

卫生部规划教材

高等医药院校教材

供基础、预防、临床、口腔医学类专业用

生物化学

第四版

顾天爵 主编
冯宗忱 副主编



人民卫生出版社

图书馆

高等医药院校教材

(供基础、预防、临床、口腔医学类专业用)

生物化学

第四版

顾天爵 主编

冯宗忱 副主编

编者

于秉治(中国医科大学)

马润泉(中山医科大学)

卢义钦(湖南医科大学)

冯宗忱(同济医科大学)

刘秉文(华西医科大学)

李茂深(上海医科大学)

周爱儒(北京医科大学)

顾天爵(上海医科大学)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/顾天爵主编. —4版. —北京:人民卫生出版社,1995

ISBN 7-117-00195-X

I. 生… II. 顾… III. 生物化学-医学院校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 06105 号

生 物 化 学

第 四 版

顾 天 爵 主 编

人 民 卫 生 出 版 社 出 版
(北京市崇文区天坛西里10号)
兰 州 八 一 印 刷 厂 印 刷
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

787×1092 毫米 16 开本 22 $\frac{3}{4}$ 印张 4 插页 514 F字

1978 年 12 月 第 1 版 1996 年 9 月 第 4 版 第 21 次 印 刷
印 数:770 471—820 470

ISBN 7-117-00195-X/R·196 定 价:18.70 元
著 作 权 所 有, 请 勿 擅 自 用 本 书 制 作 各 类 出 版 物, 违 者 必 究。

全国高等医学院校临床医学专业 第四轮教材修订说明

为适应我国高等医学教育的改革和发展，卫生部临床医学专业教材评审委员会，在总结前三轮教材编写经验的基础上，于1993年5月审议决定，进行第四轮修订，根据临床医学专业培养目标，确定了修订的指导思想和教材的深度及广度，强调临床医学专业五年制本科是培养临床医师的基本医学教育，全套教材共46种，第四轮修订38种，另8种沿用原版本。

必 修 课 教 材

- | | |
|-----------------|--------------|
| 1. 《医用高等数学》第二版 | 罗泮祥主编 |
| 2. 《医用物理学》第四版 | 胡纪湘主编 |
| 3. 《基础化学》第四版 | 杨秀岑主编 |
| 4. 《有机化学》第四版 | 徐景达主编 |
| 5. 《医用生物学》第四版 | 李 璞主编 |
| 6. 《系统解剖学》第四版 | 于 频主编 |
| 7. 《局部解剖学》第四版 | 徐恩多主编 |
| 8. 《解剖学》第二版 | 余 哲主编 |
| 9. 《组织学与胚胎学》第四版 | 成令忠主编 |
| 10. 《生物化学》第四版 | 顾天爵主编 冯宗忱副主编 |
| 11. 《生理学》第四版 | 张饶如主编 乔健天副主编 |
| 12. 《医用微生物学》第四版 | 陆德源主编 |
| 13. 《人体寄生虫学》第四版 | 陈保惠主编 |
| 14. 《医学免疫学》第二版 | 龙振洲主编 |
| 15. 《病理学》第四版 | 武忠弼主编 |
| 16. 《病理生理学》第四版 | 金惠铭主编 |
| 17. 《药理学》第四版 | 江明性主编 |
| 18. 《医学心理学》第二版 | 龚耀先主编 |
| 19. 《法医学》第二版 | 郭景元主编 |
| 20. 《诊断学》第四版 | 戚仁铎主编 王友赤副主编 |
| 21. 《影像诊断学》第三版 | 吴恩惠主编 |
| 22. 《内科学》第四版 | 陈灏珠主编 李宗明副主编 |
| 23. 《外科学》第四版 | 裘法祖主编 孟承伟副主编 |
| 24. 《妇产科学》第四版 | 乐 杰主编 |
| 25. 《儿科学》第四版 | 王慕逊主编 |
| 26. 《神经病学》第三版 | 侯熙德主编 |

- | | |
|-----------------|-------|
| 27. 《精神病学》第三版 | 沈渔邨主编 |
| 28. 《传染病学》第四版 | 彭文伟主编 |
| 29. 《眼科学》第四版 | 严 密主编 |
| 30. 《耳鼻咽喉科学》第四版 | 黄选兆主编 |
| 31. 《口腔科学》第四版 | 毛祖彝主编 |
| 32. 《皮肤性病学》第四版 | 陈洪铎主编 |
| 33. 《核医学》第四版 | 周 申主编 |
| 34. 《流行病学》第四版 | 耿贯一主编 |
| 35. 《卫生学》第四版 | 王翔朴主编 |
| 36. 《预防医学》第二版 | 陆培廉主编 |
| 37. 《中医学》第四版 | 贺志光主编 |

选 修 课 教 材

- | | |
|------------------|-------|
| 38. 《医学物理学》 | 刘普和主编 |
| 39. 《医用电子学》 | 刘 骥主编 |
| 40. 《电子计算机基础》 | 华蕴博主编 |
| 41. 《医学遗传学基础》第二版 | 杜传书主编 |
| 42. 《临床药理学》 | 徐叔云主编 |
| 43. 《医学统计学》 | 倪宗瓚主编 |
| 44. 《医德学概论》 | 丘祥兴主编 |
| 45. 《医学辩证法》 | 彭瑞聰主编 |
| 46. 《医学细胞生物学》 | 宋今丹主编 |

全国高等医学院校临床医学专业 第三届教材评审委员会

主任委员 裘法祖
副主任委员 高贤华

委 员 (以姓氏笔画为序)

方 圻	王廷础	乐 杰	刘湘云	乔健天
沈渔邨	武忠弼	周东海	金有豫	金魁和
南 潮	胡纪湘	顾天爵	彭文伟	

前 言

《生物化学》第三版于1989年出版,至今已有5年。1993年5月在济南召开了临床医学专业教材评审委员会和主编会议,讨论第四版教材有关事宜。为了使医学教材构成一完整的体系、避免不必要的重复,会议决定将水、无机质代谢(包括钙磷代谢)、酸碱平衡归入《病理生理学》;生物膜归入《生理学》。鉴于分子生物学发展迅速,而医、药本科没有分子生物学这门课;生物化学与分子生物学互相渗透,已无明显界线,决定在《生物化学》中适当增加分子生物学的内容。

1993年11月在成都召开了本书编写会,经过充分讨论,决定将分散在蛋白质结构与功能、酶及卟啉代谢中的内容集中成血浆蛋白与血红蛋白一章,以得到较为完整的概念。代谢调节章与酶、各代谢途径的调节重复颇多,内容比较局限。另一方面细胞间信息传递协调着机体的统一和谐,不仅包括物质代谢的调节,还涉及腺体分泌、肌肉收缩或平滑肌张力的维持、细胞的生长、分化等,而且越来越显示出其重要性及与疾病的关系。为此,删去了代谢调节章,增加了细胞间信息传递章。将后者与血浆蛋白与血红蛋白章列为第四篇——专题篇。

关于教材的选材、深广度,济南会议提出要有先进性、科学性,但要深入浅出,充分考虑到学生的接受能力。它有别于专著,但也不同于讲义。既要顾及生物化学的发展趋势,又要考虑当前医学的实际情况。我们力求做到概念清楚、重点突出、内容丰满、有归纳、有分析,推理合乎逻辑。对于大量出现的代谢通路,只重点说明,着重于其调节及生理意义,以便能介绍分子生物学、细胞间信息传递等新内容。

本书由八位同志执笔、集体讨论评阅。有些章节经评阅后作了较大修改,所以不少章节由二人共同完成。

本书编写过程中,李茂深教授参加了大多数章节的评阅、修改。华西医科大学生化教研室和汕头大学医学院温博贵教授及生化教研室的同志们为编写会、定稿会作了周到的安排和热情的接待;同济医科大学生化教研室的魏泽兰、曹圣、从容、杨宇虹、廖国宁、李清芬、邓莉等同志为本书抄稿、整理图表、校对等,在此一并表示衷心感谢。

顾天蔚 冯宗忱

1994年11月

目 录

第一篇 生物大分子的结构与功能

第一章 蛋白质的结构与功能	1
第一节 氨基酸与多肽	1
一、氨基酸	1
二、肽键与肽链	4
三、医学上重要的多肽	4
第二节 蛋白质的构象	6
一、蛋白质分子中的非共价键	6
二、蛋白质的一级结构	7
三、肽链的周期性结构——蛋白质的二级结构	9
四、蛋白质的三级结构	11
五、蛋白质的变性	13
六、蛋白质的四级结构	13
第三节 纤维状蛋白质	14
一、胶原蛋白	14
二、弹性蛋白	16
三、角蛋白	17
第四节 球状蛋白质	17
一、肌红蛋白	17
二、血红蛋白	19
第五节 蛋白质的分离、纯化及结构分析	22
一、蛋白质的分离与纯化	22
二、多肽链中氨基酸的顺序分析	24
第二章 核酸的结构与功能	27
第一节 核苷酸及其连接	28
一、核苷酸	28
二、核苷酸的连接	30
第二节 DNA 的双螺旋结构	31
第三节 DNA 的理化性质及其应用	34
第四节 DNA 的功能	36
第五节 RNA 的结构与功能	38
一、mRNA	38
二、tRNA	40
三、rRNA	42
第三章 酶	43

第一节 酶的催化作用	43
一、催化作用	43
二、酶-底物复合物	45
三、酶的专一性	46
四、酶催化作用机制	47
第二节 酶的分类与命名	48
一、酶的分类	48
二、酶的命名	51
第三节 辅酶与酶辅助因子	51
一、维生素与辅酶	51
二、辅酶的作用	54
三、金属离子的作用	55
第四节 酶反应动力学	55
一、底物浓度的影响	55
二、最适 pH	58
三、最适温度	59
四、酶的抑制	59
第五节 酶的调节	63
一、别构酶	63
二、酶的共价修饰	64
三、酶原的激活	66
四、酶含量的调节	66
五、同工酶	67

第二篇 物质代谢

第四章 糖代谢	71
第一节 糖的消化吸收	71
第二节 糖的分解代谢	72
一、糖酵解途径	72
二、糖酵解	77
三、糖的有氧氧化	78
第三节 糖原的合成与分解	82
一、肝糖原的合成与分解	83
二、肝糖原合成与分解的调节	85
三、肌糖原的合成与分解	87
四、糖原累积症	88
第四节 糖异生	89
一、糖异生途径	89
二、糖异生的调节	91
三、糖异生的生理意义	92
四、乳酸循环	93
第五节 糖的其他代谢途径	94

一、磷酸戊糖途径	94
二、糖醛酸途径	98
三、多元醇的生成	99
第六节 血糖及其调节	100
一、胰岛素	101
二、胰高血糖素	101
三、糖皮质激素	102
四、肾上腺素	102
第七节 其他单糖代谢	102
一、果糖代谢	102
二、半乳糖代谢	103
第八节 糖蛋白及蛋白聚糖	103
一、糖蛋白	103
二、蛋白聚糖	106
第五章 三羧酸循环与氧化磷酸化	110
第一节 ATP 与其他高能化合物	111
一、ATP 循环与高能磷酸键	111
二、能量与磷酸基的转移	113
三、其他高能磷酸化合物之间的转移	114
第二节 线粒体	115
第三节 三羧酸循环	116
一、三羧酸循环的反应过程	117
二、三羧酸循环的生理意义	121
第四节 氧化磷酸化	122
一、电子传递链	123
二、ATP 合酶	129
三、三羧酸循环与氧化磷酸化的调节	131
第五节 还原当量与 ATP 的转运	132
一、还原当量的转运	133
二、ATP、ADP、Pi 的转运	134
第六章 脂类代谢 I —— 脂肪代谢	136
第一节 脂肪酸的分类及命名	136
一、脂肪酸的分类	136
二、脂肪酸的命名	136
第二节 脂肪的消化和吸收	137
第三节 脂肪的合成代谢	138
第四节 脂肪的分解代谢	140
一、脂肪的动员	140
二、脂肪酸的 β -氧化	142
三、脂肪酸的其他氧化方式	145
四、酮体的生成及利用	147

第五节 脂肪酸的合成代谢	148
一、软脂酸的合成	149
二、脂肪酸碳链的加长	152
三、不饱和脂肪酸的合成	152
四、脂肪酸合成的调节	153
第六节 多不饱和脂肪酸的重要衍生物——前列腺素、血栓噁烷及白三烯	154
一、前列腺素、血栓噁烷、白三烯的化学结构及命名	154
二、PG、TX 及 LT 的合成	155
三、PG、TX 及 LT 的生理功能	156
第七章 脂类代谢 I —— 磷脂、胆固醇及血浆脂蛋白代谢	158
第一节 磷脂的代谢	158
一、甘油磷脂的代谢	158
二、鞘磷脂的代谢	163
三、鞘糖脂的代谢	165
第二节 胆固醇代谢	168
一、胆固醇的结构、分布及生理功能	168
二、胆固醇的消化吸收	170
三、胆固醇的合成	171
四、胆固醇转变成胆汁酸	173
五、胆固醇转化为类固醇激素	176
第三节 血浆脂蛋白代谢	179
一、血脂	179
二、血浆脂蛋白的分类、组成及结构	179
三、载脂蛋白	181
四、血浆脂蛋白代谢	185
五、血浆脂蛋白代谢异常	189
第八章 氨基酸代谢	191
第一节 蛋白质的营养作用	191
一、蛋白质的生理功能	191
二、蛋白质的需要量	191
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败	192
一、蛋白质的消化	192
二、氨基酸的吸收	194
三、蛋白质的腐败	196
第三节 氨基酸的一般代谢	197
一、氨基酸的脱氨基作用	198
二、 α -酮酸的代谢	200
第四节 氨的代谢	202
一、体内氨的来源	202
二、氨的转运	203
三、尿素的生成	204
第五节 个别氨基酸的代谢	209

一、氨基酸的脱羧基作用	209
二、一碳单位的代谢	211
三、含硫氨基酸的代谢	214
四、芳香族氨基酸的代谢	218
五、支链氨基酸的代谢	221
第九章 核苷酸代谢	222
第一节 嘌呤核苷酸代谢	223
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	223
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	230
第二节 嘧啶核苷酸代谢	231
一、嘧啶核苷酸的合成代谢	231
二、嘧啶核苷酸的分解代谢	235

第三篇 基因信息的传递

第十章 复制	239
第一节 参与 DNA 复制的酶	239
一、DNA 聚合酶	240
二、解旋、解链酶类	242
三、引物酶和引发体	243
四、DNA 连接酶	244
第二节 DNA 复制过程	244
一、复制的起始	244
二、复制的延长	247
三、复制的终止	249
第三节 DNA 的损伤与修复	250
一、突变的分子基础	250
二、损伤的修复	251
第十一章 转录	253
第一节 模板和酶	253
一、RNA 聚合酶	253
二、转录模板	254
三、酶与模板的辨认结合	255
第二节 转录过程	256
一、转录的起始	256
二、转录的延长	258
三、转录的终止	259
第三节 转录后的修饰	261
一、真核生物 mRNA 的转录后加工	261
二、tRNA 的转录后加工	264
三、rRNA 的转录后加工	265
第十二章 翻译	268

第一节 参与蛋白质生物合成的物质	268
一、mRNA 是翻译的直接模板	268
二、核糖体是肽链合成的场所	269
三、tRNA 和氨基酰-tRNA	270
第二节 蛋白质生物合成过程	271
一、翻译的起始	271
二、肽链的延长	273
三、肽链合成的终止	276
四、多聚核糖体	277
第三节 翻译后加工	277
第四节 抗生素对翻译的抑制作用	278
第十三章 基因表达调控	281
第一节 原核生物的操纵子调控模式	281
一、诱导现象	281
二、操纵子的结构与功能	282
三、乳糖操纵子和色氨酸操纵子	283
四、cAMP 对转录的调控	285
五、原核生物转录的整体调控模式	286
第二节 真核生物基因转录调控	287
一、人类基因的研究	288
二、基因转录调控元件	289
三、顺式作用元件与反式作用因子的结合	291
第三节 癌基因	293
一、病毒癌基因和细胞癌基因	293
二、癌基因分类	294
三、癌基因激活	294
四、抑癌基因	295
第十四章 基因重组与基因工程	296
第一节 自然界的基因重组	296
一、转化	296
二、转导	297
三、转位	298
第二节 基因工程	299
一、分——载体和目的基因的分离	300
二、切——限制性内切酶的应用	302
三、接——把载体和目的基因连接成重组体	303
四、转——重组体的转化	304
五、筛——DNA 重组体筛选与鉴定	305
第三节 基因工程在医疗卫生事业中的应用	307
一、生命科学研究的趋势	307
二、基因诊断和基因治疗	307
三、基因工程产品的开发与应用	308

第四节	DNA 碱基序列测定	309
第五节	聚合酶链反应	310

第四篇 专题篇

第十五章	细胞间信息传递	313
第一节	细胞间信息传递的两条途径	313
一、	神经传导及神经递质	313
二、	液递途径的第一信使	314
第二节	受体	315
一、	激素、细胞因子与受体的结合特征	315
二、	受体的结构与功能	316
第三节	主要的信息传递途径	318
一、	cAMP-蛋白激酶 A 途径	318
二、	IP ₂ 、Ca ²⁺ -钙调蛋白激酶途径	321
三、	DG-蛋白激酶 C 途径	323
四、	受体-酪氨酸蛋白激酶途径	325
五、	细胞内受体途径	326
第十六章	血浆蛋白与血红蛋白	327
第一节	血浆蛋白	327
一、	清蛋白	329
二、	免疫球蛋白	329
三、	金属结合蛋白	331
第二节	血液凝固	332
一、	纤维蛋白原转变为纤维蛋白	334
二、	凝血酶原的激活和维生素 K 的功能	335
三、	两种凝血途径	337
四、	血液凝固的调控	337
五、	血凝块的溶解	338
第三节	血红蛋白代谢	338
一、	血红蛋白的合成代谢	338
二、	血红蛋白的分解代谢	343

第一篇 生物大分子的结构与功能

生物大分子主要指蛋白质与核酸,一切有生命的物质均含有这两类生物大分子,因此它是生命的标志,是生命与非生命在化学组成上的分界。

不论动物或植物,高等或低等生物,在化学组成上这两类高分子物质都很相似。所有蛋白质都由 20 种氨基酸组成;所有核酸都由数种基本核苷酸组成。蛋白质与核酸和生命的根本现象,诸如生长、繁殖、运动、遗传、新陈代谢等紧密相关。因此,研究生命化学必须对这两类生物大分子要有深入的了解。用经典的化学方法及原理剖析其结构,并把结构与它们的重要功能相联系。

本篇还包括酶学。酶也是蛋白质,是生物体内的催化剂,它几乎主宰着生物体内的一切化学反应。生物体通过新陈代谢完成其自我更新,这是区别于非生物的又一重要特征,而体内新陈代谢都是由酶催化的。

鉴于它们都是和生命现象密切相关的基本结构,故归纳在本书的第一篇内。

第一章 蛋白质的结构与功能

蛋白质是细胞组分中含量最丰富、功能最多的高分子物质。酶、抗体、多肽激素、转运蛋白、收缩蛋白以及细胞的骨架结构均为蛋白质,它几乎在所有的生物过程中起着关键作用。一个真核细胞中可有近千种蛋白质,它们的结构各异,也各有其特殊功能;蛋白质功能上的多样性是由其结构的千差万别所决定的。所以只有在深入了解蛋白质结构的基础上才能更透彻了解蛋白质的功能。

本套教材《有机化学》(徐景达主编)一书中,关于氨基酸、肽及蛋白质化学已有叙述,故有关内容在本章中只作简略回顾。

第一节 氨基酸与多肽

一、氨基酸

蛋白质由氨基酸组成。分子量较小的蛋白质,每分子含 50~100 个氨基酸,大一些的含 300 个左右,大的蛋白质如肌球蛋白,每分子由 1750 个氨基酸组成,所以蛋白质的基本单位是氨基酸。

存在于自然界中的氨基酸有 300 余种,但组成蛋白质的只有 20 种,且均属 L- α -氨基酸(图 1-1)。

图 1-1 中连在 $-\text{COO}^-$ 基上的 C 称为 α -碳原子,为不对称碳原子(甘氨酸除外)。不同的氨基酸其侧链(R)各异。

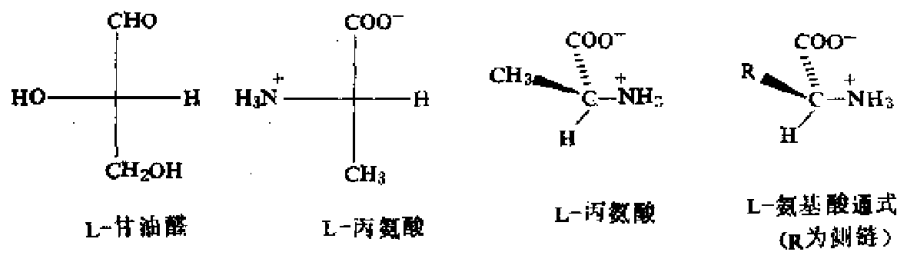


图 1-1 L-甘油醛和 L-氨基酸

表 1-1 氨基酸分类

结构式	中文名	英文名	三字符号	一字符号	等电点 (pI)
1. 非极性疏水性氨基酸					
$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$	甘氨酸	glycine	Gly	G	5.97
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$	丙氨酸	alanine	Ala	A	6.00
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad +\text{NH}_3 \end{array}$	缬氨酸	valine	Val	V	5.96
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad +\text{NH}_3 \end{array}$	亮氨酸	leucine	Leu	L	5.98
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CHCOO}^- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad +\text{NH}_3 \end{array}$	异亮氨酸	isoleucine	Ile	I	6.02
	苯丙氨酸	phenylalanine	Phe	F	5.48
	脯氨酸	proline	Pro	P	6.30
2. 极性中性氨基酸					
	色氨酸	tryptophan	Trp	W	5.89
$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$	丝氨酸	serine	Ser	S	5.68
	酪氨酸	tyrosine	Tyr	Y	5.66

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

20 种天然氨基酸(表 1-1),按侧链的理化性质分为 4 组:①非极性、疏水性氨基酸;②极性、中性氨基酸;③酸性氨基酸;④碱性氨基酸。

20 种天然氨基酸中有两种较为特殊,它们是脯氨酸与半胱氨酸。脯氨酸应属亚氨基酸,但此亚氨基仍能与另一羧基形成肽键;不过 N 在环中,移动的自由度受到限制,当它处于多肽链中时,往往使肽链的走向形成折角。

