

全国中等卫生学校试用教材

生物化学

供医士、妇幼医士、护士、助产士专业用

江苏科学技术出版社

02740

全国中等卫生学校试用教材

供医士、妇幼医士、护士、助产士专业用

生 物 化 学

全国中等卫生学校试用教材

《生物化学》编写组

一九八一年六月九日

江苏科学技术出版社

生 物 化 学

全国中等卫生学校试用教材

《生物化学》编写组编

*

江苏科学技术出版社出版

江苏省新华书店发行

南通韬奋印刷厂印刷

1979年11月第1版 1980年11月第2次印刷

印数：110,000—230,000册

书号：13196·017 定价：1.06

编写说明

本书是卫生部委托上海市卫生局组织浙江省金华卫生学校、湖北省黄石卫生学校、上海市南市区卫生学校集体编写，经上海第一医学院、上海中医学院生化教研组朱运松、赵珍丽两位老师审稿，供全国中等卫生学校医士、妇幼医士、护士、助产士专业试用的教材。

全书以物质代谢为中心内容，介绍了《生物化学》的基础理论和基本知识，并附有实验指导可供选用。鉴于四个专业的培养目标不同和教学时数的悬殊，其深度亦应有所不同。因此在使用时需根据具体情况适当掌握。章节顺序安排上亦可按各校前实践经验酌予调整。

本教材初稿写成后，曾印发征求意见，先后收到各地有关院校提出的修改意见，对提高本书质量十分有益。但限于编者水平及编写时间仓促，错误和不妥之处仍在所难免。我们恳切地希望各校试用后，予以批评指正，以便改进。

全国中等卫生学校试用教材

《生物化学》编写组

一九七九年七月

目 录

绪 论	1
生物化学的对象、任务和目的	1
生物化学的发展	1
生物化学与医药、卫生各学科的关系	3
第一章 蛋白质与核酸的化学	5
第一节 蛋白质化学	5
一、蛋白质的分子组成	5
二、蛋白质的分子结构	8
三、蛋白质结构与功能的关系	10
四、蛋白质的理化性质及抗原性	11
五、蛋白质的分类	14
第二节 核酸化学	16
一、核酸的分类	16
二、核酸的分子组成	16
三、核酸的结构	20
四、几种重要的单核苷酸	23
第二章 酶	25
第一节 酶的化学本质与组成	25
一、单纯蛋白酶类	25
二、结合蛋白酶类	25
第二节 酶催化作用的特点	26
一、酶的催化效能高	26
二、酶的特异性强	27
第三节 酶作用的机理	27
第四节 影响酶作用的因素	29
一、温度对酶作用的影响	29
二、pH对酶作用的影响	30
三、底物浓度对酶作用的影响	30
四、酶浓度对酶作用的影响	31
五、激活剂	31
六、抑制剂	32
第五节 酶的分布与测定	33
一、酶的分布	33
二、酶活性的测定原则	33

第六节 酶的命名与分类	33
一、酶的命名	33
二、酶的分类	34
第七节 酶在医学中的应用	34
一、酶与疾病发生的关系	34
二、酶在疾病诊断上的应用	35
三、酶在治疗上的应用	36
第三章 维生素与激素	37
第一节 维生素	37
一、维生素的种类	37
二、维生素的生理功能	42
第二节 激素	43
一、甲状腺的激素	44
二、肾上腺的激素	46
三、性腺的激素	48
四、胰岛的激素	49
第四章 生物氧化	50
第一节 生物氧化的方式	50
一、生物氧化中物质氧化的方式	50
二、生物氧化中二氧化碳的生成	52
第二节 重要的生物氧化体系	52
一、线粒体生物氧化体系	53
二、非线粒体生物氧化体系	57
第三节 能量的释放和利用	57
一、腺苷三磷酸的生成	57
二、影响氧化磷酸化的因素	58
三、能量的贮存和利用	58
第五章 糖代谢	61
第一节 糖的分解代谢	62
一、糖的无氧酵解	62
二、糖的有氧氧化	65
三、磷酸戊糖通路	70
四、糖分解代谢的调节	71
第二节 糖原的合成与分解	73
一、糖原的合成	73
二、糖原的分解	74
三、糖的异生作用	74
四、糖原的合成、分解及糖异生的调节	75
第三节 血糖	76
一、血糖的来源与去路	77

二、血糖浓度的调节	77
第六章 脂类代谢	79
第一节 脂类的消化、吸收和运输	79
一、脂类的消化和吸收	79
二、脂类的运输	81
第二节 脂肪的中间代谢	83
一、脂肪的分解代谢	83
二、脂肪的合成代谢	89
第三节 磷脂的代谢	91
一、甘油磷脂的合成	91
二、甘油磷脂的分解	92
第四节 胆固醇的代谢	93
一、胆固醇的合成	93
二、胆固醇的转化与排泄	94
第七章 蛋白质与核酸代谢	97
第一节 蛋白质代谢	97
一、蛋白质的营养作用	97
二、蛋白质的分解代谢	98
第二节 核酸代谢与蛋白质的合成	107
一、核酸的分解及生物生成	107
二、核酸在蛋白质合成中的作用	111
三、生物遗传的基本生化过程	114
四、核酸与医学的关系	115
第八章 物质代谢的相互联系及其调节	118
第一节 物质代谢的相互联系	118
一、糖代谢与蛋白质代谢的相互联系	118
二、糖代谢与脂类代谢的相互联系	118
三、蛋白质代谢与脂类代谢的相互联系	118
四、核酸代谢与糖、脂肪、蛋白质代谢的相互联系	119
第二节 代谢调节	120
一、细胞内的代谢调节	120
二、激素对物质代谢的调节	122
第九章 肝脏功能	127
第一节 肝脏在物质代谢中的作用	127
一、肝脏在糖代谢中的作用	127
二、肝脏在脂类代谢中的作用	127
三、肝脏在蛋白质代谢中的作用	128
四、肝脏在维生素代谢中的作用	129
五、肝脏在激素代谢中的作用	129
第二节 肝脏的生物转化作用	130

一、生物转化作用的概念·····	130
二、生物转化的反应类型·····	130
第三节 肝脏的分泌和排泄功能·····	133
第四节 肝功能试验·····	134
第十章 血液·····	136
第一节 血浆的化学成分·····	137
一、血浆蛋白·····	137
二、非蛋白氮·····	139
三、不含氮有机物·····	140
四、无机盐·····	140
第二节 血液凝固·····	140
一、血液中的凝血因子·····	140
二、血液凝固的机理·····	140
三、血液中的抗凝血物质·····	144
四、纤维蛋白溶解·····	145
第三节 血红蛋白·····	146
一、血红蛋白的合成代谢·····	146
二、血红蛋白的分解代谢·····	149
三、铁的代谢·····	152
第四节 血液在运输气体中的作用·····	153
一、氧的运输·····	153
二、二氧化碳的运输·····	156
第十一章 水、盐代谢及酸碱平衡·····	159
第一节 水代谢·····	159
一、水的含量与分布·····	160
二、水的生理功用·····	160
三、水的动态平衡·····	160
第二节 无机盐代谢·····	162
一、体液中电解质的分布与含量·····	162
二、无机盐的生理功用·····	163
三、几种无机盐的代谢·····	164
第三节 酸碱平衡·····	166
一、酸碱的概念及体内酸和碱的来源·····	166
二、体内酸碱平衡的调节·····	167
三、酸碱平衡失调·····	172

实 验 指 导

实验一 酶的催化特异性·····	175
实验二 影响酶作用的因素·····	176
实验三 琥珀酸脱氢酶作用的定性试验·····	178

实验四	比色分析法简介	179
实验五	无蛋白血滤液的制备	181
实验六	血糖的测定	182
实验七	尿中酮体的检查	184
实验八	血清谷-丙转氨酶活性的测定——改良穆氏法	185
	附：金氏法血清谷-丙转氨酶活性的测定	188
实验九	血清尿素氮的测定	188
实验十	血清蛋白电泳（示教）	190
实验十一	血浆二氧化碳结合力的测定	192
实验十二	血清胆红素定性（凡登白）试验	193
实验十三	尿中胆红素、尿胆素原、尿胆素的检验	194

绪 论

生物化学的对象、任务和目的

生物化学是生物科学的一个分支,它以生物体为研究对象,运用物理学、化学和生物学的理论与方法,研究生物体的化学组成、新陈代谢及其与机能活动联系的规律。简言之,生物化学是一门研究生命活动化学的生物科学。在医学科学中,生物化学主要是以人体为研究对象,探讨人体内的物质组成和它们在代谢过程中的变化及其调节机理,进而阐明这些过程与机能活动的关系。

众所周知,生物体是由一定的物质组成的。根据人体生物化学的研究资料,已知人体内的主要物质组成包括:水55~67%、蛋白质15~18%、脂类10~15%、糖类1~2%、无机盐3~4%。这些物质如蛋白质、脂类、糖类有机物,从分子水平来看,其化学结构和生理功能都是非常复杂的。例如,在人体内的蛋白质分子,估计可达100,000余种。而这些蛋白质分子,极少与其它生物体内的蛋白质分子是完全相同的。可见,每一类生物体都有其一套特有的蛋白质,因而表现出各类生物体的特异性。另一方面,这些物质在生物体内的组成,也不是杂乱无章的堆积,而是按一定的布局、严格的规律有机组合起来,形成许多可以体现生理功能的生物学结构。这些结构又借神经及神经-体液的联系而形成一个完整的机体。机体在生命活动过程中不断地与其周围环境进行物质交换,称为新陈代谢。据估计,一个60岁的人在其经历过的岁月里,已通过物质代谢与其周围环境交换了约60,000公斤水、10,000公斤糖类、1,600公斤蛋白质及1,000公斤脂肪。在物质代谢过程中,体内许多化学反应都是相互联系、连锁不断地进行的,从而表现出机体的生长、发育、繁殖以及其他生理功能的生命现象。例如,肌肉收缩不仅需要肌细胞中肌动球蛋白等物质直接参与,而且还需要糖类等物质的化学反应供应能量。又如,蛋白质是生命现象的体现者,但它在体内经过一系列分解代谢反应产生氨,而氨是对机体有毒的代谢产物,需经过肝内一系列化学反应,才能转变成无毒的尿素,经肾排出。可见体内的一系列化学反应是相互联系,并与复杂的生理功能息息相关的。因此,研究体内各种物质的组成、代谢变化及其调控与生理机能的关系是生物化学的重要内容。

在医药基础课教学中,开设《生物化学》课程的目的,在于了解人体的化学组成、新陈代谢的基础理论和基本知识,掌握基本实验技能,培养、提高运用生物化学的基本知识去分析问题、解决问题的能力,并为学习后续的医药基础课程(如病理学、药理学)和临床专业课程打下必要的基础。

生物化学的发展

生物化学是生物科学中的一门比较年轻的学科,这门学科的出现是化学不断地向生物学

领域渗透的结果。自从18世纪中叶发现了物质与能量不灭定律之后，确定了自然界的一切变化包括生命现象在内，都是可以认识的。随着19世纪中叶开创了用人工方法将无机化合物——氰酸铵(NH_4CNO)合成了高等动物和人体内蛋白质代谢产生的有机化合物——尿素(H_2NCONH_2)，从而为生物化学的发展奠定了基础。与此同时，在生物学方面进化论和细胞学说的建立，以及相应地从化学着手研究生物体的物质组成和各种物质在体内的代谢变化，使生物化学的知识日益丰富，直到1903年引进了“生物化学”这一名称，才使生物化学成为一门独立的学科。

现代生物化学，依其发展来看，可以分为叙述生物化学、动态生物化学、机能生物化学三个阶段，它们密切联系、相互衔接。

叙述生物化学 研究生物体的物质组成，了解这些成分的化学结构、性质，及其在各组织、器官中的分布、含量和存在形式，称为叙述生物化学。生物化学的研究资料，提供了有关生物体内复杂的化合物组成，以及他们在体内的分布和作用。其中特别是蛋白质和核酸的复杂结构，及其与生命活动的密切关系，已经远远超越了经典的有机化学所涉及的范围。

动态生物化学 在了解生物体的物质组成基础上，进一步研究各种物质在体内的代谢变化，以及酶、激素、维生素等在代谢中所起的作用，称为动态生物化学。动态生物化学揭示了维系生命活动的化学反应，阐明新陈代谢的规律和维持代谢过程动态平衡的调节机理。从动态生物化学掌握机体正常代谢的规律，到探讨疾病时的代谢变异，使生物化学在临床医学的诊疗中得到广泛的应用。

机能生物化学 研究生物体内物质结构及其新陈代谢与生理机能的关系，称为机能生物化学。细胞能有条不紊地进行各种物质代谢，这与细胞内亚细胞结构的生物分子有关。不同结构的生物分子具有不同的功能，因此由它们组成的各种亚细胞结构的功能，也必然不同。不同功能的亚细胞结构在细胞内的布局，使各种物质代谢有条不紊地进行。由不同类别的细胞所构成的组织、器官，产生了各种不同的生理机能。愈益深入地研究器官、组织、细胞、亚细胞结构，直至生物分子的结构和功能的关系，乃是当代生物化学发展的必然趋势。

我国人民对生物化学现象的认识，其起源可溯自远古。古代劳动人民随着生产劳动的实践，物质生活的发展和医药卫生的需要，逐渐洞察了自然界的许多秘密，积累了不少有关生物化学方面的知识，并在生产、生活和医疗预防等方面发挥了作用。早在公元前23世纪夏禹时，仪狄已能作酒。所谓以曲为酶（古字“酶”与“媒”通用）使五谷为酒，就是利用酒母作为媒介物，促进谷物中糖类转化为酒。现代生物化学家把促进生物体内化学反应的媒介物（即生物催化剂）统称为酶。公元前12世纪周礼记载，那时已能运用酶的作用制造酱、醋、饴（麦芽糖）等食品。公元前4世纪庄子已有瘰病（缺碘引起的地方性甲状腺肿）的记载，公元4世纪晋代葛洪所著的《肘后方》中，首先用含碘丰富的海藻酒作为医治瘰病的特效药。公元7世纪巢元方所著的《诸病源候论》中所记载的“雀目”，即由于缺乏维生素A所致的夜盲，唐代孙思邈则首先用富含维生素A的猪肝治疗雀目。公元10世纪起，开始用动物的脏器组织治疗疾病，例如用羊靥（包括甲状腺在内的羊头颈部肌肉）治疗甲状腺肿，以紫河车（胎盘）作强壮剂，可见古人对含内分泌物质的脏器组织在临床上的应用，已有一定的感性认识。明朝李时珍（1522~1596）所著的《本草纲目》中，详细记载了人体的血液、精液、乳汁、尿、粪等体液、分泌物和排泄物的性质，不少内容与现代生物化学资料相符合。

从以上所举的一些例子,可见我国人民自古以来勤劳、智慧和刻苦钻研的精神,为人类的古代文化科学作出了重大的贡献。可是由于长期的封建统治时代,束缚了自然科学的发展。至公元17世纪以后,清朝政府为了巩固其统治地位,对外采取闭关自守政策,对内大搞尊经崇儒,视科学为异端邪说,压抑了科学的发展。近百年来由于帝国主义的侵略及解放前国民党反动统治的摧残,自然科学的发展大为落后,所以生物化学在我国发展成为一门单独的学科,显得较晚。至20世纪20年代后期,我国近代生物化学家在血液分析方面,创立了血滤液的制备及血糖等的测定方法;在蛋白质的研究中,提出了蛋白质变性学说;在免疫化学上首先使用定量分析方法,研究抗原抗体反应的机理。这些成果不仅为当时的生物化学界所赏识,而且至今仍然为大家所采用。解放后,由于党和政府对科学的重视、对人民健康的关怀,因此生物化学也有了迅速的发展。在毛泽东思想的指引下,我国生物化学工作者在蛋白质、氨基酸、酶学、新陈代谢、临床化学、营养学、食物分析与加工、抗菌素、核酸、激素等方面都作出了一定的贡献。其中尤为突出的是人工合成蛋白质首先在我国成功,于1965年在我国用化学方法合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素,这对实践恩格斯关于“生命是蛋白体的存在方式,这种存在方式本质上就是这些蛋白体的化学组成部分的不断自我更新。”的论述,为人类认识生命的奥秘作出了杰出的贡献。1972年我国用X光衍射,研究胰岛素的晶体结构,其结果比当时国外的资料更为精确。还有,我国科学家童第周用鲫鱼的信使核糖核酸(mRNA)改变金鱼的一些遗传性的实验研究,在分子遗传学方面作出了引人注目的贡献。

当前,在英明领袖华主席为首的党中央领导下,为实现毛主席、周总理提出的四个现代化的宏伟目标,党和政府大力提倡和支持科学研究,重视科技人才的培养。不难预见,我国生物化学必将迅速发展,前程似锦。

生物化学与医药、卫生各学科的关系

生物化学既然是运用化学、物理学、生物学等学科的基本理论,随着实验技术的发展,而形成的一门研究生命活动的化学,所以它的形成和发展与化学、物理学、生物学的进展是密切联系,不可分割的。由于生物种类的多样性,因此生物化学也有研究动物、植物和微生物等方面的各种生物化学分支,这些分支之间,既是相互有别,也有共同之处。近二十年来,随着各学科采用了新理论、新技术、新方法,在向细胞及分子水平挺进中,在生物化学的现代成就上发展起来的一门最活跃的学科,称为分子生物学。分子生物学的影响渗透到生物学各科的领域,从而有可能在分子水平上探讨机体的各种生理机能,这乃是现代生理学和生物化学的一个共同课题。

生物化学是从生理学分出的一门独立学科。生物化学作为医药卫生学校的基础理论课程,它探讨了体内的物质组成、代谢规律和调节机理,以阐明机体的生理机能。当体内这种代谢过程发生障碍或紊乱时,莫不表现出各种病理变化。因此,病理生理学、生理学与生物化学之间,在基本理论和实验技术上也常常是相互交叉、相互印证的,在一些领域中则可说是难解难分的。在正常人体生理学、生物化学中,往往涉及一些病理状态的资料,从而进一步反证了正常的生理机能。同样,只有了解人体的正常代谢过程,才能对疾病的异常改变予

以识别，从而作出正确的诊断，拟定合理的治疗方案。生物化学的迅猛发展，为临床医学提供了在分子水平上探论病因、诊断和防治疾病的科学依据。分子药理学就是应用生物化学的理论和技術，从分子水平去探讨药物对酶的活性、激素的作用以及对代谢的影响，以便应用药物纠正机体的异常变化，使之纳入正常的代谢轨道，以恢复身体健康。从预防医学来看，也可自正常人体的代谢规律中得到启发，提出有益于增进健康，预防疾病的有效措施。以上列举生物化学与医药科学的关系，足见它是学习医药卫生专业的一门重要基础理论课程。

复 习 题

- 1.生物化学的研究对象、任务和教学目的各如何？
- 2.简述生物化学的发展过程及今后的方向。
- 3.为什么生物化学是医药专业的一门基础理论课？怎样才能学好它？

浙江省金华卫生学校 奚 平

第一章 蛋白质与核酸的化学

近代关于生命现象的物质基础的研究成果指出：蛋白质与核酸是生命重要的物质基础，从最简单的生物病毒到复杂的人类机体，都有蛋白质和核酸的存在。蛋白质和核酸在生命活动过程中起着重要的作用。

第一节 蛋白质化学

人体的化学组成是十分复杂的，它含有许多无机物和有机化合物，除了水分以外，以蛋白质的含量最多，约占体重的15~18%。体内的一切生命活动都与蛋白质密切相关。例如，催化体内化学反应的酶，调节物质代谢的某些激素，与繁殖、遗传有关的核蛋白，具有收缩特性的肌动球蛋白，具有运输氧及二氧化碳功能的血红蛋白，以及参与免疫反应的抗体等都是蛋白质。近代科学研究又证明蛋白质在基因功能控制、细胞膜的物质转运等方面都起着重要的作用。由此可见，蛋白质是人体的主要组成成分，是生命现象的重要物质基础。可以这样说：没有蛋白质，也就没有生命。

一、蛋白质的分子组成

(一) 蛋白质的元素组成特点

蛋白质是含氮的高分子有机物，一切蛋白质均含有氮，而且大多数蛋白质的含氮量相近，通常100克蛋白质中平均含氮量为16克，即每克氮相当于6.25克蛋白质（ $100/16=6.25$ ）。因此只要测定生物样品中的含氮量，就可推算出其中蛋白质的大约含量。

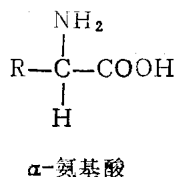
每克样品含氮克数 $\times 6.25 \times 100 =$ 蛋白质含量（克%）

蛋白质除含有氮外，还含有碳、氢、氧。大多数蛋白质含有少量的硫，有的蛋白质含有磷，少数蛋白质含有铁、铜、锌、锰、碘等。

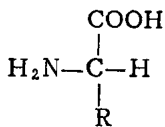
(二) 蛋白质的基本单位——氨基酸

用酸、碱或酶完全水解任何一种单纯蛋白质时，其最终产物都是氨基酸。因此，氨基酸是蛋白质的基本组成单位。

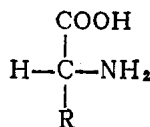
蛋白质完全水解后，主要得到20种不同的氨基酸，这些氨基酸在结构上的共同特点是分子中的 α -碳原子（与羧基相邻的碳原子）上连有氨基，故称为 α -氨基酸。一般结构式为：



R代表氨基酸的侧链部分，各种氨基酸的差异都表现在R这部分上。从表1—1可以看出，不同的氨基酸其侧链(R)不同，例如甘氨酸的侧链是-H，丙氨酸的侧链是-CH₃。除甘氨酸外，其它氨基酸的α-碳原子均为不对称的碳原子，因此有光学异构现象。氨基酸分为L型与D型两种构型。当氨基酸中的羧基固定在顶端时，氨基定位在α-碳原子左边的为L型，氨基定位在α-碳原子右边的称D型。人体蛋白质中的氨基酸，均属L型α-氨基酸。



L-α-氨基酸



D-α-氨基酸

由于氨基酸侧链的化学性质与蛋白质空间构象和性质有密切关系，因此根据氨基酸侧链的性质，可将20种氨基酸分为非极性氨基酸和极性氨基酸两大类：

1.非极性氨基酸 此类氨基酸的侧链上含有烃基、苯基、吡啶基等非极性基团，具有疏水性，侧链不易解离。如甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、脯氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸、色氨酸。

2.极性氨基酸 此类氨基酸的侧链上含有羧基、氨基、羟基、硫氢基等极性基团，具有亲水性，侧链易解离。此类氨基酸又可分为：

(1)中性侧链氨基酸：侧链呈中性，如丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、天门冬酰胺、谷氨酰胺。

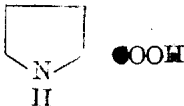
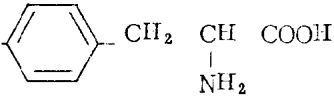
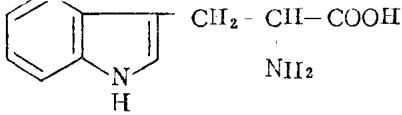
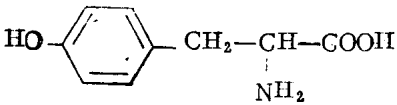
(2)酸性侧链氨基酸：侧链含羧基，如天门冬氨酸、谷氨酸。

(3)碱性侧链氨基酸：侧链含有氨基、胍基、咪唑基，如赖氨酸、精氨酸、组氨酸。

现将氨基酸的分类列表如下：

表 1—1 氨基酸的分类

分类	名称及缩写	系统命名	结构式
非极性氨基酸	甘氨酸 (甘)	α-氨基乙酸	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	丙氨酸 (丙)	α-氨基丙酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
	缬氨酸 (缬)	α-氨基异戊酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
	亮氨酸 (亮)	α-氨基异己酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$

非 极 性 氨 基 酸	异亮氨酸 (异)	α -氨基- β -甲基戊酸	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
	脯氨酸 (脯)	氢化吡咯 α -羧酸	
	甲硫氨酸 (蛋)	α -氨基- γ -甲硫基丁酸	$\text{CH}_3 - \text{S} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
	苯丙氨酸 (苯)	α -氨基- β -苯基丙酸	
	色氨酸 (色)	α -氨基- β -吲哚基丙酸	
极 性 侧 链 氨 基 酸	中 性	丝氨酸 (丝)	$\underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}_2}} - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
		苏氨酸 (苏)	$\text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}} - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
		酪氨酸 (酪)	
		半胱氨酸 (半胱)	$\text{HS} - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
		天门冬酰胺 (天-NH ₂)	$\text{H}_2\text{N} - \underset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
		谷氨酰胺 (谷-NH ₂)	$\text{H}_2\text{N} - \underset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
	酸 性 侧 链	天门冬氨酸 (天)	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$
		谷氨酸 (谷)	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{NH}_2}{\underset{ }{\text{CH}}} - \text{COOH}$

