源DNA整合的动物称为**转基因动物(transgenic animal)**。同年Brinster和Palmiter在转基因实验中,将构建好的基因注射到正常的小鼠受精卵中,第一次实验就得到了6只带外源基因的、比原来的小鼠大一倍左右的巨鼠,这展示了基因注射的潜力。1981年年底,中国科学院上海生物化学研究所、上海细胞生物学研究所和北京大学等单位,经过13年坚韧不拔的努力,首次人工合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。这是我国继在世界上首次合成牛胰岛素之后,再次取得的在世界上占领先地位的重大成果。

此外,20世纪60~80年代,联合国先后三次组织世界各国科学家开展了大规模的“国际生物学规划”、“人与生物圈”和“国际地圈与生物圈规划”,大大推动了各国对生态环境的研究和保护。

1986年,美国诺贝尔奖获得者Dulbecco首先提出了对人类基因组进行全长测序的主张,即**人类基因组计划(human genome project, HGP)**。HGP被誉为20世纪科学史上三个里程碑之一(其余两个为“曼哈顿的原子弹计

划”和“阿波罗人类登月计划”)。1990年美国批准该计划,计划用15年时间,耗资30亿美元,测定人类基因组30亿个碱基对的序列,进而破译其中全部基因的遗传信息。后来,英国、日本、法国、德国、中国五国的科学家正式加入该计划。1999年,由美国、英国、日本三国科学家组成的小组率先测出人体最小的染色体——第22号染色体的全部核苷酸序列,破译了该染色体上所有的遗传信息。2000年2月,人体第21号染色体的遗传密码也全部被破译。2000年6月,人类基因组框架已经测序完成。2001年2月,美国Celera公司在*Science*及国际人类基因组组织在*Nature*上分别发表了人类基因组测序的数据,人类基因的数目由原来估计的10万缩小到3万~4万。该计划的顺利实现,将使人类在分子层次上更加全面认识自我,对深入研究人类本身乃至推动整个生命科学的发展具有极其重要的意义。

1997年2月,英国罗斯林研究所的Wilmut博士在*Nature*上,宣布从乳腺细胞的细胞核成功地克隆出一只命名为Dolly的绵羊。生命科学领域的这一重大突破再次震撼了人类社会。一年半后,克隆牛、克隆鼠相继问世,甚至对克隆鼠的再克隆也获得成功。1999年,猴子的克隆也顺利诞生。这一系列成就标志着人类无性繁殖哺乳动物的技术已臻成熟。同年底,科学家发现,只需300个左右的基因即可构成一个最简单的生命。这意味着在可以预见的将来,人类也许可以在实验室中设计并创造出人造生命体。深入探究生命本质问题,按照人类的意愿有计划地改造生物已经成为这个时期生命科学研究的显著特征。

由于生命科学的研究涉及不同的层次和较多的领域,其复杂程度是可想而知的,因此,很多问题有待进一步探索解决。在深入探索生命奥秘的过程中,将可能出现自然科学重大突破。一些著名的科学家认为,生命科学将跨入蓬勃发展的鼎盛时期,如英国物理学家、电子的发现者Thomson曾说,假如他再度选择他的科学生涯的话,他将选择生物学;美国物理学家Millikan在20世纪30年代就指出,我所期待在未来世纪中有重大变化的科学,是生物学而不是物理学;前苏联物理学家Tamm也曾预言,生物学将代替物理学成为自然科学中的主角。这些著名科学家的预言,不是偶然的,反映了现代自然科学发展的一种主要趋势。难怪国际上普遍认为,21世纪将是生物科学的世纪,生物学则将成为自然科学的带头学科。

第二节 生命科学的分科及其研究方法

一、生命科学的分科

生命科学研究的对象复杂,内容广泛,因此,在生命科学的发展史中,不断出现一些新的分支学科。

根据生命科学的具体对象和类群的不同,可分

为:植物学(botany)、动物学(zoology)、微生物学(microbiology)及人类学(anthropology)等。

若从生命特点的各方面来划分,又可分为形态学(morphology):研究生命系统结构的科学;分类学(taxonomy):研究生物的种类及其亲缘关系,阐明生物界自然

系统的科学;胚胎学(embryology):研究生物的生长发育的科学;生态学(ecology):研究生命系统与环境系统之间相互关系的科学;古生物学(paleontology):研究保存在地层中的各种古代生物遗体或遗迹的科学;遗传学(genetics):研究生物遗传变异的科学;生理学(physiology):研究生生命机能的科学;生物化学(biochemistry):研究生物体的化学组成和生命活动的化学机制的科学;生物物理学(biophysics):运用物理学的理论和方法研究生命体系的科学;生物数学(biomathematics):用于生命科学中的数学理论和方法的一门科学等。

根据对生物体不同结构层次的研究,可分为量子生物学(quantum biology):从电子层次研究生命现象的科学;分子生物学(molecular biology):从分子层次研究生命现象的物质基础的科学;细胞生物学(cell biology):运用物理、化学和分子生物学的理论与方法,研究细胞生命活动的科学;器官生物学(organography biology):按照器官系统研究生物体的结构和功能的科学;个体生物学(individual biology):在个体层次上研究生命现象与活动规律的科学;群体生物学(population biology):研究生命现象在生物群体内发生变化规律的科学;生态系统生物学(ecosystem biology):综合研究在自然界一定空间范围内,各种生物与非生物环境彼此之间关系的科学……

二、生命科学的研究方法

科学的基础在于观察,人们对自然界的认识,必须在严密观察的基础上,将感性材料积累起来,经过分析综合,做出正确的解释。任何科学结论,都必须是经过若干次的观察和实验,在相同的条件下,经过多次重复而得出的。例如,各种生物细胞核内染色体数目都是一定的:人是46条,果蝇是8条,鸡是18条等。

就方法学而言,生命科学的研究中一般有描述(description)、比较(comparison)和实验(experimentation)等方法。描述是对某些生命现象的外部特征和生物的外部形态结构特点进行记录。例如,分类学家对某一标本特征的记述;遗传学家对某次杂交结果的记录;生物化学家对某次实验结果的记载等。所以,描述是属于感性认识的范畴。我们知道,生命是极其复杂的,但随着科学的发展,观察各种生命现象的手段在不断更新,实验装备日臻完善,很多过去不明确、不了解的生命现象,逐渐被阐明。因此,对于生命科学来说,描述这一基本方法,无论过去、现在和将来,任何分科的研究都是需要的。

比较是对事物进行科学分析的最基本的方法,只有通过客观的比较,才能找出生命现象的内在联系。例如,达尔文通过实际的观察和研究,比较了很多生物的形态

结构、胚胎发育和地理分布等,才总结提出进化学说。

实验的方法是从感性认识开始,经过实验第一阶段的认识才得以完成,并可检验认识是否正确。例如,用针刺代替授精,以观察蛙卵的发育。目前正在开展的模拟酶(analogue enzyme)、遗传工程(genetic engineering)等,则是既可以检验认识的程度,又可以获得新的感性知识的实验。

以上提到的三种方法,是彼此相互联系、相辅相成的。过去有人认为,生命科学中的一些分科是单纯的描述,有的又认为是单纯的比较或实验,显然这些看法都是不全面的。可以肯定地说,任何分科都要应用描述、比较和实验的方法。

数学、物理学和化学深入渗透到生命科学中,已经使生命科学从定性的科学发展到更为精密的定量的科学。例如,分类学是一门比较古老而成熟的学科,目前,它不仅仅使用传统的研究方法,更已经从生物大分子物质(蛋白质、核酸等)的结构来进行分类学的研究。同时,还出现了数值分类学(numerical taxonomy),用群体的(统计的)概念代替模式概念等,并输入电子计算机进行处理。这一事实说明,就是最古老的学科也渗透入了数学、物理学和化学的新知识和新技术。

当前生命科学中一些新兴学科,如量子生物学、分子生物学、细胞生物学和生态系统工程等,其某些细节都是服从于数学、物理学和化学的基本规律的,但是在效应上或最后表现出的运动形式上,远远不是数学、物理学和化学的理论或知识所能解释的,而其运动规律与非生命自然界有着本质的不同,生命自然界所表现的是更高级、更复杂的运动形式。

我们还必须认识生命现象的表现有不同的层次,即分子的、亚细胞的、细胞的、个体的、种群的、群落的以及生态系统的等。不同层次的生命现象,又都是由一些局部过程组成,从而形成一个统一的整体。例如,蛋白质的生物合成,是细胞生命活动的局部过程,单凭这一过程是不能了解细胞是如何生长和发育的,还必须了解细胞运动、细胞的能量转换、细胞的消化、细胞的运输以及细胞周期等。要想知道这些局部过程是怎样有机地联系在一起的,就要运用系统论的方法,它除了逻辑推理以外,常采用信息论、控制论以及数理统计方法等。

系统论在生命科学方面的应用,还处于刚刚起步的阶段,但在某些方面的研究,已经展现出光明的前景。例如,操纵子学说不仅在一定程度上阐明了诱导酶形成的某些遗传机制,还给胚胎发育中细胞的决定与分化、遗传变异与环境之间的关系等,给生命科学中长期没有解决的问题以极大的启示。

第三节 生命科学中的一些基本概念

生命科学也如其他自然科学一样,在漫长的历史发展过程中,经过无数生物学工作者对有机自然界的研究,

积累了大量的科学资料,经分析综合,归纳为一些基本概念、原则和规律。这些就是我们研究生命科学的基础,了

解这些,对于学好医学生物学是极其重要的,同时也为掌握医学科学奠定必不可少的生命科学知识的基础。

一、生物大分子是生命的物质基础

生命是物质的。而生命的物质基础就是蛋白质、核酸等大分子,一切生命活动的表现,都是这些物质运动的反映。因此,它必然受到物理学和化学的一些法则的制约,也遵循它们的一般规律。我们要深入掌握生命科学的一般规律,就必须具备这些自然科学的基本理论和基本知识。

当然,不可否认有机自然界的复杂现象,绝不同于非生命自然界,虽然它的这种特殊运动形式是建立在物理学、化学这些较为简单的运动形式的基础之上,但它是更为高级和复杂的运动形式。因此,对它的认识绝不能用非生命自然界的一般规律来解释有机自然界的复杂现象。

二、新陈代谢是生命的基本特征

组成生命的各种物质无时无刻不在与其周围环境进行着物质交换,同时也伴随着能量的转换,使生命不断得以自我更新,这是生命所特有的运动形式,即**新陈代谢(metabolism)**。

生命物质的新陈代谢,包括相互联系的两个方面,即**同化作用(assimilation)**和**异化作用(disassimilation)**。前者又称为**合成代谢(anabolism)**,后者又称为**分解代谢(catabolism)**。在物质代谢(substance metabolism)的过程中,必然伴随有**能量代谢(energy metabolism)**。有机体正是在这种物质和能量的转换传递过程中,实现其化学组成的自我更新。

新陈代谢的整个过程,都是在酶的参与下进行的。它不仅催化有机体内所有的化学变化,而且还决定着有机体内一切化学过程的进行方向。

三、细胞是有机体的基本结构单位和功能单位

在千姿百态的有机自然界中,分布着成千上万种生物。从宏观上看,很难找到这些鸟兽虫鱼和花草树木的结构上有什么共同之处。但是,借助于光学显微镜,我们就可以观察到这些形态各异的动物和植物,其基本结构是相同的,即它们都是由**细胞(cell)**构成的。

如前所述,细胞学说的建立具有划时代的意义。其主要内容有两个方面,即细胞既是动植物有机体结构的基本单位,又是生命活动的基本单位,因而各种生物的基本构造和生命过程具有共同性。另外,细胞有其发生发展过程,因此各种生物的发育规律也具有共同性。

细胞学说的创立,无可辩驳地说明了有机自然界的统一性,明确了光怪陆离、复杂多样的有机自然界是有共同的结构和功能基础的。

四、有机体的生长和发育

任何有机体在新陈代谢过程中,都表现出其质量和

体积的增加,这就是**生长(growth)**。例如,新生儿其细胞数目仅约有 2×10^{12} 个,但到成年时细胞数可达 6×10^{13} 个左右。有机体在生长过程中,同化作用将大于异化作用,因为只有这样才能提供一定的物质以满足生长时身体发育的需要,这是任何生物都具有的一种基本生命现象。

任何有机体在其生活过程中,其细胞要逐渐分化,形成不同的结构,执行不同的生理机能,这一系列结构上和功能上的转化过程,称为**发育(development)**。例如,高等动物的发育从受精卵开始,以后逐渐分化,由同质的细胞分化出异质的细胞,再分别组成不同的组织和器官,最后形成一个完整的个体,并经过幼年、成年和老年等各个不同的阶段性变化,进入衰老和死亡,这就是有机体的**个体发育(ontogenesis)**。早在19世纪中叶,德国胚胎学家Haeckel总结了前人的工作,指出“个体发育就是系统发育的短暂而迅速的重演”,这就是有名的**重演律(law of recapitulation)**。根据研究,个体发育重演系统发育(phylogensis)历史现象,在有机自然界是很普遍的。

五、有机体的生殖

任何生物都具有繁衍与其自身相似后代个体的能力,这就是**生殖(reproduction)**,它是生物维持其种族生存所必需的,也是生物最重要的属性之一。理论上,有机体的任何部分,只要其中含有建立一个完整有机体所必需的全部遗传信息,就可以作为生殖单位,就可能形成新的个体。生物在生殖过程中,就是由生殖单位来形成后代个体的。生命科学中的许多重要问题,都涉及生物产生自己拷贝的能力。

高等生物的**体细胞(somatic cell)**都比较特化,但是它们都含有整套遗传信息,只是在一般情况下缺少使这些遗传信息按发育顺序表现出来的条件。因此,只要适当地加以处理,这类从表面上看来似乎失去了发育为完整有机体能力的身体部分,往往可以重新获得形成完整有机体的能力。

生殖的方式有两种:**无性生殖(asexual reproduction)**和**有性生殖(sexual reproduction)**。无性生殖的生殖单位一般为**营养细胞(vegetation cell)**或**营养组织(vegetation tissue)**。在无性生殖中,由于没有遗传信息的重组发生,子代继承下来的遗传信息与亲代基本上是相同的,因此,有利于亲代优良特性的保存。同时,无性生殖不经过复杂的胚胎发育阶段,生长发育的时间短,有利于快速繁衍后代。由同一祖先经无性生殖繁衍成的、在遗传上基本相同的后裔个体群,一般称为**无性繁殖系或克隆(clone)**。有性生殖的特点是两个亲体的生殖细胞结合成一个细胞,然后由它发育成个体,也就是要经过有性过程。在有机体有性生殖过程中,细胞内的染色体有单倍体阶段与二倍体阶段的交替。有性生殖导致后代在遗传信息上的重组,可以使物种在结构上和功能上逐步完善和进化。

以上提到的生长和发育以及生殖,都具有调节控制的机制。这些机制包括外界环境和激素等对于胚胎和成体的影响,组织与组织、细胞与细胞以及细胞核与细胞核之间相互作用等各个方面。

六、生物的遗传和变异

生物通过生殖繁衍后代,延续种族,保证了生命在世代间的延续,这种“种瓜得瓜,种豆得豆”的现象,称为**遗传(heredity)**。但是,生物所产生的后代,并不与祖先完全一样,而是有所变化的,这是由于亲代遗传物质的重新组合、环境变化的影响或者遗传物质本身的突变产生的。因此,有机自然界从来没有出现过两个完全一样的个体,这种同种生物世代之间或同代不同个体之间性状差异的现象,称为**变异(variation)**。

遗传变异的规律是生命科学中的一个基本规律,因而在探讨生长、发育、分类、进化,甚至生理或生态时,都会涉及遗传变异的某些原理,也都借助遗传变异的一些理论去阐明有关的问题。

七、有机体和环境的统一

自然进化史表明,生物是自然环境的产物,也是环境的一部分;生物一方面适应环境,另一方面又改造环境,从而构成了**环境(environment)**。生物只有和环境结合在一起,才有生命。有机自然界尽管形形色色、多种多样,但每种生物都在一定的环境条件下生活,每种生物的个体或群体都和它们周围的环境紧密联系着,与环境构成一个统一整体。如果我们破坏这个统一,就将给人类带来难以估量的严重后果,并贻害子孙后代。

生物对其周围环境条件的变化(时间的、空间的)会做出适当的反应,同时,它又会以本身的生命活动,对周围环境产生直接或间接的影响。

20世纪60年代以来,世界上五大社会问题(人口、自

然资源及其保护、环境保护、粮食和能源)的核心就是人类一切活动与生态系统间平衡关系的问题。所以,环境问题不仅仅是一个纯粹的学术问题,更是摆在人类面前需要认真对待的一个关系当前和今后人类生存的重大问题。

八、生命的进化

众所周知,宇宙是经过漫长岁月的演化而形成的。而地球上的生命,也是历史长期发展的产物。但是,生命的进化远比宇宙的演化复杂。生命的进化可分为两个阶段,即化学进化和有机进化。化学进化是指在原始地球的物理化学条件下,由无机物转化成复杂的有机物,再积聚而成生物大分子的过程;当这些生物大分子物质形成一个系统,并获得了复制和传递遗传信息的属性时,就出现了原始生命。有机进化是指从最简单的生命形态,经过由**原核生物(prokaryotes)**到**真核生物(eukaryotes)**、直到发展为人类的过程,同时人类也还在不断地进化。

概括而言,生命进化的历程,经过了以下发展阶段:从无机物到有机物——生命的起源;从非细胞到细胞——细胞的起源;从异养型生物到自养型生物和从厌氧型生物到需氧型生物——光合作用的出现;从原核细胞到真核细胞;从无性生殖到有性生殖;从单细胞生物到多细胞生物;从水生生物到陆生生物;从猿到人——人类的起源和发展。

总之,生命是进化发展的,并通过复杂化和多样化两条途径进行。复杂化是机体水平的提高,是从简单到复杂、从低级到高级的复化进化过程,其关键是水平问题。而多样化则是种类数量的增加,是由少到多的分化进化过程,其关键是方向问题。在生命进化的历程中,分化与复化两者纵横交错,螺旋式上升,形成生命进化过程中总的发展趋势。因此,生命的进化可归纳为三个基本步骤:从无到有的起源;从少到多的分化发展;从低级到高级的复化发展。

第四节 医学生物学与医学科学

医学生物学是一门综合性很强的科学,它建筑在生命科学的主要成就之上,又是基础医学和临床医学各学科的主要基础,也是整个医学科学的主要基础。本书在介绍一般生命现象和规律的同时,特别注意联系与医学有关的生物学问题,因此,称之为**医学生物学(medical biology)**,有别于**普通生物学(general biology)**。追溯人类的起源,不难看出人是从动物界发展而来,因而人的一些基本生命活动规律与动物界是相似的,有的甚至是一致的。由于人类已经从动物界进化到一个新的阶段,并且远远高于动物界,所以也有其独有的一些特殊规律。但是,人终究是从动物界进化而来的,因此,只有在理解动物界的一般生命现象和规律的基础上,才可能正确认识人特殊的生命现象和规律。例如,想了解人体器官系统如何进化而来,就必须追溯到脊椎动物,甚至无脊椎动物器官系统的结构,说明应

从动物进化的历史来了解人体器官系统的由来。

医学生物学的基本理论和基本知识,都渗透到基础医学和临床医学的各学科中。例如,了解生物膜的结构和功能,对于掌握膜抗原、膜受体等是必需的,甚至对于认识癌变机制也是有价值的;了解细胞增殖周期的理论和知识,对于解决临床医学面临的一些问题,特别是对于肿瘤的防治有极其重要的实践意义;通过对于人体细胞染色体的检查,不仅可以进行人类染色体病的准确诊断,而且可用于产前诊断,作为计划生育、优生的一种可靠检查技术。同样,人类的遗传也是服从于生物界遗传的普遍规律,分子生物学的成就,阐明了某些疾病的分子机制,为某些分子病的防治提供了可能。

当前,人类正面临着环境污染、自然资源破坏、粮食匮乏、能源枯竭以及人口爆炸五大社会问题的挑战。人

类将解决这些问题的希望都寄托在生命科学的成就上。这些重大社会问题涉及生命科学的众多分支学科,而且与医学科学也密不可分,其中最主要的,如生态学的深入研究,将对这五大社会问题的解决发挥不可估量的作用。对医学生物学的基本理论和基本知识的了解和掌握,为这些与医学紧密联系的重大问题的探索 and 解决提供了必备的基础和前提。

动物的大量细胞在一定发育时期出现的正常死亡,称为**编程性细胞死亡(programmed cell death, PCD)**,也称为**凋亡(apoptosis)**,它与医学的关系极为密切。据研究,细胞编程性死亡是引起一些疾病的病因。在对肿瘤的研究中,人们越来越发现,肿瘤的发生不仅与肿瘤细胞的生长速度有关,而且与肿瘤细胞的死亡速度也有关。编程性细胞死亡的规律失常,是肿瘤发生与发展的一个重要因素。哺乳动物中,癌基因和抑癌基因也可能参与细胞编程性死亡的调控。c-myc 原癌基因的过度表达,可以导致细胞的编程性死亡;而 bcl-2 原癌基因的过量表达,却可以阻止 c-myc 诱导的细胞死亡。抑癌基因 p53 在诱发细胞编程性死亡中起重要作用。

在临床实践中,许多用于预防和治疗的有效药物都来源于动物或植物;一些流行病、传染病的病原也是一些生物;某些动植物还会引起人类中毒等。学好医学生物学,了解生命的发展规律,对于直接解决医疗实践中的问题将发挥应有的作用。

现代基础医药学和临床医药学的实验研究都需要用试验动物进行试验,作为间接了解人类与医药学一些原则的方法,然后再应用于人体,因而对这些实验动物形态结构、生理功能的了解是极为必要的。

我国传统中医药学的研究,也引入现代生命科学的一些基本理论和基本知识。对中药的认识,必须具备植

物学的有关知识。而对中医理论的认识,国内外不少学者试图从分子层次来探求中西医理论的基本点,如研究中医药对环磷酸腺苷(cAMP)作用的影响即为一突出的例证。1973年,国外学者 Goldberg 提出:生物控制的**阴阳学说(the Yinyang hypothesis)**认为,cAMP 与 cGMP 是人体内两种对立的调节系统,可能是中医阴阳理论的物质基础,提出 cAMP 为阴,cGMP 为阳(用放射免疫法测出)。对 cAMP 和 cGMP 的研究,不仅对生命现象本质的阐明有着重要意义,而且为探索中医阴阳理论的物质基础提供了线索。阴阳学说表明:cAMP 和 cGMP 相互拮抗,相互制约,共同调节着细胞的正常生理功能,两者必须维持一定的比例。若比例发生改变(偏高或偏低),就会引起机体功能失调而导致疾病。当前,世界范围内正在兴起新的技术革命,其中一个很重要的领域就是**生物工程(biotechnology)**。目前已可将**基因(gene)**用于大规模生产胰岛素、生长激素、干扰素等过去人工难以合成的生物制剂,从而推动了医药科学的蓬勃发展。激素、神经递质受体以及神经生物学的研究,将使我们了解细胞是如何以各种信号协调动作并接受控制的。生态科学的研究成果,将对解决资源枯竭、环境污染和人口爆炸等重要问题,起到良好的推动作用。以上研究成果必将推动医药事业的发展,并发挥越来越大的作用,而这一切仍必须以医学生物学的基本理论和基本知识为基础。因此,作为医科学生为什么要学习医学生物学不言而喻。

还需要特别提出的是,生命科学作为辩证唯物主义的一个重要的自然科学基础,在培养学生的正确观点,树立辩证唯物主义的世界观方面,也将产生积极的作用。这正是医学生物学的一项主要任务,也是应该达到的主要目的之一。只有建立正确的观点,才能对人体有正确的认识,才能达到专业培养目标的要求。

小 结

生物学是研究生命的科学,医学生物学则是研究与医学有关的生物学问题的科学。

生命科学的发展历史,经历了从现象到本质、从定性到定量的发展过程。这一过程也充分说明,物理学、化学和数学等自然科学的发展,推动着生命科学的发展,现代自然科学发展的主要趋势是生命科学将成为整个自然科学的带头学科。

生命科学研究的对象复杂,内容广泛,不断出现一些新兴学科。即使是那些古老的学科,也渗透了新的理论、技术和方法。

不论过去、现在和未来,描述、比较和实验的方法,都是生命科学研究中最基本的方法。生命科学中的一些基本概念,是现代生物学的基础。因此,学习医学必须了解这些基本概念。这也是正确认识人体必须具备的生命科学的基本理论和基本知识,生命科学的新发现往往推动着医学科学的发展,而医学的成就又进一步丰富了生命

科学的理论和知识,说明两者的关系是极为密切的。作为医科学生,必须掌握医学生物学的基本理论和基本知识。

(四川大学 杨抚华)

复习思考题

1. 什么是医学生物学?
2. 如何理解现代生物学已经从定性发展成为量化的精密科学?
3. 生命科学的成就与其他自然科学的发展有何关系?
4. 生命科学中可以归纳哪些基本概念?
5. 作为医科学生为什么必须掌握医学生物学的基本理论和基本知识?

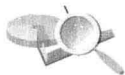
第一篇 生命的基础

长期以来,什么是生命,生命的本质是什么,生命究竟是否可知,生命是否具有物质性等一系列问题,都是生物学家和其他自然科学家,甚至社会科学家关注的问题。并且,他们也在极力探求正确的答案,但始终未能得到正确的解决。

在历史发展的长河中,经过无数科学家长时期、多方面、多层次、多学科地探索,进行了一系列卓有成效的工作,积累了极为丰富的科学资料,并根据现代自然科学的成就,终于认识到生命是物质的。极其复杂的生命物质,经过组装,形成生命的基本结构单位和功能单位——细胞。所有的生命现象,正是在此基础上产生的。因此,要了解生命及其本质,认识各种复杂的生命现象,就必须了解其物质基础。

第一章

生命的分子基础



生命是物质运动的高级形式。地球上的生物种类繁多,形态多样,但是从物质组成来看,都是由生命物质,即原生质(protoplasm)组成。分析各种原生质的化学元素,可分为两类,常量元素和微量元素。常量元素占99.99%,有碳、氢、氧、氮、硫、磷、氯、钙、钠、钾、镁、铁等,其中碳、氢、氧、氮含量最多。微量元素仅占0.01%,有铜、锌、碘、钴、锰、溴、氟、锂、钼等,虽然含量极微少,但都是生命活动所必需的,缺乏就会引起代谢紊乱或疾病,如人体缺碘,就会患甲状腺肿大。

总之,从生命物质中分析得到的各种元素,在非生物界中都能找到,没有一种元素是生物所独有的,这说明生物界和非生物界在物质组成上是统一的。

组成原生质的各种元素在生物体内都以化合物的形

式存在,包括无机化合物和有机化合物两大类。无机化合物包括水和无机盐。有机化合物包括糖类、脂类、蛋白质、酶、核酸和维生素等。其中蛋白质、酶和核酸相对分子质量巨大,结构复杂,功能多样,包含信息,称为生物大分子(biological macromolecule)。概括说来,蛋白质是构成生物体基本结构的主要物质之一,酶是生物体内一切代谢反应的催化剂,核酸决定生物的遗传、变异并储存遗传信息。它们是生命物质组成和生命活动的重要分子基础。

然而,并不是说除了生物大分子以外,原生质中的其他物质都没有作用。生命物质中的各种无机分子、有机分子和生物大分子等物质,按照特定的结合方式,形成一个极其复杂、有序而又协调一致的生命物质体系,即生物体,简称机体(organism)。

第一节 蛋白质

蛋白质(protein)普遍存在于生物界,从微生物、植物、动物到人类,都含有蛋白质,它是生物体内含量最多的有机成分,人体干重的45%是蛋白质。一般生物越高等,机体结构和功能越复杂,所含蛋白质种类就越多,如大肠埃希氏菌约含有3000种蛋白质,人体约含有10万种蛋白质。

蛋白质是生命的重要物质基础,在生命活动中起着极为重要的作用。蛋白质不仅是细胞、组织、器官的重要结构成分,而且生物体内复杂、繁多的生理功能几乎都是在蛋白质参与下进行的。例如,酶蛋白的催化功能;蛋白质、多肽激素的调节功能;胶原蛋白的保护和支持功能;血红蛋白的运输功能;肌动蛋白和肌球蛋白的收缩功能;免疫蛋白的防御功能;受体、膜蛋白的信息传递功能,以及基因的表达、调控和人类的高级神经活动等,都与蛋白质密切相关,所以蛋白质分子,又被称为生物体的“工作分子”(working molecule)。

一、蛋白质的组成

各种蛋白质水解后,都产生氨基酸(amino acid)。因此,氨基酸是组成蛋白质的基本单位。一般来说,蛋白质是一种相对分子质量巨大的高分子聚合物,氨基酸就是组成它的单体(monomer)。组成氨基酸的元素为C、H、O、N和少量的S。组成蛋白质的有20种 α -氨基酸。这些 α -氨基酸在结构上具有共同的特点,就是在

每一种 α -氨基酸的 α 碳原子上都含有四个部分:一个氨基($-\text{NH}_2$),一个羧基($-\text{COOH}$),一个氢原子($-\text{H}$)和一个R基团(图1-1)。不同的氨基酸,仅仅是R基团不同,例如:R基团为 $-\text{CH}_2\text{OH}$,是丝氨酸;R基团为 $-\text{CH}_2\text{SH}$,是半胱氨酸。不同的氨基酸具有不同的R基团,因其形状、大小、所带电荷以及形成氢键能力等的不同,决定不同的氨基酸具有不同的性质。



图 1-1 氨基酸通式

氨基酸分子中,由于含有酸性的羧基和碱性的氨基,所以是典型的两性化合物。当氨基酸溶于水时,氨基和羧基可同时电离,如果溶液呈酸性,氨基酸带正电;如果溶液呈碱性,氨基酸带负电。换句话说,氨基酸对于酸是碱性物质,对于碱是酸性物质。

二、蛋白质的分子结构

(一) 肽键

组成一个蛋白质分子的氨基酸数目很多,少者数十个,多者达数十万个,这些数目众多的单体,都是通过

肽键(peptide bond)依次缩合而成多肽链的。肽键是一种酰胺键,是由一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基之间脱水缩合形成的(图 1-2)。由两个氨基酸分子形成的化合物,称为**二肽(dipeptide)**;三个氨基酸分子形成化合物,称为**三肽(tripeptide)**;10个以下氨基酸分子形成的化合物,称为**寡肽(oligopeptide)**。一般将相对分子

质量低于 6000,组成的氨基酸分子数目少于 50~100 个的,称为**多肽(polypeptide)**,而比多肽大者,称为蛋白质。但这并非绝对的标准,多肽和蛋白质的区别,不仅由相对分子质量和氨基酸数目决定,还要看分子空间结构是否稳定。多肽一般不具有稳定的空间结构,蛋白质则具有特定且相对稳定的空间结构。

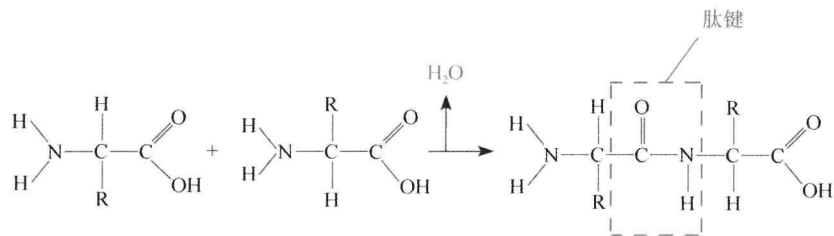


图 1-2 肽键的形成

在多肽链中,由 α 碳原子和肽键构成的长链,称为主链,是蛋白质的骨架,而由主链伸出的各氨基酸残基的 R 基团,则称为侧链。任何一个蛋白质分子,都包含着一条或一条以上的主链和许多侧链。不同的蛋白质侧链的数目不同,少的有几十个,多的可达数十万个,侧链常起重要的作用,即能够表现出该蛋白质的特异性。

组成蛋白质的氨基酸虽然只有 20 种,但不是每种蛋白质分子中都含有全部 20 种氨基酸,如胶原蛋白中就缺乏色氨酸、胰岛素中只含有 18 种氨基酸。由于 20 种氨基酸在构成蛋白质分子时,可以按各种顺序排列组合,因而可以形成亿万种不同结构的蛋白质。据估计,生物界蛋白质的种类可达 $10^{10} \sim 10^{12}$,这也是生物界复杂多样的物质基础。

(二) 蛋白质分子的基本结构和空间结构

1969 年,国际纯化学与应用化学联合委员会正式规定将蛋白质的分子结构分成四级,其中一级结构是蛋白质的基本结构,而二级、三级、四级结构是蛋白质分子的空间结构。

1. 蛋白质的一级结构(primary structure)

在以肽键为主键,二硫键为副键的多肽链中,氨基酸的排列顺序,即为蛋白质分子的一级结构,是蛋白质分子的线性平面结构,如图 1-3 所示,是 1953 年 Sanger 等首先在世界上测定出一级结构的蛋白质——胰岛素,由各含 21 个和 30 个氨基酸残基的 A、B 两条多肽链组成,并包含两个链间二硫键和一个链内二硫键。迄今为止,已有几千种蛋白质的一级结构被测定。

不同的蛋白质具有不同的一级结构,决定着不同蛋白质各自特定的空间结构和功能。分子生物学的研究成果已经证明,不同蛋白质的一级结构,都是由 DNA 分子中相应基因的碱基排列顺序决定的。因此,一级结构是蛋白质的基本结构,是蛋白质最重要的特征。一般来说,

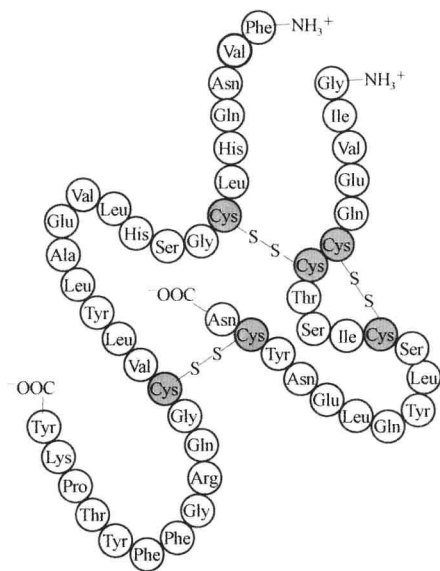


图 1-3 人胰岛素分子的一级结构(引自杨抚华,2007)

一级结构中关键部位氨基酸残基的改变,可以导致蛋白质的空间结构改变,形成结构异常的蛋白质,使其不能执行正常的生理功能。例如,血红蛋白由两条 α 链和两条 β 链组成,如果 α 链或 β 链上的某个氨基酸被改变,就会引起血红蛋白分子病。

2. 蛋白质的二级结构(secondary structure)

是肽链上相邻近氨基酸残基间主要靠氢键维系的有规律、重复有序的空间结构。有三种基本构象。

α 螺旋(α -helix)是肽链按右手螺旋方向形成的空间结构(图 1-4)。螺旋的形成和维系是靠链内氢键,即是由一条肽链上肽键旁的一NH—中的 H 与上一圈—CO—中的 O 之间形成的氢键(图 1-4)。不同蛋白质分子中 α 螺旋所占的比例不相同,有的以 α 螺旋为主,如 α 角蛋白,有的仅占一小部分,如糜蛋白酶。