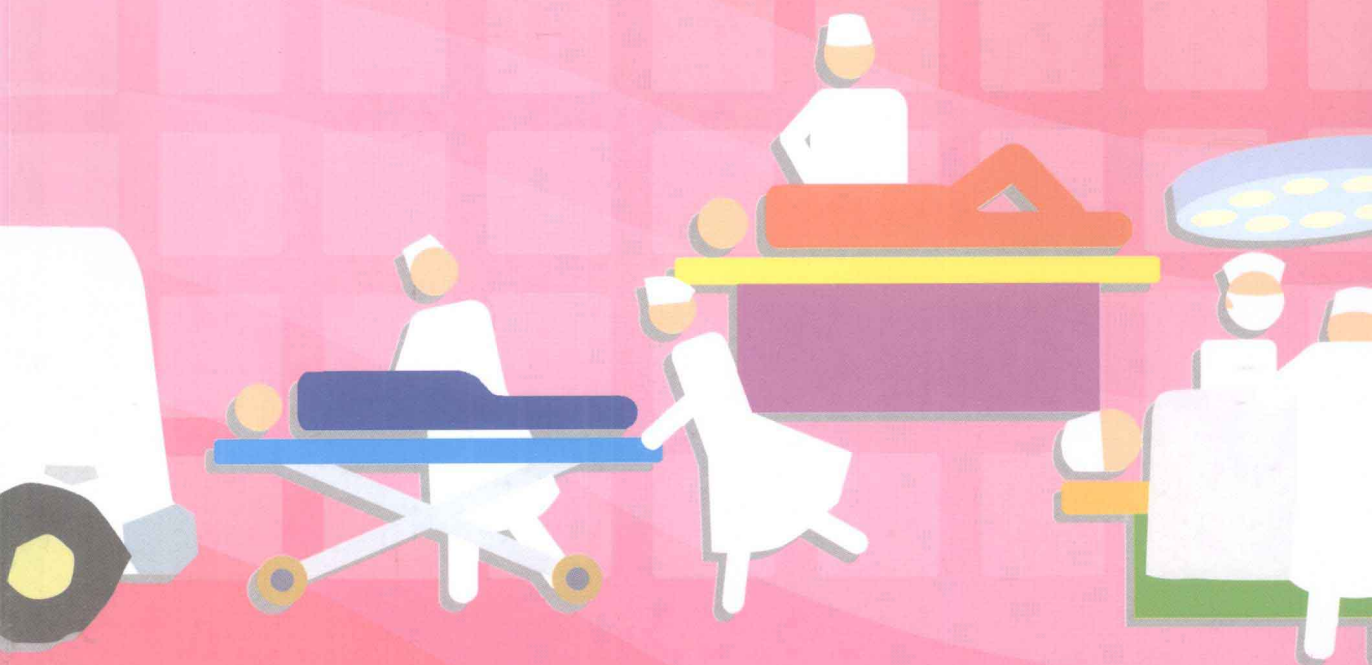




全国中等卫生职业教育“十一五”教改规划教材

生物化学

王志宏 主 编



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

全国中等卫生职业教育“十一五”教改规划教材

生 物 化 学

王志宏 主编

中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS
· 北 京 ·
BEIJING

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/王志宏主编. —北京:中国科学技术出版社,2009.1

全国中等卫生职业教育“十一五”教改规划教材

ISBN 978-7-5046-5358-1

I. 生… II. 王… III. 生物化学-专业学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 192389 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

内 容 提 要

本教材根据《全国中等卫生职业教育教学计划和教学大纲汇编》编写。全书包括绪论、蛋白质与核酸化学、酶、生物氧化、糖代谢、脂类代谢、氨基酸与核苷酸代谢和遗传信息的传递八章内容,介绍了生物大分子的结构和功能、物质代谢和能量代谢、遗传信息的传递及与医学相关的内容。本教材深入浅出,突出体现“双核”,体现教材的实用性和适用性及“四贴近”思想。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

策划编辑 林 培 孙卫华 责任校对 林 华

责任编辑 林 培 李惠兴 责任印制 安利平

发行部:010-62103210 编辑室:010-62103181

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京蓝空印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:8.125 字数:159 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷 定价:13.00 元

ISBN 978-7-5046-5358-1/Q·139

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

出版说明

2007年10月,中国科学技术出版社根据卫生部、教育部成立的第二届卫生职业教育教学指导委员会2007版的《全国中等卫生职业教育教学计划 and 教学大纲汇编》,联合全国30多所卫生学校组织编写了“全国中等卫生职业教育‘十一五’教改规划教材”。本套教材紧扣《全国中等卫生职业教育教学计划 and 教学大纲汇编》,在体现科学性、思想性、启发性的基础上更突出体现教材的实用性、适用性,使其更加贴近当前社会需要、贴近职业岗位需求、贴近当前职业院校学生现状,贴近执业资格考试要求。这套教材另一特点就是:适应当前学生素质水平,通俗知识难度,构建一个更加简明的知识结构。不苛求知识体系的完整,但求知识够用。创建一种利于学生学习的新模式——“七个模块”:

【突出“双核”】即:核心知识和核心技能。核心知识是在重视学科知识点(基础知识)的同时,注重学科科学发展的线索、学科科学的基本概念、学科实验的研究方法以及学科之间的联系等;核心技能则是在重视实践(实验)技能和计算技能(基本技能)的基础上,注重实践(实验)设计、完成实践(实验)、综合运用知识分析问题和解决问题。

【实现“贴近”】即:贴近当前社会需要、贴近职业岗位需求、贴近当前职业院校学生现状,贴近执业资格考试要求。课程模块符合学生数字能力、文字理解能力、形象思维能力和知觉速率的基本水平。体现职业教育的学科特点,实现学科对专业、职业、生活、社会发展和科技进步的贡献。

【策划“链接”】即:教材中增加“科学前沿”、“走进科学”、“学科交叉”、“七彩天空”、“异度空间”、“思维对抗”、“另一扇窗”、“隐形翅膀”、“想象空间”等知识链接栏目,激发学生的学习兴趣、改变学生的学习方式,培养学生的创新思维、科学思想,以适应学生了解科学发展的需要,培养学生的就业能力和创业能力。

【添加“小结”】即:教材中依据各学科的特点,将小结用最精炼的语言、图示勾勒出知识框架,与引言中的“双核”形成呼应。学生可以边阅读、边思考。长期坚持,一定能够培养学生善于归纳总结的习惯和能力。

【精选“训练”】即:教材在基础模块中,突出以问题驱动学习的特点。案例分析特别注重富有思考价值的问题,使其具有承上启下、知识迁移的作用;有些问题则具有或概括、或演绎、或拓展思维的作用。如运用得法,定会有助于学生学习能力的培养。

【提示“指引”】即:包括阅读提示、书目介绍、电子阅览以及网站登录。这种设计会使教学内容丰满,使学生的学习空间拓展开来,也为教师的教学作出相应提示。

【注明“文献”】即:教材在编写过程中,把相应的参考文献罗列在后,以便大家学习和使用。

本套教材共计26本,采用16开本。版面设计更新颖、更关注学生学习心理,图片力求精美,文字生动,尽量以图表代替行文。希望这套教材的出版能够强化学生学习的效果、开拓学生的视野、提高学生的素质和能力。

全国中等卫生职业教育“十一五”教改规划教材丛书

编写委员会

主 编 张 旭 朱振德

副 主 编 高贤波

编 委 (以姓氏笔画为序)

于翠玲	马凤云	王志宏	王志瑶	刘漫江	华 涛
孙建勋	朱振德	许俊业	许晓光	闫雪燕	吴 枫
宋效丹	张 旭	张 展	李 伟	李抒诗	李晓凡
李翠玲	杨小青	沙 菁	邱尚璞	闵晓松	陈玉喜
林 敏	林敏捷	周剑涛	周意丹	姚彩云	姜德才
宫晓波	洪 梅	徐久元	徐 兢	莫建杰	顾永权
高贤波	康立志	梁 萍	曾冰冰	曾建平	蔺淑芳
赫光中	潘登善				

总 策 划 高贤波 林 培

《生物化学》编委会

主 编 王志宏

副 主 编 吴 丹 梁学义

编 者 (以姓氏笔画为序)

毋晋英 朱 红 吴少珊 何 倩 赵红霞

前 言

本教材是“全国中等卫生职业教育‘十一五’教改规划教材”之一，是以卫生部、教育部教学指导委员会 2007 版《全国中等卫生职业教育教学计划和教学大纲汇编》为依据，由中国科学技术出版社组织全国多家卫生职业教育院校的骨干教师共同完成的。其指导思想是在体现教材的科学性、启发性的基础上更突出体现教材的实用性和适用性。通过“七个模块”的结构设计实现教材的转变、教学内容的转变、以及引导学生学习方式的转变。突出“双核”，力求体现职业教育特色，体现“四个贴近”思想。本教材有以下特点：

1. 降低教材难度。教材编写过程中，我们充分考虑到职业教育的需求和当前学生的素质水平，减少了较深层次的理论描述，避开了过于复杂的化学结构式的出现，构建简明的知识结构体系。

2. 突出“七个模块”。以问题的形式提出“双核”模块，引出知识点；概括知识点进行“小结”；结合“双核训练”指导学生系统复习；通过“相关信息”、“隐形翅膀”、“七彩天空”等小栏目插入课外阅读知识，拓宽学生视野；增加“学习指引”，为学生提供电子阅览及网站登录信息，拓展学习空间。

3. 取舍教学内容。在与其他学科交叉的内容上做了调整。在注重知识的系统性、科学性的基础上，也注重其适用性和实用性。如“水盐代谢与酸碱平衡”、“肝脏生化”内容在其他学科的教材中已经出现，本教材不再重复介绍。

希望本教材能够引导学生自主学习，创建有利于学生学习的新模式；培养学生创新思维和科学意识，为其他专业课打基础，适应中等卫生职业人才的培养需求。

限于编者水平，书中疏漏和不妥之处，敬请同行专家和使用本教材的读者指正，以便再版时能臻于完善。

王志宏
2008 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1	第二节 甘油三酯的代谢	70
第二章 蛋白质与核酸化学	6	第三节 类脂的代谢	76
第一节 蛋白质化学	6	第四节 血脂	79
第二节 核酸化学	17	第七章 氨基酸与核苷酸代谢	85
第三章 酶	27	第一节 蛋白质的营养作用	85
第一节 概述	27	第二节 氨基酸的代谢	87
第二节 酶的结构与功能	29	第三节 氨基酸、糖和脂肪在代谢上的联系	96
第三节 辅酶与维生素	32	第四节 核苷酸的代谢	97
第四节 影响酶促反应速度的因素	33	第八章 遗传信息的传递	101
第五节 酶与医学的关系	37	第一节 DNA 的生物合成	101
第四章 生物氧化	40	第二节 RNA 的生物合成	103
第一节 概述	40	第三节 蛋白质的生物合成	105
第二节 线粒体生物氧化体系	41	第四节 基因表达与基因工程	110
第三节 ATP 的生成与能量的利用和转移	44	附录 1 实验指导	114
第四节 非线粒体生物氧化体系	47	实验一 酶的专一性及影响酶促反应的因素	114
第五章 糖代谢	50	实验二 肝中酮体的生成作用	116
第一节 糖的分解代谢	50	实验三 血清丙氨酸氨基转移酶测定 (赖氏法)	117
第二节 糖原的合成与分解	59	附录 2 生物化学教学大纲	120
第三节 糖异生作用	61	参考文献	124
第四节 血糖	64		
第六章 脂类代谢	68		
第一节 脂类的分布与功能	68		

第一章 绪 论

双核

自古以来,人类在不断探索生命的奥秘。生物化学作为一门生命科学领域最前沿的学科,从分子水平上研究生命现象,探讨生命现象的本质,在人类社会的各个领域发挥着日益重要的作用。

医学生物化学是医学各专业的基础课,主要研究人体内的化学变化规律与生理功能的关系。那么,什么是生物化学呢?生物化学研究的具体内容是什么?生物化学与医学又有怎样的关系呢?

一、生物化学的概念及发展

(一) 生物化学的概念

生物化学是运用化学的理论和方法,研究生物体的化学组成及化学变化规律的科学。由于生物化学是在分子水平上探讨生命现象的本质,阐明生物体内所发生的一切化学变化及其与生命活动的关系,因此,生物化学就是生命的化学。

(二) 生物化学的研究对象

生物化学研究的对象是自然界所有的生物体,包括动物、植物和微生物。在医学领域中,生物化学的研究对象是人体,它不仅利用化学的理论和方法,而且还结合生物学、生理学、遗传学、免疫学等学科的理论和技术。微生物和实验动物常被作为研究对象,其目的是通过实验结果以获取大量与人体生物分子有关的知识。生物化学的许多研究成果来自于动物实验。通过临床医疗实践,也可以为人体生物化学的研究积累丰富的资料。

(三) 生物化学的发展

生物化学是在有机化学和生理学的基础上建立和发展起来的。生物化学的研究始于18世纪,最初称为生理化学,直到1903年德国化学家纽堡(Carl. A. Neuberg)首先使用“生物化学”这个名词,使生物化学成为一门独立的学科。

生物化学首先在德国,继而在法国、英国、美国、俄罗斯和日本等国家发展。20世纪是生物化学突飞猛进的黄金时代,生物化学的两个重要突破是推动生物化学飞速发展的主要因素:一个是19世纪末和20世

纪初科学家将酶的作用机理理解为生物反应的催化剂，用来阐述物质代谢的重要途径；另一个是1953年美国生物学家沃森（J. Watson）和英国物理学家克里克（F. Crick）共同提出了DNA分子双螺旋结构模型，开创了分子遗传学、分子生物学的新时代。20世纪70年代，重组DNA技术获得成功，从此开创了基因工程，并利用这一技术先后成功地制造了生长激素释放抑制激素、胰岛素、干扰素、生长激素等。美国从1990年开始实施“人类基因组计划”，这是生命科学史上最庞大的全球性研究计划，其研究成果进一步加深了人们对生命本质的认识，使医学研究从细胞水平深入到分子水平。随着人类基因组计划的完成，人类基因组的全部序列已经确定，这是生命科学领域的又一个里程碑。

中国生物化学诞生于20世纪20年代，对中国生物化学影响最大的人是协和医院的吴宪（1893~1959），他提出了“蛋白质变性说”。我国对生物化学的突出贡献是1965年人工合成结晶牛胰岛素，并证明它与天然胰岛素具有相同的结构和生物活性。随后我国在1981年人工合成酵母丙氨酸转移核糖核酸；1999年参与国际人类基因组计划（HGP）并与美、英、法、德、日合作，于2000年6月26日共同完成人类基因组工作框架图，2003年成功绘制人类基因组测序“中国卷”和水稻基因图谱。

二、生物化学的主要内容

（一）生物体的化学组成

生物体是由组织器官构成的，细胞是组成组织器官的基本单位，每个细胞中又包含着许许多多的化学分子。人体的基本化学组成成分包括蛋白质、核酸、脂类、糖等有机物及水、无机盐等无机物。其中蛋白质、核酸、多糖及复合脂类是存在于生物体内的分子量大、结构复杂的分子，它们都是由各自的基本结构单位按一定顺序和方式连接形成的多聚体，称为生物大分子。蛋白质和核酸是对生命活动起着关键性作用的主要生物大分子，在生命活动中发挥着重要的生理作用。

在确定生物体的化学组成和含量的同时，更重要的是研究这些化学分子的结构、性质和功能。结构是功能的基础，功能是结构的体现。以蛋白质为例，人体蛋白质的种类有十万余种，不同的蛋白质有着不同的结构，具有不同的功能，因此也就构成了千差万别、种类繁多的生命现象。由于生物大分子蕴藏着各种信息，它们之间相互识别和相互作用，在基因信息的表达、传递与调控中发挥着重要的作用，因此，分子结构、分子识别和分子间的相互作用是当今生物化学的研究热点之一。



相关信息

人类基因组计划

人类基因组计划 (human genome project, HGP) 是美国科学家于 1985 年率先提出的, 1990 年正式启动。美国、英国、法国、德国、日本和我国科学家共同参与了这一价值达 30 亿美元的人类基因组计划。这一计划旨在为 30 多亿个碱基对构成的人类基因组精确测序, 发现所有人类基因 (共有 3 万个), 并搞清其在染色体上的位置, 破译人类全部遗传信息。人类基因组计划与曼哈顿原子弹计划和阿波罗计划并称为三大科学计划。

(二) 新陈代谢及其调节

组成生物体的物质不断地进行着多种有规律的化学变化, 即新陈代谢。新陈代谢是生物体的基本特征之一, 包括物质代谢和能量代谢。生物体在生命过程中不断地与外界环境进行物质交换, 摄入的营养素在体内氧化生成水和二氧化碳, 并释放能量, 排出代谢废物, 以维持体内环境的相对稳定, 这一过程称之为生物氧化。这是生物体更新的过程, 是生长、发育、繁殖等生命活动的基础。物质代谢发生紊乱则可引起疾病, 体内这些化学反应一旦停止, 生命即告终结。

物质代谢是成千上万个错综复杂化学变化的总和, 要维持体内错综复杂的代谢途径有序地进行, 生物体的代谢需要具有高度的自我调控能力和严格的调节机制。物质代谢中的绝大部分化学反应是酶催化的, 酶结构和酶量的变化对物质代谢起着重要的调节作用。因此, 研究物质代谢、能量代谢及代谢调节规律是生物化学的重要内容。

七彩天空

人体需要哪些营养素?

营养素是指能维持人体健康以及提供生长、发育和劳动所需要的各种物质。人体需要的营养素有近 50 种, 可分为七大类: 糖类、脂肪、蛋白质、水、无机盐、维生素和纤维素。营养素按人体需要的多少, 可分为常量营养素和微量营养素。前者是指每日需要量在 1g 以上的营养素, 如碳水化合物、脂肪、蛋白质、水及钾、钠、钙、镁、磷、氯。微量营养素指每日需要量为百分之几克至千分之几克的营养素, 如铁、铜、锌、铬、锰、钼、硒、碘、氟以及某些维生素。不同年龄、不同身体状况的人对营养素的需要量不同。

(三) 遗传信息传递及调控

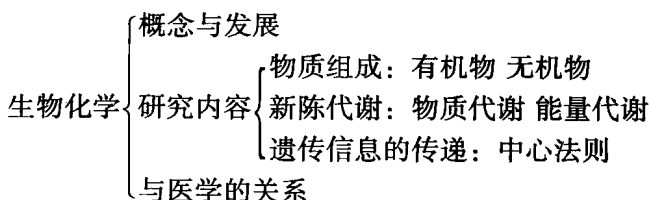
生物体的遗传性状之所以能够稳定地传给后代,是由于生物体在繁殖后代的过程中使遗传信息代代相传。DNA 是遗传信息的载体,其分子中的碱基排列顺序贮存着遗传信息,即基因。遗传信息的传递和表达,包括 DNA 的复制、RNA 的转录、蛋白质的生物合成及其调控,遵循遗传的中心法则。遗传信息的表达主要是通过蛋白质的功能来体现的,因此可以说蛋白质是生命活动的执行者。

基因信息的传递与调控的研究,对解释生物遗传、变异、生长、分化等诸多生命现象及阐明遗传性疾病、恶性肿瘤、心血管病的发病机制具有重要作用。在基因水平上对人类的疾病进行诊断和治疗,是科学家们正在探求的重大课题。

三、生物化学与医学

生物化学的理论和技術已经渗透到基础医学和临床医学的各个领域,并产生了许多新兴的交叉学科,如分子遗传学、分子免疫学、分子微生物、分子病理学、分子药理学。生物化学的理论和方法与临床实践的结合,产生了医学生物化学的许多领域,如研究生理功能失调与代谢紊乱的病理生物化学,以酶的活性、激素的作用与代谢途径为中心的生化药理学,与器官移植和疫苗研制有关的免疫生化。

近几年,随着生物化学的蓬勃发展,生物化学的理论和技术在临床医学中的应用也越来越广泛,从分子水平上探讨各种疾病的病因、诊断及疾病的预防和治疗,已经成为当代医学研究的共同目标。尤其是恶性肿瘤、心血管疾病、遗传性疾病、神经系统疾病、免疫性疾病等重大疾病的发病机理分子水平的研究及早期诊断及治疗,都依赖于生物化学的理论和技術的新发展,在疾病相关基因克隆、基因芯片、蛋白质芯片在疾病诊断和基因治疗方面也取得了重大成就,从而出现了基因诊断学等新兴学科,目前已有数千位病人接受了基因治疗试验。分子生物学理论和技術的发展,重组 DNA 技术、基因诊断与基因治疗、聚合酶链反应(PCR)等技术在医学领域中的应用,人类基因组计划的实施,都表明了生物化学现已逐步成为生命科学共同语言和领军学科,在医学领域中发挥着重要的作用。





1. 解释生物化学的概念。
2. 生物化学主要研究内容有_____、_____、_____。



网络资源：百度百科 <http://baike.baidu.com/>

搜搜 <http://www.soso.com/>

搜索：生物化学

国家精品课程《生物化学》网

(王志宏)

第二章 蛋白质与核酸化学

蛋白质与核酸是生物体内重要的物质，在生物的生长发育、繁殖、遗传和变异等方面起着重要的作用。蛋白质是生命的物质基础，凡是有蛋白质的地方，就一定要有生命的存在。早在 200 年前恩格斯就指出：生命是蛋白体的存在形式。蛋白质是生命活动的体现者，具有重要的生理功能：参与人体的结构组成、催化细胞内的化学反应、调解物质代谢、运输营养物质和代谢产物、肌肉收缩和运动、保护和免疫。核酸是遗传的物质基础，决定着遗传信息的传递。掌握蛋白质与核酸复杂的分子结构和特殊的理化性质，对于人们从分子水平上认识生命活动规律，探索生命现象的本质，具有十分重要的意义。

第一节 蛋白质化学

双核

自然界中的蛋白质约有 100 亿种，人体内的蛋白质也有 10 万余种。一个细胞中可能有近千种蛋白质，它们的结构各异，功能也各不相同。这样复杂的蛋白质有着怎样的分子组成呢？它又是通过怎样的结构来发挥其复杂的生理功能呢？

一、蛋白质的分子组成

（一）蛋白质的元素组成

蛋白质的主要元素有碳（50% ~ 55%）、氢（6% ~ 8%）、氧（19% ~ 24%）、氮（13% ~ 19%），有些蛋白质还含有硫、磷等其他元素，少数蛋白质还含有铁、铜、锰、钴、锌、钼等元素。蛋白质的元素组成有一个重要的特点，就是各种蛋白质分子氮的含量比较接近，平均为 16%，即 1 克氮相当于 6.25g 蛋白质。生物组织中含氮物以蛋白质为主，因此，通过直接测定生物样品中氮的含量，就可以推算出样品中蛋白质的含量。

每克样品中蛋白质含量 = 每克样品中含氮量 $\times$ 6.25

（二）组成蛋白质的基本单位——氨基酸

1. 氨基酸的结构特点

蛋白质在酸、碱或蛋白酶的作用下，可彻底水解成氨基酸。由此证

明组成蛋白质的基本单位是氨基酸。组成人体蛋白质的氨基酸有 20 种 (表 2-1)。它们在结构上都有共同的结构特征。



相关信息

食物蛋白质含量的测定

蛋白质的组成非常复杂，直接测定其含量技术难，成本高。因此，在食品分析中通常用“凯氏定氮法”，测得其中的含氮量后，再计算出该样品的蛋白质含量。这种方法的明显缺陷是用含氮量来代替蛋白质的含量，于是就使不法分子有了可乘之机，他们通过在食品中添加氮元素含量很高的三聚氰胺、尿素等化学物质来提高食品蛋白质的含量，以获取高额利润。但却给人民的健康和生命造成了极大的损害。2008 年出现的“三鹿”牌婴幼儿奶粉中毒事件就是一个典型的例子。

表 2-1 氨基酸分类

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点 (pI)
1. 非极性氨基酸					
甘氨酸	glycine	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Gly	G	5.97
丙氨酸	alanine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Alg	A	6.00
缬氨酸	valine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Val	V	5.96
亮氨酸	leucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Leu	L	5.98
异亮氨酸	isoleucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ile	I	6.02
苯丙氨酸	phenylalanine	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Phe	F	5.48
脯氨酸	proline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 \quad \text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2^+ \end{array}$	Pro	P	6.30
2. 极性中性氨基酸					
色氨酸	tryptophan	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$ 	Trp	W	5.89

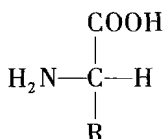
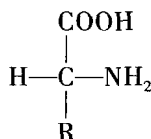
续表

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点 (pI)
丝氨酸	serine	$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Ser	S	5.68
酪氨酸	tyrosine	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Try	Y	5.66
半胱氨酸	cysteine	$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Cys	C	5.07
蛋氨酸	methionine	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Met	M	5.74
天冬酰胺	asparagine	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\substack{ \\ \text{O}}}{}{\text{C}}-\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Asn	N	5.41
谷氨酰胺	glutamine	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\substack{ \\ \text{O}}}{}{\text{C}}\text{CH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Gln	Q	5.65
苏氨酸	threonine	$\text{HO}-\underset{\substack{ \\ \text{CH}_3}}{\text{CH}}-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Thr	T	5.60
3. 酸性氨基酸					
天冬氨酸	aspartic acid	$\text{HOOCCH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Asp	D	2.97
谷氨酸	glutamic acid	$\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Glu	E	3.22
4. 碱性氨基酸					
赖氨酸	lysine	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Lys	K	9.74
精氨酸	arginine	$\text{NH}_2\text{CNH}-\underset{\substack{ \\ \text{NH}}}{}{\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2}-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$	Arg	R	10.76
组氨酸	histidine	$\text{HC}-\underset{\substack{ \\ \text{N}}}{}{\text{C}}-\underset{\substack{ \\ \text{NH}}}{}{\text{CH}_2}-\underset{\substack{ \\ ^+\text{NH}_3}}{\text{CHCOO}^-}$ H	His	H	7.59

(1) 在与羧基相连的 α -碳原子上都有一个氨基（除脯氨酸结合的是亚氨基外），因此称为 α -氨基酸。

(2) 除甘氨酸外，其他所有氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子。由于不对称碳原子上的 4 个不同基团的空间排列不同，使得 α -氨基酸具有两种构型：L-型和 D-型。组成人体蛋白质的氨基酸都属于 L-型的，即 L- α -氨基酸。

(3) L- α -氨基酸有着共同的结构通式, 不同的氨基酸侧链 (R) 结构不同, 使得体内含有的 20 种氨基酸表现出各异的理化性质。

L- α -氨基酸D- α -氨基酸

2. 氨基酸的分类

氨基酸的种类很多, 根据氨基酸分子中 R 侧链的结构和性质的不同, 将氨基酸分为四类:

(1) 非极性氨基酸: 氨基酸分子含有非极性 R 侧链, 这类氨基酸具有不同程度的疏水性。

(2) 极性氨基酸: R 侧链上含有非游离的极性基团, 故具有亲水性。

(3) 酸性氨基酸: R 侧链上含有羧基, 在水溶液中易解离出 H^+ 而具有酸性。

(4) 碱性氨基酸: R 侧链上含有氨基等易接受 H^+ 的基团而具有碱性。

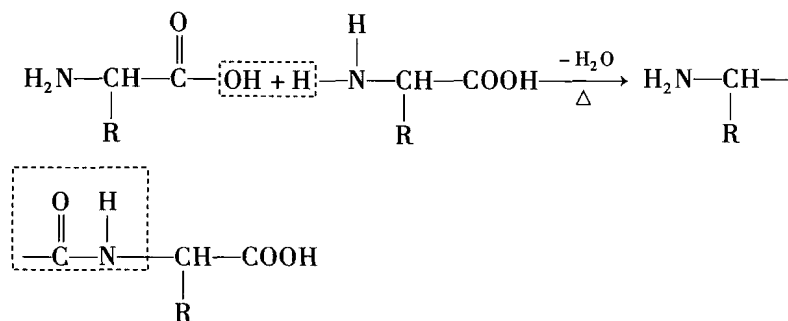
二、蛋白质的分子结构

人体内的蛋白质是由 20 种氨基酸以不同的数量、种类和不同的排列顺序组合, 并且各自具有不同的空间结构水平。根据蛋白质的不同结构层次, 可将蛋白质的结构分为一级结构、二级结构、三级结构和四级结构。其中一级结构为蛋白质的基本结构, 二、三、四级结构为其空间结构。

(一) 蛋白质的一级结构

1. 肽键和肽

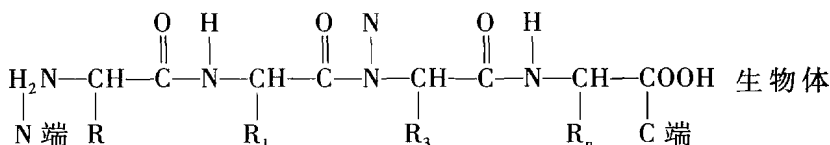
一个氨基酸的 α -羧基与另一个氨基酸的 α -氨基脱水缩合所形成的化学键 (酰胺键 $-\text{CO}-\text{NH}-$) 称为肽键。



氨基酸通过肽键连接而成的化合物称为肽。两个氨基酸缩合成二

肽，三个氨基酸缩合成三肽，以此类推。一般十肽以内的肽称为寡肽，十肽以上的肽称为多肽。多肽呈链状，称为多肽链。蛋白质就是由数十个到数百个氨基酸通过肽键相互连接形成的多肽链。多肽链是蛋白质分子的最基本结构，有些蛋白质分子只有一条多肽链，有些蛋白质分子则由两条或多条多肽链构成。

多肽链中的氨基酸因脱水缩合而有残缺，称为氨基酸残基。多肽链有两端，一端具有游离的氨基称为氨基末端（N-末端），另一端具有游离的羧基称为羧基末端（C-末端）。在表示肽链中氨基酸残基的顺序时，习惯上将N-末端写在左边，C-末端写在右边，氨基酸编号依次从N-末端向C-末端排列。



内存在着许多具有重要生物活性的寡肽和多肽，如谷胱甘肽（GSH）、催产素、加压素、胰高血糖素等。其中谷胱甘肽是体内重要的还原剂，它可以对抗体内产生的过多的 H_2O_2 和体外来源的氧化剂，起到保护蛋白质巯基免遭氧化、维持蛋白质正常的结构和生理功能的作用。GSH 能保护巯基（-SH）酶的活性，维持红细胞膜的完整性。GSH 分子中的巯基还可与毒物、致癌物等结合，从而阻断毒物、致癌物与细胞 DNA、RNA 和蛋白质结合，起到保护细胞的作用。

2. 蛋白质的一级结构

蛋白质多肽链分子中氨基酸的排列顺序称为蛋白质的一级结构。这种排列顺序是由基因上的遗传信息决定的。一级结构是蛋白质的基本结构。维持蛋白质一级结构的主要化学键是肽键，也称蛋白质分子结构的主键。蛋白质的一级结构决定蛋白质的空间结构和特异的生物学功能。

目前，许多蛋白质的一级结构已被阐明。胰岛素是世界上第一个被确定一级结构的蛋白质。胰岛素是由 51 个氨基酸残基组成的含有 A、B 两条多肽链的蛋白质（图 2-1）。A 链由 21 个氨基酸残基组成，B 链由 30 个氨基酸残基组成。两条链之间通过二硫键相连。

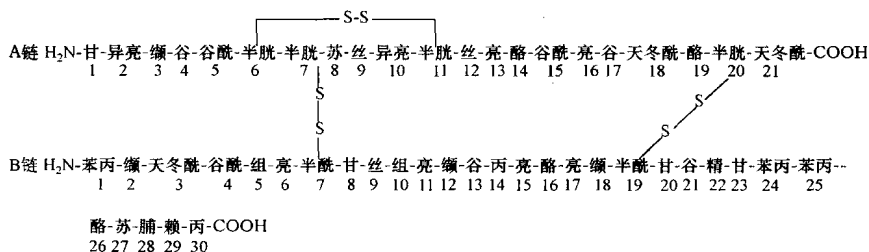


图 2-1 胰岛素一级结构