

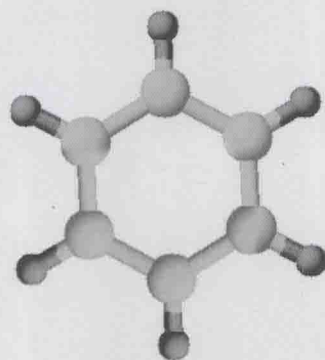
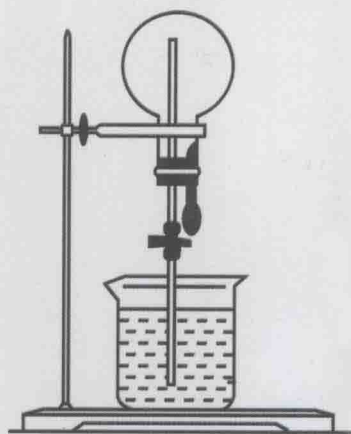
普通高等教育“十二五”规划教材

· 医学教材系列 ·

生物化学

SHENGWU HUA XUE

主编◎康爱英 于海英



辽宁大学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

生物化学

主 编 康爱英 于海英
副主编 黄川峰 尹永英 郭桂平
畅丽萍 王 宇 唐 静

辽宁大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学 / 康爱英, 于海英主编. —沈阳: 辽宁大学出版社, 2013. 6

普通高等教育“十二五”规划教材. 医学教材系列
ISBN 978—7—5610—7338—4

I. ①生… II. ①康… ②于… III. ①生物化学—高等学校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 139381 号

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 北京明兴印务有限公司

发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 20

字 数: 480 千字

出版时间: 2013 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 张琢石 黄 铮

封面设计: 可可工作室

责任校对: 齐 悦

书 号: ISBN 978—7—5610—7338—4

定 价: 38.00 元

联系电话: 86864613

邮购热线: 86830665

网 址: <http://www.lnupshop.com>

电子邮件: lnupress@vip.163.com

《生物化学》编撰人员名单

主 编 康爱英 于海英

副主编 黄川峰 尹永英 郭桂平

编 委 (以姓氏笔画为序)

于海英 漯河医学高等专科学校

尹永英 南阳医学高等专科学校

张 冬 南阳医学高等专科学校

周淑敏 廊坊卫生职业技术学院

郭桂平 廊坊卫生职业技术学院

雷 呈 南阳医学高等专科学校

黄川峰 南阳医学高等专科学校

康爱英 南阳医学高等专科学校

畅丽萍 新乡学院

王 宇 新乡幼儿师范学校

唐 静 新乡幼儿师范学校

前言

为了进一步贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的精神,将教材建设与强化学生职业技能培养紧密结合,锤炼精品,突出实用,强化衔接,产教结合,使教材建设适应当前高等职业教育教学改革与发展的需要。本教材使用对象以临床医学专业为主,也适用于预防医学、护理、医学检验、口腔医学等专业的基础生物化学课程的教学。

《生物化学》以就业为导向,以培养“实用型”人才为根本,遵循科学性、先进性、适用性、创新性和可读性等原则,并参照临床执业医师生物化学考试大纲,对某些较深奥抽象、难以理解的内容,如公式的数学推导、化学反应机制、繁杂的化学结构式等内容进行删繁就简;加强基础与临床、理论与实践之间的联系,使教材内容更加贴近学生、贴近社会、贴近职业岗位,实现与临床执业医师考试无缝对接。

本教材共分为十八章,计划 72 学时完成,其中理论 56 学时,实验 16 学时。本教材内容包括四部分:第一部分为蛋白质、核酸、酶及维生素,着重介绍生物大分子的结构与功能的联系。第二部分是物质代谢,包括糖、脂类、氨基酸、核苷酸、物质代谢调节与细胞信息传导,围绕能量代谢与生物氧化,重点阐述物质代谢之间的联系及其调节。第三部分是以生物遗传的中心法则为核心,阐述遗传信息的流动,即复制、转录、翻译过程;简要介绍基因工程和常用分子生物学技术的原理及其应用。第四部分属临床生物化学,重点阐述水与无机盐代谢、酸碱平衡及肝脏的物质代谢特点。每章正文前有学习要求,文中插有知识链接,介绍名人轶事、科技史话、新发现新观点、典型病例等,以激发学生学习兴趣;各章后附有思考与练习题,便于学生温故知新。

尽管本教材编写人员精雕细琢,但仍可能有不妥之处,敬请广大师生不吝赐教和指正,以便之日臻完善。

编者
2013 年



目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 当代生物化学研究的主要内容	(3)
第三节 生物化学与医学	(4)
第二章 蛋白质的结构与功能	(6)
第一节 蛋白质的分子组成	(6)
第二节 蛋白质的分子结构	(10)
第三节 蛋白质结构与功能的关系	(14)
第四节 蛋白质的理化性质	(14)
第五节 蛋白质的分类	(17)
第三章 核酸的结构与功能	(18)
第一节 核酸的分子组成	(18)
第二节 核酸的分子结构	(22)
第三节 核酸的理化性质	(28)
第四章 酶	(31)
第一节 概述	(31)
第二节 酶的命名和分类	(32)
第三节 酶的结构与功能	(34)
第四节 体内酶的特殊存在形式	(37)
第五节 影响酶促反应速度的因素	(41)
第六节 酶在医学上的应用	(47)
第五章 维生素	(50)
第一节 维生素的概述	(50)
第二节 脂溶性维生素	(51)
第三节 水溶性维生素	(57)
第六章 糖代谢	(66)
第一节 概 述	(66)
第二节 糖的分解代谢	(67)
第三节 糖的储存与动员	(76)



第四节 血糖及其调节	(81)
第七章 生物氧化	(84)
第一节 生物氧化的方式和参与的酶类	(84)
第二节 生物氧化过程中 CO_2 的生成	(86)
第三节 生成 ATP 的氧化体系	(87)
第四节 其他不生成 ATP 的氧化体系	(97)
第八章 脂类代谢	(100)
第一节 不饱和脂酸的命名及分类	(101)
第二节 脂类的消化与吸收	(102)
第三节 三酰甘油的代谢	(103)
第四节 磷脂代谢	(117)
第五节 胆固醇代谢	(122)
第六节 血脂与血浆脂蛋白	(125)
第九章 氨基酸代谢	(133)
第一节 蛋白质的营养作用	(133)
第二节 氨基酸的一般代谢	(135)
第三节 氨的代谢	(139)
第四节 个别氨基酸的代谢	(144)
第十章 核苷酸代谢	(152)
第一节 核苷酸的合成代谢	(152)
第二节 核苷酸的分解代谢	(158)
第十一章 DNA 的生物合成	(163)
第一节 基因信息传递概述	(163)
第二节 DNA 的复制过程	(169)
第三节 DNA 的损伤与修复	(171)
第四节 逆转录合成 DNA	(173)
第十二章 RNA 的生物合成	(175)
第一节 转录的模板和酶	(176)
第二节 转录的过程	(181)
第三节 真核生物 RNA 的加工修饰	(189)
第十三章 蛋白质的生物合成	(198)
第一节 蛋白质的生物合成体系	(198)
第二节 蛋白质生物合成过程	(205)
第三节 蛋白质生物合成与医学的关系	(224)
第十四章 基因工程和常用分子生物学技术	(228)
第一节 基因工程	(228)
第二节 常用分子生物学技术	(238)



第十五章 物质代谢调节和细胞信号转导	(245)
第一节 物质代谢的调节	(245)
第二节 细胞信息转导概述	(248)
第三节 信息转导途径	(252)
第四节 信息转导异常与疾病	(257)
第十六章 肝胆生物化学	(258)
第一节 肝在物质代谢中的作用	(258)
第二节 肝脏的生物转化作用	(262)
第三节 胆汁与胆汁酸代谢	(268)
第四节 胆色素代谢与黄疸	(272)
第十七章 水与无机盐代谢	(279)
第一节 体液	(279)
第二节 水平衡	(282)
第三节 钠、钾、氯的代谢	(284)
第四节 钙磷代谢	(289)
第五节 镁与微量元素的代谢	(293)
第十八章 酸碱平衡	(298)
第一节 体内酸碱物质的来源	(298)
第二节 酸碱平衡的调节	(299)
第三节 酸碱平衡与电解质代谢的关系	(304)
第四节 酸碱平衡失调	(306)



第一章 绪论



学习要求

掌握:生物化学的概念及研究的主要内容。

熟悉:生物化学与医学的关系。

了解:生物化学的发展简史。

生物化学(biochemistry)是探索生命奥秘的“生命科学”,是一门基础医学的必修课程,对医学生职业能力和职业素质养成起主要支撑和明显的促进作用。绪论是生物化学的总论,它系统地介绍了生物化学的概念和发展,当代生物化学研究的范围和任务,生物化学与医学的关系等。期望医学生们对生物化学有一个全面、正确地认识,为学好生物化学以及后继的临床课程奠定坚实的基础。

第一节 概述

一、生物化学的概念

生物化学是研究生物体的化学组成及其变化规律的一门科学。即从分子水平和化学变化的本质上阐述生命现象,因此生物化学又称为生命的化学。生物化学的研究主要采用化学的原理与方法,但也融入了生物物理学、生理学、细胞生物学、遗传学和免疫学等理论和技术,使其与众多的学科有着广泛的联系与交叉。

二、生物化学的研究对象

生物化学研究的对象是生物体,其研究范围涉及整个生物界。根据研究的具体对象不同,生物化学又可分为植物生物化学、动物生物化学、微生物生物化学和人体生物化学等。医学生物化学以人体为主要研究对象,同时也充分利用微生物和其他动物进行实验研究,以获得大量的有关人体生物分子的知识。例如,人体细胞内一些物质代谢的知识,最是从大肠杆菌、酵母等微生物的研究中获得的。此外,临床医疗实践也为人体生物化学的深入研究积累了丰富的经验和宝贵的资料。



知识链接

分子生物学

分子生物学是研究核酸、蛋白质等所有生物大分子的结构、功能及其代谢调控的科学。从广义上理解,分子生物学是生物化学的重要组成部分,是生物化学的发展和延续。分子生物学的发展逐渐揭示了生物遗传、进化的奥秘,并促进了生物化学及其相关学科,特别是医学的发展,使医学从细胞水平深入到分子水平,也使医务工作者对疾病的认识和防治进入了一个更加微观、更加本质的时代。

三、生物化学的发展简史

生物化学是一门古老又年轻的学科,它既有悠久的发展历史,又有近代许多重大的进展和突破。

(一)古代生物化学的应用

早在公元前 21 世纪,西方生物化学诞生之前,我国劳动人民就已开始在生产、医疗和营养方面的实践中用粮食酿酒,酿酒用的曲称为酒母或酶。我们的祖先利用大豆、谷类、小麦等原料制酱、醋和饴。这些食品都属于发酵酿造业产品,是利用曲(即酶)催化谷物中淀粉发酵的实践。

在医药方面,春秋战国时期人们用曲治疗消化不良,且沿用至今;在晋朝(公元 4 世纪)时有用海藻(含碘)治疗瘰病(即甲状腺肿)。唐朝初年(公元 7 世纪)孙思邈试用含维生素 B₁ 丰富的中草药治疗“脚气病”。另外,他还首先用含维生素 A 丰富的猪肝治疗雀目(夜盲症)。

(二)近代生物化学的发展

近代生物化学的发展可分为三个阶段:

1. 叙述生物化学阶段 从 18 世纪中叶到 20 世纪初是生物化学发展的初期阶段,这期间以研究生物体的化学组成为主,取得的重要成绩包括:对脂类、糖类及氨基酸的性质进行了较为系统的研究,发现了核酸和酶等。

2. 蓬勃发展阶段 从 20 世纪初开始,生物化学蓬勃发展,进入了动态生物化学阶段。如在营养学方面发现了必需氨基酸、必需脂肪酸和维生素;在内分泌方面,发现了多种激素,并将其分离、合成;在物质代谢方面,阐明了许多物质代谢的重要途径,包括糖代谢途径的酶促反应过程、脂肪酸的 β -氧化、尿素合成等;Krebs 创立了三羧酸循环理论而奠定了物质代谢研究的理论基础;在遗传学方面,确定了 DNA 是遗传的物质基础。这期间还有化学分析技术和同位素示踪技术的发展和运用,为生物化学理论的进一步研究、发展创造了技术条件。

3. 分子生物学时代 20 世纪后半叶以来,生物化学进入了一个崭新的阶段——分子生物学时代。1953 年,Watson 和 Crick 创立了 DNA 双螺旋结构模型,阐明了核酸的结构与功能的关系;60 年代初步确立了遗传信息传递的中心法则,找到了破解生命之谜的钥匙;70 年代建立了重组 DNA 技术,使人们主动改造生物物种成为可能;80 年代发现了核酶,深化了对酶的认识;聚合酶链反应(PCR)技术的发明和应用,大大推进了分子生物学技术的发展;20 世纪末,被誉为“基因圣战”的人类基因组计划正式启动,由于测序技术的进步,该计划提前了 5 年完成。人类基因组草图的完成,无疑将从根本上阐明生命活动的遗传学基础,并为基因诊断、基因治疗及基因工程药物的研发创造了良好的开端,分子生物学经过了基因时代、基因组时代,而步入后基



基因组时代。



知识链接

我国科学家对生物化学做出的巨大贡献

我国老一辈科学家对生物化学的发展做出了巨大贡献。生物化学家吴宪等在血液化学分析方面,创立了血滤液的制备和血糖测定法;在蛋白质研究中提出了蛋白质变性学说;在免疫化学方面,对抗原抗体反应机制的研究也有重要的发现。

特别是新中国成立后,生物化学迅速发展。1965年我国在世界上首先采用人工方法,合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素;1981年我国又成功地合成酵母丙氨酸转移核糖核酸。近年来,我国的基因工程、新基因的克隆与功能、疾病相关基因的定位克隆及其功能的研究均取得了可喜的成果,特别是人类基因序列草图的完成也凝结着我国科学家的汗水和心血。

第二节 当代生物化学研究的主要内容

一、生物体的物质组成

生物体是由成千上万种化学成分所组成,包括无机物和有机物(有机小分子和生物大分子)。人体内含水占体重的55%~67%,蛋白质占15%~18%,脂类占10%~15%,无机盐占3%~4%,糖类占1%~2%。此外,还有核酸、维生素、激素等。这些物质种类繁多,结构复杂,功能各异,是机体一切生命活动的物质基础。

生物体的 物质组成	{	无机物	{	水
				无机盐: 如 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 等
	{	有机物	{	有机小分子: 核苷酸、葡萄糖、氨基酸、维生素等
				生物大分子: 蛋白质、核酸、多糖、复合脂类等

二、生物分子的结构与功能

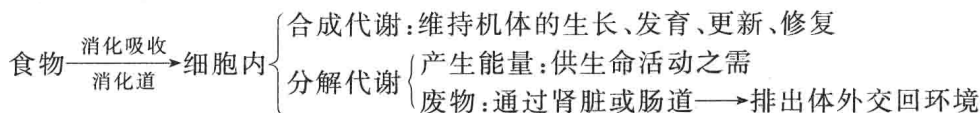
生物分子是指由基本单位按一定顺序和方式连接而形成的多聚体,分子量一般大于 10^4 。如蛋白质、核酸、多糖、复合脂类、蛋白聚糖等。对生物分子的研究,除了确定其元素组成及一级结构(基本单位的种类、排列顺序和方式)外,更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。分子结构是功能的基础,而功能则是结构的体现。由于生物分子蕴藏着各种信息,可称为信息分子,它们之间的相互识别和相互作用,在细胞信号转导和基因表达调控中起着重要的作用。因此,分子结构、分子之间的识别和相互作用,是生物信息分子体现特定生物学功能的基本要素,该领域的研究是当今生物化学研究的热点课题之一。

三、物质代谢及其调节

新陈代谢是生命的最基本特征。机体在生命活动中,一方面不断地从外界环境中摄取氧气和营养物质,并将其转化成自身的组成成分,以实现机体的生长、发育和更新,同时储存能量;另



一方面,体内的组成成分不断地进行分解,释放能量供应机体利用,产生的代谢终产物,通过排泄器官排出体外。这种机体与周围环境之间进行的物质交换和能量交换以实现自我更新的过程,称为新陈代谢。新陈代谢过程中,物质的合成与分解称为物质代谢。物质代谢与能量代谢密切相关,相互依存。



人体的物质代谢其本质是一系列复杂的化学反应过程,它是机体实现自我更新、生长、发育、繁殖及一切生理活动的基础。这些化学反应几乎每一步都需要酶来催化,而酶的活性受许多因素如:底物、代谢产物、神经、激素等的调节,使物质代谢的速度和方向适应机体的生理需要。生命活动是靠物质的正常代谢来维持的,若物质代谢发生紊乱,即可导致疾病的发生;物质代谢一旦停止,生命随即告终。因此,物质代谢及其调节是生物化学研究和学习的重要内容。

四、基因信息传递及其调控

生物体的另一重要特征是具有繁殖能力和遗传特性。遗传信息传递涉及到生物体的遗传、变异、生长、分化等生命过程,也与遗传病、恶性肿瘤、心血管病等多种疾病的发病机制有关。DNA 是遗传的物质基础,个体的遗传信息以基因为单位储存在 DNA 分子中,通过复制使遗传信息代代相传;在子代个体的发育过程中,遗传信息经过转录和翻译,使子代表现出与亲代相似的遗传性状。因此,DNA 的结构与功能、DNA 复制, RNA 转录,蛋白质生物合成等基因信息传递与表达的过程及调控机制,是现代生物化学研究的中心环节,也是研究遗传病、恶性肿瘤、心血管病及一些药物的作用机制等不可缺少的理论基础。

第三节 生物化学与医学

生物化学是医学实践和医学科学研究的重要理论基础和手段。随着生命科学研究的不断深入,生物化学逐渐渗透到许多相关学科,在生命科学、医药卫生中具有越来越重要的地位。

一、生物化学与基础医学

生物化学是从有机化学及生理学发展起来的,许多生理现象需用生物化学的知识和方法来解释,两者有着密切的关系。生物化学的研究和学习是建立在对人体的形态、结构和功能全面认识的基础上。因此,解剖学、组织学、生物学和生理学是学习生物化学的前提。生物化学的理论和技術已渗透到基础医学和临床医学的各个领域,使之产生了许多新兴的交叉学科,如分子免疫学、分子病理学、分子药理学、生物工程学等等。生物化学在上述学科间处于重要的地位,甚至成为它们的“共同语言”。

二、生物化学与临床医学

生物化学的知识对认识疾病和维持健康提供了理论基础,随着近代医学的发展,生物化学的理论和技術,越来越多地被运用于临床疾病的防治工作中。如测定血清酶、同工酶谱及血清中的化学成分,可提高疾病的诊断水平;生化药物和基因药物在治疗某些疾病中取得重大进展。



随着新的诊断检测技术的不断建立,不仅可以揭示某些疑难疾病的发病机理,同时,将给严重危害人类健康的许多疾病(如肿瘤、遗传性疾病、代谢异常疾病、免疫缺陷性疾病等)的诊断和治疗带来全新的概念。可见,生物化学是现代医学发展的重要支柱,而医学又为生物化学的发展开辟了广阔道路。

三、生物化学与护理

生物化学的研究成果,从分子水平上阐明了健康和维持健康的基本内涵,为护理工作中进行护理评估、做出护理诊断、提出诊疗方案以及开展健康教育等方面提供理论和技术支持。生物化学在护理专业应用性知识主要有以下几个方面:①应用营养物质代谢的基本知识,对不同疾病患者进行营养指导、食谱制定、营养咨询服务;②学习蛋白质变性理论和矿物质生理功能等知识,用于临床无菌操作、输液及常见病人的护理;③应用新陈代谢及酶学知识,为临床疾病的观察、分析、处理提供可靠的依据。

四、怎样学好生物化学

生物化学所研究的内容是一个医务工作者必须具备的知识。因此,学习和掌握生物化学的基本理论,对理解人体的功能、维持机体的健康、认识疾病的本质以及探讨疾病的预防、诊断及治疗是十分必要的。

生物化学课程特点:生物化学是研究细胞内的化学变化,是从分子水平上揭示生命的奥秘,既看不见又摸不着,既深奥又抽象;加之化学结构式、反应式多,代谢途径复杂,给初学者带来一定的困难。

教师授课尽可能淡化知识的系统性、整体性,以“必需”、“够用”为尺度,突出实用、联系实际、内容贴近职业岗位。

学习方法:运用辩证的、发展的、整体的观点来学习生物化学;要明确目标、抓主线、找规律、联系实际、牢记要点,勤于思考、善于归纳、乐学会用。通过实验来验证理论,再用理论来指导实践,发展理论,在理解的基础上加深记忆。掌握生物化学的知识和技能,为深入学习其他基础课和临床课程奠定坚实的基础。



思考与练习

1. 解释生物化学的概念。
2. 简述当代生物化学研究的内容。
3. 熟悉生物化学与医学的关系。
4. 了解生物化学的发展简史。



第二章 蛋白质的结构与功能



学习要求

掌握:蛋白质的元素组成与特点、基本单位及蛋白质各级结构的概念和维系键;

蛋白质二级结构的主要形式及蛋白质的主要理化性质。

熟悉:蛋白质的结构与功能的关系及蛋白质变性在医学上的应用。

了解:蛋白质的分类。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

从各种动、植物组织提取的蛋白质(protein),经元素分析表明,含碳 50%~55%、氢 6%~8%、氧 19%~24%、氮 13%~19%和硫 0~4%;有些蛋白质还含有少量磷、硒或金属元素铁、铜、锌、锰、钴、钼等,个别蛋白质还含有碘。

各种蛋白质的含氮量很接近,平均为 16%。由于动植物组织中含氮物质以蛋白质为主,因此通过测定生物样品中的含氮量,根据蛋白质的平均含氮量为 16%,就可以按列公式计算出样品中蛋白质的大致含量。

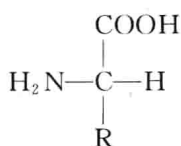
$$100 \text{ 克样品中蛋白质含量} = \text{每克样品中含氮克数} \times 6.25 \times 100$$

二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸

研究大分子有机化合物的组成单位,最常用的方法是将大分子化合物进行水解。蛋白质在酸、碱或蛋白酶的作用下,可以被水解为小分子物质。蛋白质彻底水解后,用化学分析方法证明其基本组成单位是氨基酸(amino acid)。

(一)氨基酸的一般结构特点

1. 组成天然蛋白质的氨基酸都是 α -氨基酸(脯氨酸为 α -亚氨基酸) 蛋白质水解生成的天然氨基酸,其化学结构具有一个共同的特点,即连接羧基的 α 碳原子上还连有一个氨基(或亚氨基),故称 α -氨基酸,其结构通式如下。



氨基酸结构通式

2. 除甘氨酸外,组成天然蛋白质的氨基酸都属于 L-型氨基酸 由氨基酸结构通式可以看出,除 R 为 H 外,与 α 碳原子相连的四个原子或基团各不相同,所以除甘氨酸外其余氨基酸的 α 碳原子是一个不对称碳原子,因而具有旋光异构现象,有 D 和 L 两种构型之分。组成天然蛋白质的氨基酸属于 L-型氨基酸。目前,生物界中已发现的 D-型氨基酸大都存在于某些细菌产生的抗生素及个别植物的生物碱中。

3. 不同的氨基酸主要体现在侧链(R 基团)的不同 组成天然蛋白质的 20 种氨基酸,都具有 α -氨基、 α -羧基及 α 碳上的氢,其不同在于侧链(R 基团)的不同。

(二)氨基酸的分类

根据氨基酸侧链(R 基团)的结构和性质不同,将 20 种氨基酸分为四类(表 2-1):

1. 非极性侧链氨基酸 这类氨基酸的特征是其具有非极性侧链,它们显示出不同程度的疏水性。属于这一类的氨基酸包括脂肪族(丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和蛋氨酸)和芳香族(苯丙氨酸和色氨酸)氨基酸以及亚氨基酸(脯氨酸)。

2. 非电离极性侧链氨基酸 特征是具有极性侧链,故有亲水性。这类氨基酸有的具有羟基(丝氨酸、苏氨酸和酪氨酸),有的具有巯基(半胱氨酸),有的具有酰胺基(天冬酰胺和谷氨酰胺);侧链只有一个氢但仍能表现一定极性的甘氨酸也属此类。

3. 酸性侧链氨基酸 其侧链含有羧基,在生理条件下分子带负电荷,又称带负电荷的侧链氨基酸,包括天冬氨酸和谷氨酸。

4. 碱性侧链氨基酸 这类氨基酸的特征是在生理条件下带正电荷,又称带正电荷的侧链氨基酸,包括侧链含 ϵ -氨基的赖氨酸、含胍基的精氨酸和含咪唑基的组氨酸。

表 2-1 组成蛋白质的 20 种编码氨基酸

氨基酸名称	简写符号	结构式	等电点(pI)
非极性侧链氨基酸			
1. 丙氨酸	丙, Ala, A	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array} $	6.00
2. 缬氨酸	缬, Val, V	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	5.96
3. 亮氨酸	亮, Leu, L	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	5.98
4. 异亮氨酸	异, Ile, I	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_3^+ \end{array} $	6.02



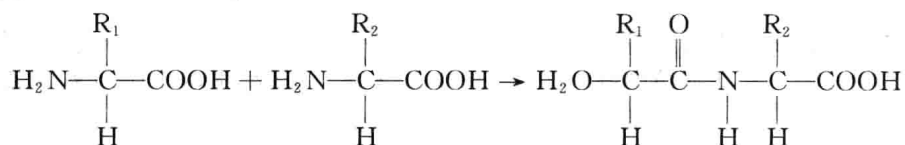
氨基酸名称	简写符号	结构式	等电点(pI)
5. 蛋氨酸(甲硫氨酸)	蛋, Met, M	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.74
6. 苯丙氨酸	苯, Phe, F	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.48
7. 色氨酸	色, Trp, W	$\text{Indole ring}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.89
8. 脯氨酸	脯, Pro, P	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \quad \text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{NH}_3^+ \end{array}$	6.30
非电离子侧链氨基酸			
9. 甘氨酸	甘, Gly, G	$\text{H}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.97
10. 丝氨酸	丝, Ser, S	$\text{HO}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.68
11. 苏氨酸	苏, Thr, T	$\text{HO}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.60
12. 酪氨酸	酪, Tyr, Y	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.66
13. 半胱氨酸	半, Cys, C	$\text{HS}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.07
14. 天冬酰胺	天-NH ₂ , Asn, N	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.41
15. 谷氨酰胺	谷-NH ₂ , Gln, Q	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	5.65
酸性侧链氨基酸			



氨基酸名称	简写符号	结构式	等电点(pI)
16. 天冬氨酸	天, Asp, D	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	2.77
17. 谷氨酸	谷, Glu, E	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	3.22
碱性侧链氨基酸			
18. 赖氨酸	赖, Lys, K	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	9.74
19. 精氨酸	精, Arg, R	$\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{NH}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	10.76
20. 组氨酸	组, His, H	$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH} \end{array}$	7.59

三、肽

蛋白质是由氨基酸聚合成的高分子化合物。在蛋白质分子中,氨基酸之间通过肽键(peptide bond)相连。肽键是由一个氨基酸的羧基和另一个氨基酸的氨基脱水缩合形成的键,又称酰胺键($-\text{CO}-\text{NH}-$)。



氨基酸之间通过肽键相互连接而成的化合物称为肽(peptide)。由两个氨基酸形成的肽叫二肽,如甘氨酸与丝氨酸脱水生成的二肽即甘氨酰丝氨酸。三个氨基酸形成的肽叫三肽,以此类推。一般十肽以下称为寡肽,十肽以上者则称为多肽或多肽链(polypeptide chain)。肽链中的氨基酸分子因脱水缩合而有残缺,故称为氨基酸残基。蛋白质就是由许多氨基酸残基组成的多肽链,通常将分子量在10000以上的称为蛋白质,以下的称为多肽(胰岛素的分子量虽为5733,但习惯上仍称为蛋白质)。多肽链中有游离氨基的一端称为氨基末端或N末端;有游离 α -羧基的一端称羧基末端或C末端。按照惯例,命名和书写肽链均从N末端开始指向C末端。

生物体内能合成许多具有各种重要生物学活性的小分子肽,称为生物活性肽,如:抗氧化作用的谷胱甘肽(glutathione, GSH)、下丘脑分泌的促甲状腺素释放激素及腺垂体分泌的促肾上腺皮质激素等。近年来,通过重组DNA技术,在体外还可以生成重组多肽类药物、重组多肽类疫苗等。