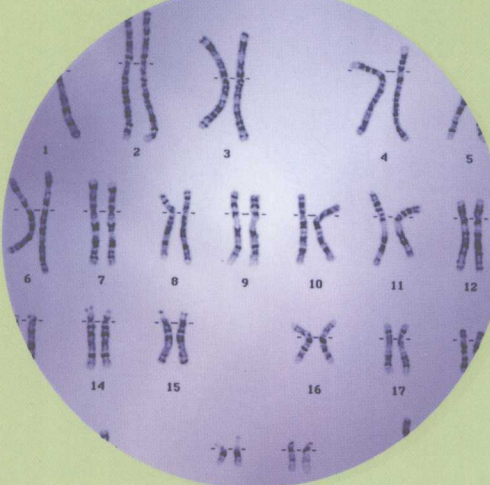




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

细胞与遗传基础

■ 陈可夫 主编



高等教育出版社
Higher Education Press



细胞与遗传基础



高等教育出版社

Higher Education Press

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书主要内容有细胞的基本特征、细胞膜与细胞表面、细胞质基质与细胞内膜系统、细胞核与染色质、细胞增殖与细胞分化、遗传的基本规律、细胞质遗传、基因突变、染色体遗传变异、数量性状的遗传、群体遗传与进化以及基因工程和基因组学等。

本书可作为培养生物技术类、制药技术类和农林类专业应用型、技能型人才的教学用书,也可供相关行业生产和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

细胞与遗传基础/陈可夫主编. —北京:高等教育出版社,
2007.12

ISBN 978-7-04-022716-1

I. 细… II. 陈… III. 细胞遗传学-高等学校-
教材 IV. Q343

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168913 号

策划编辑	张庆波	责任编辑	田 军	封面设计	张 楠	责任绘图	尹 莉
版式设计	马敬茹	责任校对	朱惠芳	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1 092 1/16
印 张 19.25
字 数 460 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 12 月第 1 版
印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷
定 价 24.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22716-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010) 58581118

高职高专教育生物技术类专业教材 编写委员会

主任委员

李世敏 (深圳职业技术学院)

副主任委员

胡虹文 (信阳农业高等专科学校)

侯建平 (包头轻工职业技术学院)

闫丽霞 (天津生物工程职业技术学院)

委员

刘大程 (长春医学高等专科学校)

刘 冬 (深圳职业技术学院)

王德芝 (信阳农业高等专科学校)

王衍安 (山东农业大学)

庞俊兰 (北京城市学院)

《细胞与遗传学基础》编写人员

会员委员会

主 编 陈可夫

主 审 刘德立 王学民

编 者 (以姓氏笔画为序): 李世杰

付 明 (怀化学院)

朱德艳 (荆楚理工学院)

杜红英 (荆楚理工学院)

杨 进 (三峡大学)

陈 晗 (荆楚理工学院)

(怀化学院) 野大咬

(怀化学院) 李 咬

(怀化学院) 王 咬

(怀化学院) 王 咬

(怀化学院) 王 咬

前 言

“细胞与遗传基础”是高职高专生物技术、生物制药和农林等专业的基础课程。在教材编写过程中,按照高职高专技能型人才培养目标和高职高专学生的特点,坚持理论以“必需、够用”为度的原则;以能力为本位,充分注重学生创新能力和终身学习能力的培养。

在编写方法上,改变了生物学教科书一般以结构引出功能的编写形式,以功能为主线,从细胞膜到遗传的基本规律,从基因突变到基因组学贯穿一体。有利于学生对各知识点进行比较、鉴别和梳理,并能辩证地认识细胞与遗传的生命现象。

本书共分13章,按72学时编写。内容主要有细胞的基本特征、细胞膜与内膜系统、染色体结构与细胞增殖、遗传的基本规律、基因突变和基因工程以及基因组学等。

每章前面以知识要点为引导;章末有思考题供学生自学、复习参考之用;每章还配有实验指导,加强学生动手的能力,教会学生对实验用具、实验方法的正确运用,并达到实验规范化要求,培养学生科学求实的良好作风。

本书由荆楚理工学院陈可夫主编。参加本书编写的人员还有怀化学院付明,荆楚理工学院朱德艳、杜红英、陈晗,三峡大学杨进等。华中师范大学刘德立教授、荆楚理工学院王学民教授负责审稿并给予悉心指导。在编写中我们参考了细胞生物学、遗传学等相关教材,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,教材难免存在一些缺点和不足,我们热忱希望使用本教材的教师、同学以及其他读者提出宝贵意见,以便再版时进一步修正。

编者

2007年10月

目

录

第一章 概述	1
第一节 细胞学与遗传学简介	1
一、细胞学说的创立	2
二、细胞学与遗传学发展简史	2
三、细胞和遗传学的研究动态与发展趋势	2
第二节 生物大分子	3
一、蛋白质	4
二、酶	6
三、核酸	7
四、糖类	14
五、脂质	14
思考题	15
第二章 细胞的基本特征	16
第一节 细胞的基本概念	16
一、细胞是生命活动的基本单位	16
二、细胞的基本共性	17
三、非细胞形态的生命体——病毒	18
第二节 细胞的形状与大小	18
一、细胞的形状	18
二、细胞的大小	19
第三节 细胞的类型	19
一、原核细胞	19
二、真核细胞与原核细胞的比较	22
第四节 真核细胞基本知识概要	22
一、真核细胞的基本结构体系	23
二、细胞形态结构与功能的关系	24
三、植物细胞与动物细胞的比较	25
思考题	26
第三章 细胞膜与细胞表面	27
第一节 细胞膜的分子结构与特性	27
一、细胞膜的分子结构	27
二、细胞膜的特性	33

三、细胞膜的功能	35
第二节 细胞表面及其特化结构	35
一、细胞外被	36
二、细胞外基质	36
三、骨架与细胞游离面的特化结构	38
四、细胞连接	39
第三节 物质的跨膜运输	42
一、被动运输	43
二、主动运输	43
三、膜泡运输	44
思考题	45
第四章 细胞质基质与细胞内膜系统	46
第一节 细胞质基质	47
一、细胞质基质的涵义	47
二、细胞质基质的特性	48
三、细胞质基质的功能	49
第二节 内质网和核糖体	50
一、内质网	50
二、核糖体	53
第三节 高尔基体	55
一、高尔基体的形态结构	55
二、高尔基体的化学组成	56
三、高尔基体的功能	57
第四节 溶酶体与过氧化物酶体	59
一、溶酶体	59
二、过氧化物酶体	61
第五节 线粒体和叶绿体	62
一、线粒体与氧化磷酸化	62
二、叶绿体与光合作用	70
思考题	78
第五章 细胞核与染色质	79
第一节 核被膜的结构及其功能	80
一、核被膜	80
二、核周间隙	80

三、核孔复合体	81	三、连锁与互换定律的实质	131
四、核被膜的功能	82	四、交换率与染色体作图	132
第二节 核纤层与核基质	84	五、遗传性状的推导与概率计算	132
一、核纤层	84	第三节 基因互作	133
二、核基质	84	一、互补作用	133
第三节 核仁	85	二、积加作用	134
一、核仁的化学成分	85	三、重叠作用	134
二、核仁的结构	86	四、上位作用	135
三、核仁的功能	86	五、抑制作用	135
第四节 染色质与染色体	88	思考题	136
一、染色质的种类	88	第八章 细胞质遗传	139
二、染色质(体)的化学成分	88	第一节 细胞质遗传的概念和 特点	139
三、染色质(体)的亚显微结构与 包装	90	一、细胞质遗传的概念	139
四、染色体的形态结构	92	二、细胞质遗传的特点	140
五、染色体 DNA 关键序列	93	第二节 母性影响	141
六、核型与染色体显带	95	一、椎实螺外壳旋转方向的遗传 分析	141
思考题	97	二、面粉蛾眼色的遗传分析	142
第六章 细胞增殖与细胞分化	98	第三节 叶绿体和线粒体遗传	143
第一节 细胞周期	98	一、叶绿体的遗传表现	143
一、细胞周期的概述	98	二、线粒体的遗传表现	144
二、细胞周期同步化	100	第四节 其他细胞质颗粒的遗传	145
三、细胞周期时相	101	一、细胞共生体的遗传	145
第二节 细胞分裂	102	二、质粒的遗传	147
一、无丝分裂	103	第五节 植物雄性不育的遗传	150
二、有丝分裂	103	一、雄性不育的类型及其遗传特点	150
三、减数分裂	106	二、雄性不育的发生机制	151
第三节 细胞分化	111	三、质核型雄性不育的利用	151
一、细胞分化的特点	111	思考题	152
二、干细胞	113	第九章 基因突变	154
三、细胞分化与癌变	116	第一节 基因突变的一般特征	154
思考题	118	一、基因突变的概念	154
第七章 遗传的基本规律	119	二、基因突变的特征	155
第一节 孟德尔遗传定律	119	第二节 基因突变的性状表现与 检出	157
一、基因的分离定律	119	一、基因突变的性状表现	157
二、自由组合定律	124	二、基因突变的检出	158
第二节 摩尔根的连锁与互换 定律	128	第三节 基因突变的分子机制	160
一、完全连锁遗传(连锁定律)	128	一、基因突变的分子基础	160
二、不完全连锁遗传(互换定律)	129		

二、基因突变的分子机制	162	二、杂种优势的基本特点	204
三、基因突变对遗传信息的影响	164	三、杂种优势的遗传机制	205
第四节 基因突变的诱发与 DNA 损伤的修复	164	第六节 近亲繁殖与杂种优势在 育种中的应用	207
一、基因突变的诱发因素	164	一、近亲繁殖在育种中的应用	207
二、DNA 损伤的修复	165	二、杂种优势在育种中的应用	208
思考题	168	思考题	208
第十章 染色体遗传变异	170	第十二章 群体遗传与进化	210
第一节 染色体结构变异	170	第一节 群体的遗传平衡定律	210
一、缺失	170	一、遗传平衡定律	210
二、重复	172	二、影响遗传平衡定律的因素	214
三、倒位	173	第二节 遗传多态性	222
四、易位	174	一、研究遗传多态性的方法	222
五、染色体结构变异的诱因	176	二、群体保持遗传多态性的方式	223
第二节 染色体数目变异	177	第三节 达尔文的进化学说及其 发展	225
一、整倍性变异	178	一、拉马克的进化学说	225
二、非整倍性变异	181	二、达尔文的进化学说	226
三、多倍体的诱发	182	三、达尔文进化论的发展	226
思考题	183	第四节 分子水平的进化	228
第十一章 数量性状的遗传	185	一、进化的分子钟	228
第一节 数量性状的特征及其 遗传基础	185	二、基因组的进化	229
一、数量性状的特征	185	思考题	233
二、数量性状的遗传基础	187	第十三章 基因工程和基因组学	234
第二节 研究数量性状的基本 统计方法	188	第一节 基因工程	234
一、平均数	188	一、基因工程概述	234
二、方差和标准差	189	二、限制性内切酶	235
第三节 遗传率的估算及其应用	190	三、载体	238
一、遗传率的概念	190	四、基因的分离与鉴定	243
二、广义遗传率的估算	191	五、基因工程的应用	246
三、狭义遗传率的估算	193	第二节 基因组学	248
四、遗传率在育种中的应用	198	一、基因组图谱的构建	248
第四节 近亲繁殖	198	二、基因组图谱的应用	251
一、近亲繁殖的概念	198	三、后基因组学	253
二、近亲繁殖的遗传效应	200	思考题	255
三、回交的遗传效应	201	实验指导	256
四、纯系学说	202	实验一 光学显微镜的使用和动物 细胞形态结构的观察	256
第五节 杂种优势	204	实验二 细胞化学成分的分析	260
一、杂种优势的概念	204	实验三 红细胞膜的制备及其成分	

分析(磷脂、胆固醇)	262	代培养	281
实验四 细胞膜的通透性和细胞的 吞噬活动观察	266	实验十一 花粉母细胞涂片制 片法	284
实验五 植物细胞原生质体的融合 与培养	269	实验十二 植物组织 DNA 的 提取	285
实验六 细胞核和线粒体的分离与 鉴定	272	实验十三 染色体数目的变异	287
实验七 细胞器的微观和亚微观 结构观察	274	实验十四 数量性状的遗传分析	289
实验八 小鼠骨髓细胞染色体的 制备	276	实验十五 杂种优势现象的观察	290
实验九 细胞分裂	277	实验十六 人类 ABO 血型检查	291
实验十 动物细胞的原代培养和传 代培养	281	实验十七 人类性状的遗传分析	292
		实验十八 人群中 PTC 味盲基因 频率的分析	293

第一章

概 述

► 知识要点

1. 细胞与遗传学发展动态与趋势;
2. 氨基酸和蛋白质的结构、性质和功能间的依存关系;
3. 核酸的化学本质及 DNA 和 RNA 在组分、结构和功能上的差异。

细胞学是研究细胞生命活动基本规律的科学。它在细胞、细胞超微结构和分子水平等层次上,研究细胞结构、功能及生命活动。

细胞的形态与结构、细胞的代谢、细胞的增殖与分化、细胞的遗传与变异、细胞的衰老与死亡、细胞的起源与进化、细胞的兴奋与运动、细胞的信息传递等等是细胞生物学研究的主要内容。细胞识别、细胞免疫、细胞工程等是近年细胞学中新发展起来的新领域。细胞分子生物学是当前细胞学发展的主要方向。

人类基因组计划(human genome project, HGP)主要是完成人类全部 24 条染色体的 30 亿个碱基序列测定(含 X 染色体和 Y 染色体)。其核心内容是构建 DNA 序列图。随着大规模的基因检测技术的成熟,人类遗传密码这部“生命天书”的破译将进入到全新的信息收集阶段,借助数学理论、信息科学和技术科学的研究成果,通过对人类基因图谱中功能基因信息的全部解读,多种遗传病以及相关的疑难重症可望在分子水平上得到早期诊断和根本治疗,人类的生命质量将得到全面的保障。

“生物芯片”实际上是一种微型多参数生物传感器。它通过在一个微小的基片表面固定大量的分子识别探针,或构建微分析单元和系统,实现对化合物、蛋白质、核酸、细胞或其他生物组分准确、快速、大信息量的筛选或检测。基因芯片,又称 DNA 微探针阵列,是一种最重要的生物芯片。它集成了大量的密集排列的基因探针,通过与被检测的核酸序列互补匹配,进行序列测定。基因芯片能够一次分析大量的基因,实现生物基因信息的大规模检测。基因芯片的重要性可以与 20 世纪 50 年代把单个晶体管装配成集成电路芯片相比,它会对 21 世纪生命科学与医学的发展产生无法估计的影响。

第一节 细胞学与遗传学简介

细胞学与遗传学的形成和发展经历了相当长的过程,从人类第一次发现细胞到现在已有 300 多年的历史。细胞生物学是随着技术手段的创新和理论上的突破,逐渐形成了独特的、完整的理论体系和实验手段,根据其发展水平的特点,可分为以下几个阶段。

一、细胞学说的创立

1665 年 Robert Hooke 应用自己研制的简陋显微镜观察软木塞薄片时,发现了许多蜂窝状小室,称为细胞 (cell)。真正观察到活细胞的是 Leeuwenhoek, 他于 1667 年应用自己磨制的透镜组装成的高倍显微镜观察了池塘水中的原生动物、人类和哺乳动物的精子以及鲑鱼红细胞的核。

一个世纪后, Brown (1831) 在植物表皮细胞首先发现细胞核和核仁。Schleiden 和 Schwann 在 1838—1839 年根据自己的观察以及总结前人的工作,提出了细胞学说,认为“一切生物,从单细胞生物到高等动物和植物都是由细胞组成的;细胞是生物形态结构和功能活动的基本单位。”Virchow (1855) 提出“一切细胞只能来自原来的细胞”的论点。此外,他还提出机体的一切病理现象都是基于细胞的损伤,他的这些观点是对细胞学的重要补充。

二、细胞学与遗传学发展简史

细胞学说创立后,掀起了对多种细胞进行广泛观察与描述的热潮,各种主要的细胞器和细胞分裂活动被发现,构成了细胞学的经典时期。

Purkinje (1839) 首先提出细胞的原生质 (protoplasm) 概念。随后 H. Von. Mohl 等人发现动物细胞内的“肉芽质”和植物细胞内的原生质具有相同的意义。

Remak (1841) 观察到鸡胚血细胞的直接分裂 (direct division), 即无丝分裂 (amitosis)。其后, Flemming (1882) 发现了间接分裂 (indirect division), 即有丝分裂 (mitosis)。Van Beneden (1883 年), Strasburger (1886 年) 又分别在动物细胞和植物细胞中看到了减数分裂 (meiosis)。

由于发明了保存细胞结构的固定液和采用了染色技术,所以人们又在细胞内相继观察到了几种重要的细胞器。如 V. Beneden 和 T. Boveri (1887 年) 发现了中心体,同年 Benda 发现了线粒体, Golgi (1898 年) 发现了高尔基体。

1902 年 Boveri 和 Sutton 不谋而合地同时提出了染色体遗传理论,把染色体的行为同 Mendel 的遗传因子联系起来,1910 年 Morgan 根据他对大量果蝇研究实验,证明遗传因子位于染色体上,提出了基因学说。这样便将细胞学与遗传学结合起来,形成了细胞遗传学。

细胞遗传学是在细胞水平的染色体遗传学的基础上发展起来的,从染色体的结构和行为方面研究染色体的遗传机制及其规律,研究人类染色体的结构、畸变类型、畸变发生频率及其与疾病的关系。目前已确认的染色体畸变综合征达 100 余种,各种异常核型约 3 000 种。随着新技术的不断应用,细胞遗传学将对染色体的分子结构及其缺陷有更细微的认识。

生化遗传学是遗传学的一个重要组成部分,主要是应用生物化学的方法,研究遗传物质的理化性质、蛋白质的生物合成、机体代谢的调控、基因突变及其机制等。这使人们认识到,分子水平的遗传物质异常将导致分子病或遗传性代谢病。近年来,随着分子生物学的理论和技术的广泛应用,人们对遗传病的本质有了更深刻的认识,为遗传病的基因治疗奠定了基础。

三、细胞和遗传学的研究动态与发展趋势

随着自然科学中的数学、物理学和化学等学科广泛而深入地渗透到生命科学的各个领域,

使得人们对细胞学和遗传学的研究不断向微观世界深入。同时,由于实验手段的日益现代化,加速了细胞生物学和遗传学的研究进程,使其成为整个生命科学中发展最快的分支学科之一。

20 世纪 50 年代中期,电子显微镜与超薄切片技术相结合,产生了细胞超微结构学这一新兴领域,从而加深和拓宽了人们对细胞的认识。不仅对已知的细胞结构,诸如线粒体、高尔基体、细胞膜、核膜、核仁、染色质与染色体的了解出现了全新的面貌,而且发现了一些新的重要的细胞结构,如内质网、核糖体、溶酶体、核孔复合体与细胞骨架体系等等,为细胞生物学和遗传学的早期形成奠定了良好基础。此外,生物化学与细胞学的相互渗透与结合,细胞生物化学这一领域的快速发展,使人们对细胞的结构与功能相结合的研究水平达到了前所未有的高度。由于超微结构学与细胞生物化学这两个领域的蓬勃发展,积累了丰富的资料,人们对细胞的概念也发生了极大的变化,逐渐认识到细胞的知识是各生物学科的共同基础知识。更由于科学家将分子生物学的概念与技术引进细胞学,为细胞生物学这门学科的最后形成与建立开创了全新局面。

细胞生物学主攻方向的另一侧面是在分子水平上探索细胞的基本生命规律,把细胞看成是物质、能量和信息过程的结合。重组 DNA 技术、转基因技术、基因定位、基因克隆、基因测序技术,尤其是以全球科学家合作为标志的“人类基因组计划”、“脑的十年计划”都使生命科学研究达到了历史的顶峰。

遗传学与医学相互结合,互相渗透,从而建立了医学遗传学,该学科主要是由细胞遗传学和生化遗传学组成。其基本任务是揭示遗传病的遗传规律的发病机制,制定诊断和防治措施。充分运用细胞遗传学的方法,揭示了染色体畸变的机制,发现了一大批染色体异常综合征,对染色体缺失、倒位、重复等的形成机制有了明确的认识,特别是随着染色体显带技术、姐妹染色单体互换技术和高分辨显带技术的应用和发展,为研究各种遗传病及与遗传相关疾病的染色体畸变提供了诊断工具。随着生化实验技术和分析方法的发展,提高了对分子病和遗传性代谢性疾病的研究和临床诊断水平,发现的病种由 20 世纪初少数几种扩大到数百种。在对人类遗传疾病的研究中,人们越来越清楚地认识到,只有从基因水平去研究,才能找到致病的根本原因,也才能对遗传病进行最有效的防治。随着重组 DNA 技术和 PCR 技术的发展和广泛运用,必将导致医学遗传学领域中的一次深刻的革命,使之取得突飞猛进的发展。

第二节 生物大分子

辩证唯物主义者认为,自然界中的一切现象,都是物质运动的表现形式。地球上的生物和非生物都是由物质组成的,生物所表现的各种生命现象,则是物质运动的高级形式。

生物界除病毒、类病毒外,所有生物都是由细胞组成的。构成细胞的全部生命物质为原生质(protoplasm),其主要组成成分是核酸和蛋白质,它是细胞生命活动的主要物质基础。分析原生质的化学成分,发现它们都由 C、H、O、N、P、S、Ca、Cl、K、Na、Mg、Fe 等元素组成,其中 C、H、O、N 四种元素的含量约占细胞的 90%。此外还有 Cu、Zn、I、Mn 等微量元素,这些元素含量虽少,但在细胞的代谢中有重要的作用,如缺碘会引起甲状腺肿大(俗称粗脖子病)。组成原生质的各种元素在无机界中都能找到,说明生物与非生物有共同性,生命

的物质基础来源于非生命物质。各种元素在生物体内并非单独游离状态，而是以化合物形式存在的，构成了无机化合物和有机化合物两大类。无机化合物主要包括水和无机盐类，有机化合物主要包括糖类、脂质、蛋白质和核酸等，其中核酸、蛋白质因相对分子质量巨大，故称为生物大分子 (biomacromolecule)。

一、蛋白质

蛋白质 (protein) 是一类复杂的生物大分子，是维持生命过程的重要物质，也是细胞中含量最多的有机成分，约占细胞干重的 50% 或更多。它们的化学组成主要为 C、H、O、N 四种元素，有的蛋白质含有 S，有的蛋白质含有 P 和其他元素如 Fe、Zn、I 等。

(一) 蛋白质的分子组成

各种蛋白质水解后都产生氨基酸 (amino acid)，氨基酸是构成蛋白质的基本单位。组成蛋白质的氨基酸有 20 种，每一种氨基酸均含有一个羧基 ($-\text{COOH}$)、一个氨基 ($-\text{NH}_2$) 和一条侧链 ($-\text{R}$)，这三者都连接在同一个碳原子上 (被称为 α -碳原子)， α -碳原子还与一个氢原子相连。氨基酸的通式如图 1-1 所示。

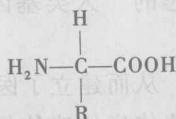


图 1-1 氨基酸分子结构通式 (陈可夫, 医学生物学, 2006 年)

在所有氨基酸中，除甘氨酸的侧链 ($-\text{R}$) 为氢原子外，其余氨基酸的 R 基团或为羟基 ($-\text{OH}$)，巯基 ($-\text{SH}$)、烃基 ($-\text{CH}_2-$)、氨基 ($-\text{NH}_2$)、羧基 ($-\text{COOH}$) 不等 (表 1-1)。侧链的不同导致氨基酸具有不同的理化性质，如电荷的正负性、酸碱性、亲水性等。

表 1-1 不同氨基酸结构比较

种类	甘氨酸	丝氨酸	半胱氨酸	缬氨酸
相同部分	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{COOH} \end{array}$
不同部分	H	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{SH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$

在溶液中，氨基酸分子中的氨基 ($-\text{NH}_2$)，可以接受一个质子 (H^+)，变为 $-\text{NH}_3^+$ ，带正电荷，故氨基为碱性；羧基 ($-\text{COOH}$) 可以供出一个质子 (H^+)，变为 $-\text{COO}^-$ ，带负电荷，故羧基为酸性。一个氨基酸分子中既有氨基，又有羧基，为两性离子。由于一个氨基酸分子中氨基和羧基的比例不同，故有的氨基酸为中性，有的为碱性，有的为酸性。氨基酸的 α 碳原子与四个不同的基团相接 (除甘氨酸外) 氨基酸分子就出现不对称性，因而形成两种光学异构体，即左旋 (L 型) 和右旋 (D 型) 两种类型 (图 1-2)。人体蛋白质中所含氨基酸全

部为 L 型。

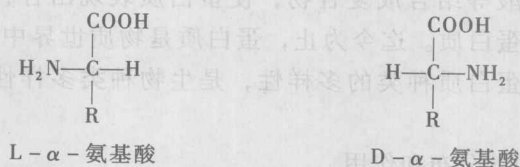


图 1-2 氨基酸的两种光学异构体 (陈可夫, 医学生物学, 2006 年)

(二) 蛋白质的分子结构

组成蛋白质的氨基酸虽然只有 20 种, 但一个蛋白质分子所含氨基酸的数目却各不相同, 少的几十个, 多的可达几百个乃至几万个。氨基酸在组成蛋白质的时候, 首先相互连接成多肽, 然后由一条或几条多肽构成具有一定空间结构的蛋白质分子。

1. 肽键与多肽链

一个氨基酸分子中的 α -羧基和另一个氨基酸分子中的 α -氨基, 脱水缩合形成的化学键称肽键 (peptide bond), 这个化合物叫二肽 (图 1-3)。

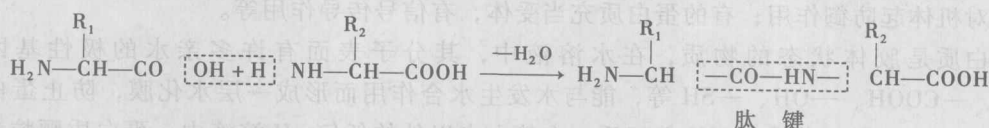


图 1-3 肽键的结构 (陈可夫, 医学生物学, 2006 年)

二肽再与第三个氨基酸分子缩合就形成三肽。以此类推, 可以形成四肽、五肽以至多肽 (图 1-4), 所以说蛋白质是氨基酸的聚合体。多肽分子形态为链状, 故称为多肽链 (polypeptide chain)。

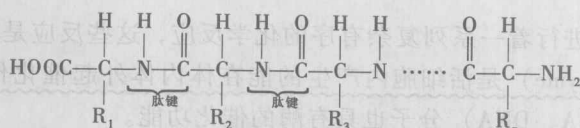


图 1-4 多肽链的结构 (陈可夫, 医学生物学, 2006 年)

2. 蛋白质的分子结构

多肽链是蛋白质分子的骨架, 即主链。从主链上伸出的一些基团, 称为侧链。一个蛋白质分子可以由一条多肽链组成, 也可以由两条或两条以上的多肽链组成。这些多肽链可以是相同的, 也可以是不同的。如牛胰岛素是由 51 个氨基酸组成两条多肽链构成的; 而人类的血红蛋白是由 574 个氨基酸形成四条多肽链构成的。构成蛋白质分子的多肽链, 并非呈线形伸展状态, 也不是位于同一平面内, 而是通过各种化学键、作用力, 自身螺旋、折叠成特定的立体空间结构。蛋白质分子只有形成特有的空间结构以后, 才具有生物学功能。蛋白质分子的空间结构具有相对不稳定性, 易受温度、酸碱度以及重金属离子等各种因素的影响而发生变化, 引起分子构型改变, 称为变构。

不同的蛋白质由于组成中的氨基酸种类、数目、排列顺序以及空间结构的不同,加上蛋白质与糖类、脂质或核酸等结合成复合物,使蛋白质表现出各种特异性的区别,从而构成种类繁多、结构各异的蛋白质。迄今为止,蛋白质是物质世界中种类最多,结构最复杂,功能最微妙的一类物质。蛋白质种类的多样性,是生物种类多样性和生命现象复杂性的物质基础。

(三) 蛋白质在机体中的分布和作用

分析表明,动物组织中含蛋白质较多,在新鲜组织中约占重量的 20%。人体蛋白质含量占组织干重的 45%,其中肌肉与内脏中含量较多,骨骼、牙齿及结缔组织中含量较少。蛋白质在机体中有极其重要的作用。

首先,蛋白质是构成细胞和生物体的主要物质,是构成细胞膜、细胞质和细胞核的主要成分。人和动物肌肉的主要成分是蛋白质,红细胞中输送氧和二氧化碳的血红蛋白也是蛋白质。

其次,有些蛋白质是调节细胞和生物体新陈代谢作用的重要物质。调节生命活动的许多激素是蛋白质,催化各种化学反应的酶也是蛋白质。

此外,有些蛋白质起运输作用,在细胞膜上或细胞内运载小分子或离子。有些蛋白质构成抗体,对机体起防御作用;有的蛋白质充当受体,有信号传导作用等。

蛋白质是胶体状态的物质,在水溶液中,其分子表面有许多亲水的极性基团,如 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{SH}$ 等,能与水发生水合作用而形成一层水化膜,防止蛋白质分子彼此聚集。又因蛋白质是两性电解质,在等电点以外的任何 pH 溶液中,蛋白质颗粒都带有相同电荷而互相排斥,而使蛋白质溶液具有分散性好、稳定性强的胶体性质,成为各种物质代谢的最理想的空间环境。

二、酶

(一) 酶的概念

生物体内随时都在进行着一系列复杂有序的化学反应,这些反应是在生物催化剂——酶的作用下进行的。酶(enzyme)是活细胞内产生的能在体内体外起催化作用的蛋白质。最新研究表明,某些核酸(RNA、DNA)分子也具有酶的催化功能。

有的酶完全由蛋白质组成,如消化酶类;有的酶则由蛋白质和非蛋白质的辅助因子结合而成,这类酶称为结合酶,如脱氢酶类。辅助因子在催化反应中,作为底物的某种原子或基团的载体而起作用。维生素是许多辅助因子的成分,故维生素是人和动物不可缺少的物质。

(二) 酶的基本特性

酶与一般的化学催化剂相比具有以下基本特性:

1. 高度的专一性

酶对其作用的底物具有严格的选择性,这就是酶的专一性。每一种酶只能催化一种或一类底物的化学反应,而对别的底物无催化作用。如淀粉酶只能催化淀粉水解,而不能催化蛋白质水解;麦芽糖酶只能催化麦芽糖水解为葡萄糖,而对其他的糖则不起催化作用。

2. 高度的催化效能

酶的催化效率高,比一般化学催化剂可高 $10^6 \sim 10^{10}$ 倍。只需少量的酶就可以起到很强的