

全国医学高职高专“十一五”规范教材

(供临床医学类、护理类、药学类、医学技术类及卫生管理类的相关专业使用)

医学生物学



YIXUE SHENGWUXUE

主 编	陈可夫	王学民
副主编	何 毅	周德华
	江 和	彭凤兰

上海科学技术出版社

全国医学高职高专“十一五”规范教材

(供临床医学类、护理类、药学类、医学技术类及卫生管理类的相关专业使用)

医学生物学

主 编

陈可夫 王学民

副主编

何 毅 周德华

江 和 彭凤兰

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学生物学 / 陈可夫, 王学民主编. — 上海: 上海科学技术出版社, 2006.8

全国医学高职高专“十一五”规范教材

ISBN 7 - 5323 - 8424 - 1

I. 医... II. ①陈...②王... III. 医学: 生物学 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. R318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 059505 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 11.75

字数 280 千字

2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

定价: 18.50 元

如发生质量问题, 读者可向工厂调换

前 言

为了适应《国务院关于大力发展职业教育的决定》和全国职业教育工作会议的要求,进一步提高医学高职高专教材质量,更好地把握教学内容和课程体系的改革方向,让全国医学高职高专院校有足够的、高质量的教材可供选用,以促进医学高职高专教育事业的发展,根据教育部“十一五”高职高专教材规划精神,全国医学高职高专“十一五”规范教材建设专家指导委员会、上海科学技术出版社组织编写了本套教材。本套教材将吸收现有各种同类教材的合理创新之处,以内容精练、质量上乘、定价合理为目标,突出思想性、科学性、先进性、启发性、适用性,教学内容体现新知识、新技术、新工艺、新方法,并加强学生科学思维方法与创新能力的培养,从而促进学生综合素质的提高。

【教材特点】

1. 教材编写原则紧扣教育部对高职高专教育的要求:“基础课教学要以必须、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点,专业课教学要加强针对性和应用性。”
2. 教材结构由传统单一的理论知识改为由三部分组成。即各章理论知识内容之前,依据教学大纲列出“教学要求”,为教师的“教”和学生的“学”指明了方向;各基础学科还列出了护理专业和临床医学专业的课时安排,以供参考;在各章理论知识之后列出“实验指导”,以方便师生使用。
3. 本套教材的编写人员多是各学科的学科带头人,他们均来自基础教学和临床工作的第一线,使教材内容更加贴近实际,增强了适用性。
4. 注重基础理论知识和专业知识与临床实际的联系,减少了一些演示性、验证性实验,增加了一些临床应用性的实验。

【适用范围】

本套教材主要供以高中为起点的三年制和以初中为起点的五年制医学高职高专的临床医学类、护理类、药学类、医学技术类及卫生管理类的相关专业使用,也可供卫校、成教医专的相关专业使用。

【鸣谢】

在本套教材的建设推广过程中,得到全国 20 多个省市 60 多所院校的大力支持和帮助,在此深表谢意!殷切希望各学校师生和广大读者在使用过程中进行检验,提出宝贵意见,使本套教材更臻完善。

全国医学高职高专“十一五”规范教材
专家指导委员会 编审委员会
2006 年 5 月

编写说明

本教材是供医学高职高专生物学课程教学用书。医学生物学是医学教育中的一门基础课,随着分子生物学理论的发展和技术的进步,现代生物学已取得了令人瞩目的成就:人类基因组计划第一次解读了人类遗传物质 DNA 碱基序列、克隆羊“多莉”问世、分子诊断技术已应用于临床,生命科学正处于方兴未艾蓬勃发展的新阶段。本教材从生物学基础理论和知识出发,尽量反映与医学息息相关的生命科学新进展,帮助医学生用开阔的思维和视野来认识生命的本质。

在本书编写过程中,按照医学高职高专学生培养目标和学生的特点,坚持以素质为基础、以能力为本位的教育思想,充分体现新知识、新理论、新技术,充分注重对学生创新能力和终身学习能力的培养,力求做到基础与前沿并重,宏观与微观结合,深入浅出,通俗易懂。

本书共分 8 章,按 60 学时编写。根据课程目标的需要,尽量淡化学科的系统性而强化知识的系统性、完整性。在内容上精心进行了选用,主要有绪论、生命的物质基础、细胞、生殖与发育、遗传与变异、人类生存与环境、生命的起源与进化、生物技术与医学等。每章以教学要求为引导,配有实验指导,培养学生动手动脑的能力,并重视学生对实验用具、实验方法的正确运用,要求实验规范化,以培养学生科学求实的良好作风。

参加本书编写的人员有陈可夫(第一章)、郭建荣(第二章)、何毅(第三章第一节至第三节)、田廷科(第三章第四节至第五节)、周德华(第四章)、王学民(第五章第一节至第三节)、彭凤兰(第五章第四节至第六节)、高江原(第六章和第七章)、江和(第八章)。编写过程中我们参考了全国高等医学院校、医学专科学校和中学生物教材,并得到了荆门职业技术学院、益阳市卫生学校、重庆医科大学卫生学校、长沙市卫生学校、廊坊市卫生学校、九江学院医学院和上海科学技术出版社领导和同仁们的大力支持与帮助,同时也收到不少同行们的宝贵意见,给我们很多教益,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,教材必然存在不少缺点和错误,我们热忱希望使用本教材的教师和同学及其他读者提出宝贵意见,以便再版时进一步修正。

编 者
2006 年 3 月

目 录

第一章 绪论

- 一、生物学的概念及与医学的关系 • 1
- 二、生物学的发展简史 • 2
- 三、近代生物学的重大突破 • 2
- 四、学习医学生物学的目的 • 3

第二章 生命的物质基础

第一节 概述 • 5

- 一、原生质的元素组成 • 5
- 二、组成原生质的化合物 • 6

第二节 原生质中的有机化合物 • 6

- 一、蛋白质 • 6
- 二、酶 • 7
- 三、核酸 • 8
- 四、糖类 • 11
- 五、脂质 • 12

第三节 原生质中的无机化合物 • 13

- 一、水 • 13
- 二、无机盐 • 13

第四节 生物的基本特征 • 14

第三章 细胞

第一节 概述 • 16

第二节 细胞膜的结构与功能 • 18

- 一、生物膜的分子组成 • 18
- 二、细胞膜的分子结构与特性 • 20

第三节 细胞质 • 27

- 一、内质网 • 27
- 二、高尔基复合体 • 29
- 三、溶酶体 • 31
- 四、过氧化物酶体 • 34

- 五、线粒体 • 34

- 六、核糖体 • 37

- 七、中心体 • 38

- 八、细胞骨架 • 39

- 九、细胞质基质 • 44

第四节 细胞核 • 44

- 一、核膜 • 45

- 二、核仁 • 46

- 三、核基质 • 47

- 四、染色质与染色体 • 47

- 五、细胞核的功能 • 49

第五节 细胞增殖周期 • 49

- 一、细胞增殖的意义 • 49

- 二、细胞增殖周期 • 50

- 三、细胞增殖周期各期的主要特征 • 51

- 四、细胞周期与医学 • 53

第六节 细胞整体性 • 54

- 一、细胞形态结构上的整体性 • 54

- 二、细胞生理功能上的整体性 • 55

实验一 显微镜的构造和使用 • 55

实验二 细胞的形态和结构观察 • 58

实验三 细胞的有丝分裂观察 • 59

第四章 生殖与发育

第一节 生殖的基本类型 • 61

- 一、无性生殖 • 61

- 二、有性生殖 • 62

第二节 减数分裂 • 62

- 一、减数分裂第一次分裂 • 63

- 二、减数分裂第二次分裂 • 64

第三节 配子发生和受精卵形成 • 65

- 一、精子发生 • 65

二、卵子发生 • 66

三、受精卵形成 • 66

第四节 个体发育 • 67

一、胚胎发育 • 67

二、胚后发育 • 71

第五章 遗传与变异

第一节 遗传的基本规律 • 73

一、分离定律 • 73

二、自由组合定律 • 76

三、连锁与互换定律 • 78

第二节 单基因遗传与单基因病 • 81

一、遗传病概述 • 81

二、系谱与系谱分析 • 82

三、常染色体遗传病 • 83

四、性连锁遗传病 • 88

第三节 多基因遗传与多基因病 • 91

一、多基因遗传的概念和特点 • 91

二、多基因遗传病 • 92

第四节 人类染色体与染色体病 • 95

一、人类染色体 • 95

二、染色体畸变 • 101

三、染色体病 • 104

第五节 基因与基因突变 • 110

一、基因的结构和功能 • 110

二、基因的复制与表达 • 111

三、人类基因组 • 115

四、基因突变 • 116

五、肿瘤与遗传 • 121

第六节 遗传病的诊断、治疗、预防和优生 • 123

一、遗传病的诊断 • 123

二、遗传病的治疗 • 128

三、遗传病的预防 • 129

四、优生 • 131

五、医学遗传学的伦理学思考 • 132

实验一 人类非显带染色体核型分析 • 132

实验二 人类正常性状的调查 • 134

实验三 人类遗传病及单基因遗传病系谱的分析 • 135

第六章 人类生存与环境

第一节 生态系的概述 • 138

一、生态系的概念 • 138

二、生态系的基本结构 • 139

三、生态系的基本功能 • 140

第二节 生态平衡与人类生存 • 144

一、生态平衡的概念 • 144

二、影响生态平衡的因素 • 145

三、生态平衡与人类生存的关系 • 148

第七章 生命的起源与进化

第一节 化学演化与原始生命 • 149

一、从无机分子物质生成有机分子物质 • 149

二、从有机小分子物质生成生物大分子物质 • 150

三、核酸、蛋白质等多分子体系的形成 • 151

四、从多分子体系演变成原始生命 • 151

第二节 现代分子生物学对进化的支持 • 151

一、中性突变与蛋白质的比较 • 152

二、DNA 的比较 • 152

第三节 生物进化的历史 • 153

一、生物进化的化石记录 • 153

二、人类起源和进化 • 155

三、人种 • 158

第八章 生物技术与医学

第一节 生物技术概述 • 160

第二节 单克隆抗体技术与医学 • 163

一、单克隆抗体的概念 • 163

二、单克隆抗体技术在医学中的应用 • 164

第三节 干细胞工程与医学 • 165

一、干细胞的概念 • 165

二、人类胚胎干细胞在医学中的应用 • 166

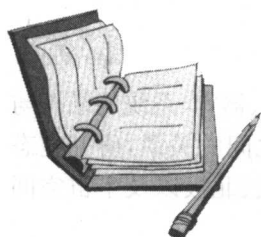
第四节 基因工程与医学 • 168

一、基因工程的概念 • 168

二、基因工程在医学中的应用 • 170

第一章

绪论



教学要求

了解生物学发展简史及生命科学的重大突破;了解生物学与医学的关系;掌握生物-心理-社会医学模式、人类基因组计划等概念;应用生物学基本观点和基础知识,建立正确的生命观,树立科学的思维方法。

一、生物学的概念及与医学的关系

生物学(biology)是研究生命本质的一门科学,它在自然科学领域中是一门独立的综合性大学科,即生命科学(life science)。生命科学不仅对探讨生物体的生命现象具有重要的科学意义,而且对改善人类的生存质量、提高人民生活水平、促进经济发展、丰富人类的精神生活等具有广泛的社会意义。

现代医学发展的历史表明,人类医学的发展是以生命科学的发展为基础的。“生物医学模式”在医学发展史上占主导地位。医学模式是一种医学观,是指人们研究和处理健康与疾病问题的观点和方法。生物医学模式认为,人类健康和疾病主要与生物因素有关,所有疾病皆可从躯体各层次的细微结构上找到病因。20世纪80年代以来,医学的发展逐步转向“生物-心理-社会医学模式”,这种新医学模式认为,人类的健康和疾病不仅取决于生物因素,还有心理因素和社会因素,因而对人类健康和疾病的认识必须从生物、心理、社会的三维空间进行全方位的分析 and 处理。

从量子、分子水平,到细胞、组织、器官、人体,再到群体、环境以及宇宙水平,生物学和医学日益清楚地阐明了人体不同层次特别是细微层次的结构、功能及其相互关系。生物学家和医学家日益广泛地研究了人体生理和病理过程与自然、社会、心理等因素的关系,揭示了疾病发生、发展、转化的机制及其干预措施等,以更好地满足人类生存、发展的需要。

无论何种医学模式,医学的发展都离不开生物学的发展。医学中的疑难病症如肿瘤、艾滋病、心脑血管病、遗传病等的研究与治疗,均有赖于生命科学的发展。另一方面,一些基础医学课程,如解剖学、生理学、生物化学、微生物学、寄生虫学等都是生物学的分科,它们的研究理论都属于生物学的范畴。因此,生物学是医学教育中一门重要的基础课,生物学的基本理论、基本知识和基本技能,是医学生学习医学知识不可缺少的。

二、生物学的发展简史

地球上的生物经过漫长的进化,形成了现今的生物圈及生态系统。纵观生物学的发展历史,可以看出,19 世纪以前生物学是一门以描述和比较为主的自然科学;19 世纪以后,随着细胞学说的创立、生物进化论的提出、遗传规律的发现及细胞减数分裂的发现等,生物学进入实验生物学阶段。20 世纪 50 年代以来,由于研究手段和方法的改进,生物学的研究已经深入到分子水平。随着生物遗传物质脱氧核糖核酸(DNA)分子结构和功能的阐明,生物学的研究在分子水平上有了重大的进展。1965 年我国首先人工合成牛胰岛素;1967 年生物遗传信息中的“遗传密码”被发现,人类对生命本质的认识有了新的飞跃。20 世纪 80 年代以来,重组 DNA 技术(基因工程)不仅广泛应用于医药工业,而且也开始应用于遗传病的诊断与治疗,并取得初步成效。近年来,我国对科学技术发展很重视,生物学高新技术的研究成果,正迅速转变成巨大的生产力,推动着工业、农业和医药卫生事业的发展。

生物学的发展,可以归纳为以下主要趋势。

第一,宏观领域的扩展。生物学不仅研究动、植物和人体的各种组织、器官、系统的结构与功能的内在联系,而且也研究自然界个体之间、群体之间及生命与环境之间的关系,研究生态系统中物质循环和能量的转化及其与人类的关系。人类已开始探索南极、北极以及宇宙空间的生命现象,生物学研究的领域越来越宽。

第二,微观领域的深入。从 20 世纪 50 年代以来,生物学微观领域的研究越来越深入:50 年代发现 DNA 分子结构和功能;60 年代发现生物的遗传信息和遗传密码;70 年代发现了核酸序列,开创了人工合成核酸的先河;80 年代开始运用基因工程技术生产生长素、干扰素等;90 年代应用基因工程的方法对某些疾病进行诊断或治疗。我国从 1999 年开始参与人类基因组计划,绘制人类基因的图谱。

第三,研究手段、技术趋于现代化。由于数学、物理学、化学向生命科学领域渗透,生物学实验与研究中广泛应用了电子显微镜、电子计算机、放射性核素、超声波、激光、磁共振等先进仪器和新技术,大大提高了研究的精确性和识别能力,加快了研究速度,促进了生命科学的发展。

三、近代生物学的重大突破

近代生命科学对医学进步的影响,可以从若干对临床医学发展极具推动意义的生命科学新成就中看到。20 世纪 90 年代提出了一项生命科学领域的重大科学工程“人类基因组计划”(human genome project, HGP),该计划主要目标是测定人类基因组 DNA 的 30 亿碱基对的序列,研究人类所有基因并阐明其在染色体上的位置,破译人类全部遗传信息,使人类在分子水平全面认识自我。基因组学(genomics)作为一门新兴生命学科的地位迅速得到承认,人们已经开始关注与探索破译基因的功能,希望减轻或消除遗传病、心脑血管病、肿瘤、糖尿病和阿尔茨海默病等对人类健康的危害。

人类多种疾病,包括单基因病、多基因病和获得性遗传病都直接或间接地与基因有关。在 HGP 大背景下创立的疾病基因组学,就是为了鉴定导致疾病的相关基因。人类与疾病相关的基因有 5 000 多个,迄今已有 1/3 被分离和确认。科学家利用基因工程技术,消除、修饰对健康不利的致病基因,注入或增强有利的基因,达到治疗或预防疾病的目的,这就是基因治疗。尽管此项工作才刚刚开始,但人类疾病基因的研究已为临床医学的诊断、治疗、预防提供了很多新的方法和手段。人类还可以利用转基因动植物,采用工业化手段生产出多种新药和疫苗,并在疾病治疗和预防中发挥重要的作用。

近年来,在生命科技领域中兴起的干细胞研究以及用干细胞技术来修复坏死组织的干细胞工程,其目的是用干细胞工程技术来治疗各种组织坏死性疾病。干细胞(stem cell)是指一类存在于人胚胎组织、骨髓、脑和其他组织内,具有自我更新、高度繁殖以及多分化潜能的细胞,是机体其他细胞的起源细胞。其中以胚胎干细胞和骨髓干细胞多分化潜能最大,成为组织、器官移植的最佳来源,日益受到重视,催生了干细胞相关的组织工程学,推动了近代修复医学或再生医学的发展。

克隆羊“多莉”的诞生宣告了生命科学和生物技术的又一次重大突破。在医药领域内,动物克隆技术已首先应用于利用体细胞经核移植生产转基因动物,以生产各种医用人体蛋白;动物克隆技术还被期待为人类的细胞和组织治疗提供与患者完全相同的组织器官,从而避免产生免疫排斥反应,解决移植器官的供求矛盾。随着人类胚胎干细胞培养技术的成熟与完善,利用克隆技术从事以治疗疾病为目的的治疗性克隆研究已经起步,但克隆人在世界上是被禁止的,我国也禁止生殖性克隆研究。

四、学习医学生物学的目的

人类对一切疾病的发生、病理变化的认识和防治措施无不与生物学所取得的成就密切相关。许多疾病来自致病菌和病毒的感染,有些疾病来自寄生虫,掌握这些病原体的生活规律、发育周期、传染途径以及对某些药物的反应等,是防治这些疾病的重要依据。在众多的疾病当中,除一部分已经掌握其发病机制及防治手段外,还有许多疾病,包括遗传性疾病在内,尚在探索之中。特别是当前严重威胁人类健康的癌症,是人类死亡的主要原因之一,如何攻克它是整个生物学领域所面临的重要而艰巨的任务,将涉及生物学中的许多学科,如分子生物学、细胞生物学、遗传学、生物化学等。

生物一时一刻也离不开环境,环境的改变同样对人类产生相应的影响。随着工业技术的发展,农药、化肥和工业三废使环境遭到严重污染。大气污染影响人类呼吸;水源污染影响人类的饮水;土壤污染直接影响植物的生长;过度资源开发严重破坏生态平衡。世界人口的急剧增长和自然资源的空前破坏,是当前世界最大的生态学难题之一。只有对生物学有足够的重视,掌握生物发生发展的客观规律,按照规律办事,才能保护自然资源,维持生态平衡,才能为人类未来的生存和发展提供保证。

减少人口数量、提高人口质量是我国的基本国策。如何落实优生政策,防止遗传性疾病的蔓延,提高中华民族的人口素质,保障人民身体健康,是医务工作者的首要任务。为此,要求医学生必须掌握那些与医学相关的基本理论、基本知识和基本技术。医学生物学是医学各课程的基础课,而细胞学的理论和知识可以说是所有医学课程的基础,学好细胞学,就等于建立了一个研究生命的平台。遗传学知识只有在生物学课程中才进行系统地学习,只有真正认识生命的遗传规律,才能认识人类遗传病,为临床医疗实践打下基础。

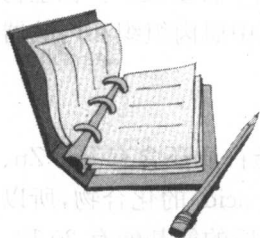
医学研究的对象主要是人,要真正掌握人的属性,就必须把人放在生物界来研究,才能有开阔的思维和视野来认识人,才能达到生物-心理-社会医学模式的要求。生物进化的观点、人类在生物界中的位置和分类依据、生物界中的生物类群及特点、生物与环境的关系等理论、观点,对医学生来说也是必须掌握的。只有全面理解了生物学的知识,才能形成正确的生命观,才能用科学的思维方法学好医学,为人类健康服务。生物学可以说是医学生步入医学殿堂的导论。

生物学作为一门全面探讨和研究生命现象本质的学科,将对人们的日常生活、国民经济建设、国防建设产生重要的影响,因此普及生物学知识是各阶段教育任务之一。我国在中学教育中,很重视生物学知识的介绍;在大学教育阶段,也开始了分文科、理科、工科而开设的“生命科

学导论”。国家教育部启动的面向 21 世纪课程改革,已对工科和理科的生物学教学进行了研究,并出版了相应的教材;对生物专业的学生而言,尤其要求系统学习生物学各分支学科的知识。医学各专业既不同于文、理、工科等专业,也不同于生物专业,在课程设置中,虽有部分生物分支学科的介绍,但不系统,因此这决定了医学各专业的生物学课程设置必将介于上述两者之间,既需要开设生物学课程,又不能像文、理、工科那样设置生物学课程,而是要深浅适度,保证知识够用。生物学和医学是相辅相成、互相促进的,医学生只有具备丰富的生物学知识,才能追踪医学的发展前沿,才能认清医学的发展规律,才能真正学好医学,为将来做好医疗卫生工作打下坚实的基础。

第二章

生命的物质基础



教学要求

了解蛋白质、核酸的组成, DNA、RNA 的结构及在生命活动中的作用; 熟悉糖类、脂质、水和无机盐的生理作用; 掌握原生质的概念及组成、酶的概念及特性、生命的基本特征; 应用辩证唯物主义的观点去认识生命的本质。

辩证唯物主义认为, 自然界是由物质组成的, 自然界中的一切现象都是物质运动的表现形式。生物具有生命现象, 如新陈代谢、生长发育、繁殖、遗传和变异等, 这些生命现象是物质运动的高级形式。生物之所以具有各种生命现象, 有它的物质基础, 因为各种生物都是由生命的物质即原生质(protoplasm)组成的。

第一节 概 述

地球上的生物, 除病毒和类病毒外, 都是由细胞组成的。构成细胞的全部生命物质称为原生质, 它包括细胞膜、细胞质和细胞核等部分, 是细胞生命活动的主要物质基础。

一、原生质的元素组成

虽然地球上的生物形形色色、千姿百态、结构千差万别, 但物质组成是相似的。分析发现, 组成各种生物的原生质, 在化学元素的组成上都含有 C、H、O、N、P、S、K、Na、Ca、Mg、Cl、Fe 等元素, 其中 C、H、O、N 四种元素含量最多, 占 90% 以上。此外, 还有一些元素如 Cu、Zn、I、Ba、Mn、Co、Sr 等, 这些元素含量极微, 称为微量元素。这些元素虽然含量少, 但对于维持生命活动却非常重要, 若缺乏会引起疾病。如缺碘会引起甲状腺肿大(俗称粗脖子病), 缺锌导致儿童生长发育迟缓, 严重缺乏锌时可导致侏儒症。

组成原生质的这些元素在非生物体内都可以找到, 说明生物和非生物具有统一性, 生命的物质基础来源于非生命物质。然而, 组成原生质的这些元素在生物体内是以化合物的形式存在的, 并按一定的方式组合起来, 构成复杂的生命物质体系, 这种复杂的生命物质体系在非生物体内是不存在的。因此, 生物和非生物又存在着根本的区别。

二、组成原生质的化合物

组成原生质的化合物分为有机化合物和无机化合物两大类。有机化合物主要包括糖类、脂质、维生素、蛋白质(酶)、核酸等,其中蛋白质和核酸分子量巨大,结构功能复杂,故又称为生物大分子;无机化合物主要包括水和无机盐。

第二节 原生质中的有机化合物

一、蛋白质

蛋白质(protein)是一类复杂的生物大分子,分子量从几千至几百万,是维持生命活动的重要物质,也是细胞中含量最多的有机化合物,约占细胞干重的 50%。蛋白质种类繁多,结构复杂。蛋白质在不同生物体内的分布是不均匀的,植物中含量较少,动物中含量较多。在生物体的不同部位蛋白质的分布也不均匀。人体中蛋白质含量约为 45%,其中肌肉组织和内脏器官蛋白质含量较多,而骨骼、牙齿和脂肪组织蛋白质含量较少。

(一) 蛋白质的分子组成

组成蛋白质的化学元素主要有 C、H、O、N,有的含有 S、P,少数蛋白质还含有 Fe、Zn、Mn、Cu 等。把蛋白质水解后,得到的产物都是一些称为氨基酸(amino acid)的化合物,所以

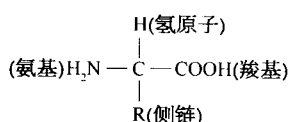


图 2-1 氨基酸的分子
结构通式

氨基酸是蛋白质的基本组成单位。组成蛋白质的氨基酸有 20 种,研究发现这 20 种氨基酸在结构上有共同的特点,每种氨基酸的第一个碳原子(称为 α -碳原子)都连有一个羧基($-\text{COOH}$)、一个氨基($-\text{NH}_2$)、一个氢原子($-\text{H}$)和一条侧链($-\text{R}$),可用结构通式表示(图 2-1)。不同的氨基酸分子具有不同的侧链,可根据侧链的不同,将氨基酸进行分类。正是由于侧链的不同,各种氨基酸分子才具有不同的理化性质。

(二) 蛋白质的分子结构

虽然氨基酸只有 20 种,但组成蛋白质的氨基酸的数目却很多,少的有几十个,多的有数十万个。这些数目众多的氨基酸分子是怎样连接起来形成具有一定生物学功能的蛋白质分子的呢?

通过研究发现,这些氨基酸分子是通过肽键依次连接的。肽键(peptide bond)是指一个氨基酸分子的 α -羧基和另一个氨基酸分子的 α -氨基脱去一分子的水而形成的化学键(图 2-2)。

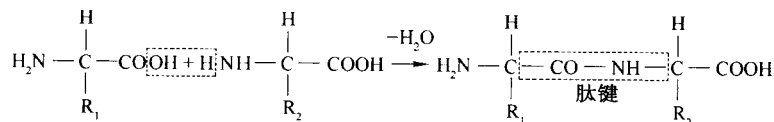


图 2-2 肽键的结构

由两个氨基酸分子缩合形成的化合物称为二肽,由三个氨基酸分子缩合形成的化合物称为三肽,依此类推,可形成四肽、五肽,由多个氨基酸分子缩合形成的化合物称为多肽。

多肽的结构呈链状,称为多肽链(图 2-3)。多肽链并不是呈直线伸展状态,它在各种化学键的作用下,经过折叠、螺旋后,形成了具有一定立体空间结构的蛋白质。多肽链是蛋白质分子的基本结构,一个蛋白质分子可以含有一条多肽链或几条多肽链,这些多肽链可以是相同

的,也可以是不同的。如牛胰岛素由2条多肽链组成,含51个氨基酸;人的血红蛋白由4条多肽链组成,含574个氨基酸。

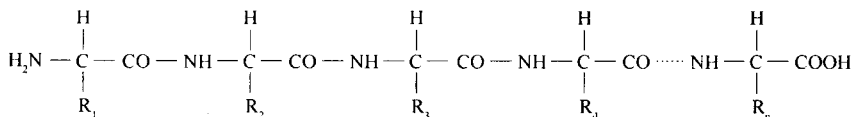


图 2-3 多肽链的结构

多肽链本身并不具有生物学功能,只有当多肽链形成具有特定空间结构的蛋白质分子才具有生物学功能。但是蛋白质空间结构具有相对不稳定性,会受到外界环境的一些物理因素(如加热、紫外线、高压等)或化学因素(酸碱度、重金属离子、有机溶剂等)的影响而发生变化,使蛋白质的空间结构发生改变,导致蛋白质的理化性质发生改变,甚至丧失其生物活性。医学上用的煮沸灭菌、用乙醇消毒,就是使病原微生物的蛋白质发生变性而失去致病力;在制备和保存疫苗、血清时,需要低温,同时避免日光照射和振荡,就是为了防止蛋白质变性。

由于多肽链数目的不同、空间结构的不同,构成了结构和功能各异的蛋白质分子,因此蛋白质具有多样性。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) 蛋白质的类型

蛋白质根据化学组成为单纯蛋白和结合蛋白。单纯蛋白是指单纯由氨基酸组成的蛋白质,不含其他的成分,如清蛋白。结合蛋白是指蛋白质分子除了含有氨基酸外,还有其他的成分,如糖蛋白、脂蛋白、核蛋白。生物体的蛋白质大多属于结合蛋白。根据外形分为纤维蛋白和球蛋白。根据功能分为结构蛋白、调节蛋白、转运蛋白、抗体蛋白、催化蛋白等。

(四) 蛋白质的功能

蛋白质在生命活动中起着非常重要的作用。

1. 结构和支持作用 细胞是生物体的基本单位,细胞干重的50%是蛋白质。
2. 催化作用 生物体每时每刻都在进行着新陈代谢,发生着各种各样的生物化学反应,这些生物化学反应都是在酶的催化下进行的,酶就是一种特殊的蛋白质。
3. 防御作用 高等动物有免疫系统,免疫系统中的抗体能够抵抗外来抗原的侵袭,起着防御保护作用,抗体是免疫球蛋白。
4. 运动功能 肌肉收缩可以产生运动,肌肉收缩是蛋白质滑动的结果;细胞内的微管蛋白参与细胞的分裂和细胞的多种运动。
5. 运输功能 细胞膜上存在着载体蛋白,运输一些物质进出细胞,如血液红细胞中的血红蛋白起着运输氧气和二氧化碳的作用。
6. 调节作用 生物体内有些激素如胰岛素、生长激素等都是蛋白质,这些激素相互作用调节着生物的生长、发育、新陈代谢等生命活动的正常进行。

二、酶

(一) 酶的概念

酶(enzyme)是活细胞内产生的、能够在体内外起催化作用的蛋白质。

根据组成成分,酶可分为单纯酶和结合酶。单纯酶是指完全由蛋白质组成的酶,如淀粉酶、脂肪酶等;结合酶是指由酶蛋白和辅助因子构成的酶,如脱氢酶类。酶是生物催化剂,具有

和一般催化剂不同的特性。

(二) 酶的特性

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,而对其他糖不起催化作用。

2. 高度的催化效能 酶的催化效率比一般化学催化剂高 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍,只需少量的酶就可以起到很强的催化作用,且反应速率很快。如过氧化氢酶催化 H_2O_2 分解的效率比一般非生物催化剂高 10^9 倍。在生物体内,酶的种类很多,但每种酶的含量却很少,这正是因为酶有强大的催化能力,少量即能保证机体一系列代谢过程的正常进行。

3. 高度的不稳定性 由于酶的本质是蛋白质,酶必须具备一定的空间结构才有催化作用。酶的催化作用很容易受温度、酸碱度、金属离子等因素的影响而发生改变,因此酶的作用需要一定条件。在适宜条件下,酶的活性较高;条件不适宜时,酶的催化效率会降低,甚至完全丧失。如在 $37^\circ C$ 条件下,唾液淀粉酶能催化淀粉水解,但经沸水处理过的唾液淀粉酶就失去了催化功能。

三、核酸

核酸(nucleic acid)是细胞中的一类生物大分子,分子量为几十万至几千万。由于最初是从细胞核中分离出来的,并且是呈酸性的物质,故称为核酸。后来研究发现核酸不仅存在于细胞核内,也同时存在于细胞质中。所有生物体都含有核酸,它是一切生物遗传的物质基础,是遗传信息的储存场所,与生物的生长、发育、生殖、遗传和变异都有密切关系。

(一) 核酸的化学组成

核酸的分子量很大,将核酸水解后,得到的产物是一些称为核苷酸(nucleotide)的化合物。核苷酸是核酸的基本组成单位。核酸是由几十个至几千万个核苷酸聚合而成的复杂化合物。多个核苷酸聚合形成的链状结构称为多核苷酸链。

每个核苷酸是由戊糖、碱基、磷酸三部分组成的。一分子戊糖和一分子碱基结合形成的化合物称为核苷,一分子核苷和一分子磷酸结合成为核苷酸。

组成核苷酸的戊糖有两种,即核糖(ribose)和脱氧核糖(deoxyribose)。组成核苷酸的碱基有嘌呤碱和嘧啶碱,其中嘌呤碱有两种,即腺嘌呤(adenine, A)、鸟嘌呤(guanine, G);嘧啶碱有三种,即胞嘧啶(cytosine, C)、胸腺嘧啶(thymine, T)、尿嘧啶(uracil, U)(图 2-4)。

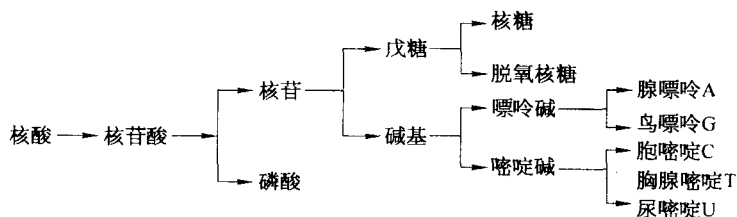


图 2-4 核酸的组成

(二) 核酸的种类与分布

根据核酸中所含戊糖的不同,可将核酸分为两大类:一类是核糖核酸(RNA),另一类是脱氧核糖核酸(DNA)。RNA 分子中的戊糖是核糖,而 DNA 分子中的戊糖则是脱氧核糖。

RNA 主要存在于细胞质中, DNA 主要存在于细胞核内。RNA 分子中的碱基是 A、G、C、U, 而 DNA 分子中的碱基则是 A、G、C、T。此外, 它们的结构也有明显的区别, RNA 一般为一条多核苷酸链, 而 DNA 则多为两条多核苷酸链。

RNA 和 DNA 都是由核苷酸构成的, 根据碱基的不同, 核苷酸分为核糖核苷酸和脱氧核糖核苷酸。RNA 中的戊糖是核糖, 因此 RNA 是由四种核糖核苷酸组成的, 即腺嘌呤核糖核苷酸(AMP)、鸟嘌呤核糖核苷酸(GMP)、胞嘧啶核糖核苷酸(CMP)、尿嘧啶核糖核苷酸(UMP); DNA 中戊糖是脱氧核糖, 因此 DNA 是由四种脱氧核苷酸组成的, 即腺嘌呤脱氧核苷酸(dAMP)、鸟嘌呤脱氧核苷酸(dGMP)、胞嘧啶脱氧核苷酸(dCMP)、胸腺嘧啶脱氧核苷酸(dTMP)。

在生物界中, 除 RNA 病毒外, 所有的细胞和 DNA 病毒都是以 DNA 为遗传信息的载体。真核细胞的 DNA 主要存在于细胞核内, 原核细胞的 DNA 集中于细胞的特定区域。动物细胞、植物细胞中的线粒体和植物细胞中的叶绿体也含有少量的 DNA。RNA 与遗传信息的表达有关, 主要存在于细胞质中, 少量存在于细胞核中。在蛋白质合成过程中, RNA 起着非常重要的作用。DNA 与 RNA 的主要区别见表 2-1。

表 2-1 DNA 与 RNA 的主要区别

种类	戊糖	碱基	分布	结构	功能	核苷酸种类
DNA	脱氧核糖	A、G、C、T	细胞核(主要)	双链	遗传信息的载体	dAMP dGMP dCMP dTMP
RNA	核糖	A、G、C、U	细胞质(主要)	单链	与蛋白质的生物合成有关	AMP GMP CMP UMP

另有一种重要的游离核苷酸, 即腺嘌呤核苷三磷酸, 简称腺苷三磷酸, 又称为三磷酸腺苷(ATP), 由一分子腺嘌呤、一分子核糖和三分子磷酸所组成。它是生物体生命活动所需能量的直接来源。生物体内营养物质如葡萄糖、脂肪等氧化分解所产生的能量, 一般不直接用于生命活动, 而是以 ATP 形式贮存, 能量贮存在三个磷酸分子间的两个高能磷酸键上(图 2-5, 用~表示)。当生命活动需要能量时, ATP 就水解放出能量, 以供需要。所以 ATP 是一种生物体内贮存能量的高能化合物, 是生物体内能量转换、贮存和利用的关键性物质。

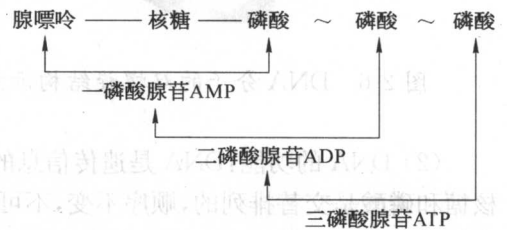


图 2-5 ATP 结构示意图

(三) 核酸的结构与功能

1. DNA 的结构与功能

(1) DNA 的结构: DNA 分子是由几千至几千万个脱氧核苷酸聚合而成的。相邻的脱氧核苷酸之间是通过 3', 5'-磷酸二酯键连接。通过 3', 5'-磷酸二酯键把许多个脱氧核苷酸连接起来, 形成一条多核苷酸链。DNA 是由两条多核苷酸链构成的。

1953 年, Watson 和 Crick 提出了 DNA 分子的双螺旋结构模型(图 2-6), 描述了 DNA 分子的空间结构。该模型认为: DNA 分子是由两条平行的、方向相反的多核苷酸链围绕一个假想的中心轴旋转而成的双螺旋结构, 两条链的方向, 一条链从 3'→5', 另一条链从 5'→3'; DNA 分子的脱氧核糖和磷酸是交替连接的, 构成两条链的骨架; 碱基位于两条链的内侧, 两条链上

的碱基相互对应,通过氢键连接,形成互补的碱基对,腺嘌呤(A)与胸腺嘧啶(T)之间可形成两个氢键(A=T),鸟嘌呤(G)和胞嘧啶(C)之间可形成三个氢键(G=C),这称为碱基互补配对原则(图 2-7),根据这一原则,知道一条链的碱基排列顺序,就可推断另一条链的碱基排列顺序。DNA 分子每螺旋一圈有 10 个碱基对,螺距为 3.4 nm,碱基对之间的距离为 0.34 nm,螺旋的直径为 2 nm。氢键是维持 DNA 分子双螺旋结构的主要化学键,凡是破坏氢键的因素,如加热、pH 的改变等,都能导致 DNA 双螺旋结构的破坏,使双链解旋成两条单链,这一过程称为 DNA 变性或溶解。加热引起的变性称热变性。当 DNA 分子发生变性后,适当调整温度或 pH,分开的两条互补链又可通过碱基配对重新形成双螺旋结构,这一过程称为复性或退火。DNA 变性和复性的特点是核酸分子杂交的基础。

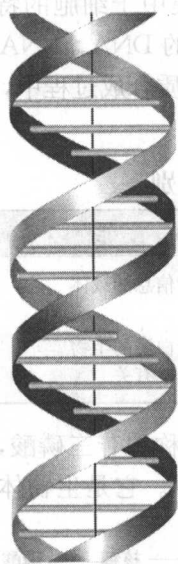


图 2-6 DNA 分子的双螺旋结构示意图

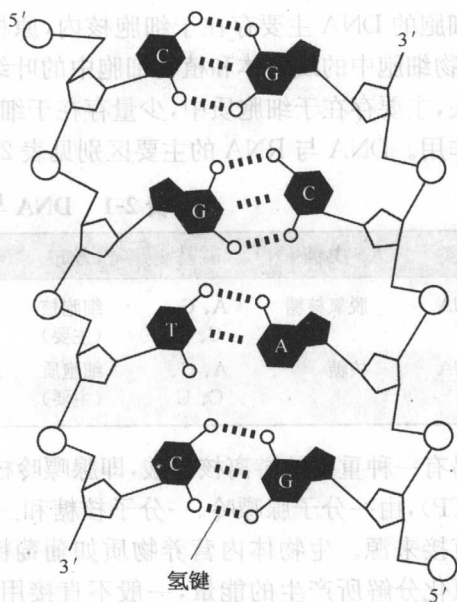


图 2-7 碱基互补配对原则示意图

(2) DNA 的功能:DNA 是遗传信息的贮存者。在 DNA 分子中,位于两条链外侧的脱氧核糖和磷酸是交替排列的,顺序不变,不可能决定 DNA 的多样性,决定 DNA 多样性的是位于内侧的碱基。虽然组成 DNA 的碱基只有 4 种,但是 DNA 分子量巨大,含有碱基对的数目很多,碱基的排列顺序是多种多样的,这就决定了 DNA 分子的多样性和复杂性。假如 DNA 分子含有 1 000 个碱基对,该段 DNA 分子的碱基排列顺序就有 4^{1000} 种可能,就可以形成 4^{1000} 种不同类型的 DNA。蕴藏在 DNA 分子中的碱基对的排列顺序称为遗传信息。不同的 DNA 分子,碱基的排列顺序不同,携带的遗传信息就不同。

DNA 能自我复制,DNA 分子的自我复制(replication)是以亲代 DNA 分子为模板,在酶的作用下,合成子代 DNA 分子的过程。DNA 复制时,首先在 DNA 解旋酶的作用下,DNA 双链中的氢键被打开,分成两条单链,在 DNA 聚合酶的作用下,以每一条单链为模板,利用游离的脱氧核苷酸为原料,按照碱基互补配对的原则,连接上相对应的脱氧核苷酸,合成互补的新链。这样,原来的一个 DNA 分子就复制成了两个和亲代完全相同的子代 DNA 分子。在新合成的子代 DNA 分子的两条链中,一条链是亲代 DNA 分子的,另一条链是新合成的子链,这种复制称为半保留复制(semi-