

全国中等卫生职业教育规划教材

供中等卫生职业教育各专业使用

生物化学基础

杨淑兰 张玉环 主编



科学出版社

www.sciencep.com

全国中等卫生职业教育规划教材

供中等卫生职业教育各专业使用

生物化学基础

主 编 杨淑兰 张玉环
副主编 张文革 谭红军 郭桂平
编 者 (按姓氏汉语拼音排序)
范银飞 (桐乡市卫生学校)
方 敏 (长沙市卫生学校)
郭桂平 (廊坊市卫生学校)
黄厚泽 (玉林市卫生学校)
刘 军 (宜春职业技术学院)
孟宪辉 (朝阳市卫生学校)
秦丽华 (桂林市卫生学校)
谭红军 (三峡大学护理学院)
王小霞 (新疆巴州卫生学校)
杨淑兰 (朝阳市卫生学校)
易学龙 (南宁市卫生学校)
张建辉 (武威市卫生学校)
张文革 (鞍山师范学院附属卫生学校)
张玉环 (兴安职业技术学院)

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

生物化学基础是中等卫生职业院校各专业的一门专业基础课程,全书共分13章,由理论部分、实验部分两部分构成。理论部分是本课程的基础性内容和应该达到的基本要求,主要包括生物化学的基础知识和基本理论,教学时数为44学时。实验部分为生物化学实验基本知识、基本技能及方法,为后续的专业课程做好实践方面的准备,教学时数为10学时。

全书通过章前确立学习目标,相关正文中插入案例及链接,章后有小结和目标检测,其中选择题附有参考答案,融知识性、趣味性、实用性于一体,密切联系临床实践,真正体现“以学生为中心,以就业为导向”的理念。希望本教材能够成为同学们学习生物化学课程的好帮手,为后续的专业课打下坚实的基础。

本书可供中等卫生职业教育各专业学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学基础 / 杨淑兰, 张玉环主编. —北京: 科学出版社, 2010. 6

全国中等卫生职业教育规划教材

ISBN 978-7-03-027745-9

I. 生… II. ①杨… ②张… 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(2010)第095313号

策划编辑:肖 锋 吴茵杰 / 责任编辑:张 茵 / 责任校对:张怡君

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

西源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2010年6月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:1—4 000 字数:264 000

定价:22.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本教材是全国中等卫生职业教育规划教材,供中等卫生职业教育各专业(除检验)使用,也可供国家执业资格考试、自学考试等学习使用。

生物化学基础是中等卫生职业院校各专业的一门专业基础课程,本书共分13章,由理论部分、实验部分两部分构成。理论部分是本课程的基础性内容和应该达到的基本要求,主要包括生物化学的基础知识和基本理论,教学时数为44学时。实验部分为生物化学实验基本知识、实验基本技能和方法,为后续的专业课程做好实践方面的准备,教学时数为10学时。

教材编写过程中力求体现科学性、实用性、创新性原则,贴近实际教学需求,注意深度和广度符合中专层次的要求,并结合“案例版”教材的编写理念,编写设计“案例”和“链接”,增添了知识性和趣味性,并突出了本教材的实用性。真切希望本教材能够成为同学们学习生物化学的好帮手,为后续的其他专业课程打下坚实的基础。

本教材在全体编者的共同努力下,以认真严谨的态度、科学扎实的作风编写而成,期间得到了参编者所在单位领导和老师的大力支持,特此一并表示感谢。

由于学识水平有限,书中难免有疏忽错漏之处,真诚欢迎广大读者批评指正。

编 者
2010年4月

目 录

第1章 绪论	(1)	三、温度的影响	(30)
一、生物化学的概念	(1)	四、pH的影响	(30)
二、生物化学的主要内容	(1)	五、激活剂的影响	(31)
三、生物化学与医药学的关系	(2)	六、抑制剂的影响	(31)
第2章 蛋白质化学	(4)	第4节 酶的分类与命名及其酶在 医学上的应用	(32)
第1节 蛋白质的分子组成	(4)	一、酶的分类	(32)
一、蛋白质的元素组成	(4)	二、酶的命名	(32)
二、组成蛋白质的基本单位——氨 基酸	(4)	三、酶在医学上的应用	(32)
第2节 蛋白质的分子结构	(6)	第5章 维生素	(35)
一、蛋白质的基本结构	(7)	第1节 概述	(35)
二、蛋白质的空间结构	(8)	一、维生素的概念	(35)
三、蛋白质结构与功能的关系	(10)	二、维生素的分类	(35)
第3节 蛋白质的理化性质和分类	(12)	三、维生素缺乏症的原因	(35)
一、蛋白质的理化性质	(12)	第2节 脂溶性维生素	(36)
二、蛋白质的分类	(16)	一、维生素A	(36)
第3章 核酸化学	(19)	二、维生素D	(36)
第1节 核酸的组成	(19)	三、维生素E	(37)
一、核酸的基本成分	(19)	四、维生素K	(37)
二、核酸的基本组成单位——核 苷酸	(20)	第3节 水溶性维生素	(38)
第2节 核酸的结构	(21)	一、维生素B ₁	(38)
一、核酸的一级结构	(21)	二、维生素B ₂	(38)
二、核酸的空间结构	(21)	三、维生素PP	(39)
第4章 酶学	(26)	四、维生素B ₆	(39)
第1节 概念	(26)	五、泛酸	(40)
一、酶的概念	(26)	六、生物素	(40)
二、酶促反应的特点	(26)	七、叶酸	(40)
第2节 酶的结构和功能	(27)	八、维生素B ₁₂	(40)
一、酶分子组成	(27)	九、维生素C	(41)
二、酶的活性中心	(27)	第6章 生物氧化	(45)
三、酶原与酶原激活	(28)	第1节 生物氧化的概念和特点	(45)
四、同工酶与酶分子缺陷	(29)	一、生物氧化的概念	(45)
第3节 影响酶促反应速度的因素	(29)	二、生物氧化的特点	(45)
一、酶浓度的影响	(30)	第2节 生物氧化中CO ₂ 的生成	(46)
二、底物浓度的影响	(30)	一、 α -脱羧	(46)

第3节 生物氧化体系	(46)	二、蛋白质的需要量	(85)
一、与生物氧化有关的酶类	(46)	第2节 氨基酸代谢	(86)
二、线粒体氧化体系	(47)	一、氨基酸代谢概况	(86)
三、能量的生成、储存和利用	(49)	二、氨基酸的脱氨基作用	(87)
四、非线粒体氧化体系	(52)	三、氨基酸的脱羧基作用	(89)
第7章 糖代谢	(56)	四、 α -酮酸的代谢	(90)
第1节 概述	(56)	第3节 氨的代谢	(90)
一、糖的生理功能	(56)	一、体内氨的来源	(90)
二、糖的消化吸收	(56)	二、体内氨的去路	(91)
三、糖代谢概况	(56)	第4节 个别氨基酸的代谢	(92)
第2节 糖的分解代谢	(56)	一、一碳单位的代谢	(92)
一、糖的无氧氧化	(57)	二、含硫氨基酸的代谢	(93)
二、糖的有氧氧化	(58)	三、芳香族氨基酸的代谢	(95)
三、磷酸戊糖途径	(61)	第5节 氨基酸、糖和脂肪在代谢上 的联系	(96)
第3节 糖原的合成与分解	(62)	一、三大营养物质在能量代谢上的 联系	(96)
一、糖原的合成	(62)	二、三大营养物质代谢之间的联系	(96)
二、糖原的分解	(63)	第10章 核酸代谢和蛋白质的生物合 成	(99)
第4节 糖异生作用	(63)	第1节 核酸的代谢	(99)
一、糖异生途径	(63)	一、核苷酸代谢	(99)
二、糖异生的生理意义	(64)	二、DNA的复制	(101)
第5节 血糖及血糖浓度的调节	(64)	三、反转录	(104)
一、血糖	(64)	四、RNA的生物合成(转录)	(104)
二、血糖浓度的调节	(64)	第2节 蛋白质的生物合成(翻译)	(106)
三、糖代谢障碍	(65)	一、RNA在蛋白质生物合成中的 作用	(106)
第8章 脂类代谢	(68)	二、蛋白质生物合成过程	(109)
第1节 概述	(68)	三、蛋白质生物合成与医药学的 关系	(111)
一、脂类在体内的分布、分类	(68)	第11章 肝脏生物化学	(114)
二、脂类的生理功能	(69)	第1节 肝脏在物质代谢中的作用	(114)
第2节 甘油三酯的代谢	(69)	一、肝脏在糖代谢中的作用	(114)
一、甘油三酯的概况	(69)	二、肝脏在脂类代谢中的作用	(115)
二、甘油三酯的分解代谢	(70)	三、肝脏在蛋白质代谢中的作用	(116)
三、甘油三酯的合成代谢	(75)	四、肝脏在维生素、激素代谢中的 作用	(116)
第3节 类脂的代谢	(76)		
一、胆固醇的代谢	(76)		
二、磷脂的代谢	(78)		
第4节 血脂及脂类的转运	(80)		
一、血脂的组成与含量	(80)		
二、血浆脂蛋白	(81)		
三、高脂蛋白血症及分型	(82)		
第9章 蛋白质分解代谢	(85)		
第1节 蛋白质的营养作用	(85)		
一、蛋白质的生理功能	(85)		

第2节 肝脏的生物转化作用	(116)	一、酸碱平衡的概念	(136)
一、生物转化作用概述	(116)	二、体内酸性物质与碱性物质的 来源	(136)
二、生物转化反应类型及酶系	(117)	第2节 酸碱平衡的调节	(137)
第3节 胆汁与胆汁酸的代谢	(118)	一、血液的缓冲作用	(137)
一、胆汁概述	(118)	二、肺在酸碱平衡中的调节作用	(138)
二、胆汁酸的化学及代谢	(118)	三、肾脏在酸碱平衡中的调节作 用	(138)
第4节 胆色素代谢与黄疸	(120)	第3节 酸碱平衡与电解质的关系	(140)
一、胆色素的代谢	(120)	一、酸碱平衡与血钾浓度的关系	(140)
二、血清胆红素与黄疸	(122)	二、酸碱平衡与血氯浓度的关系	(140)
三、肝胆生物化学与临床应用	(123)	第4节 酸碱平衡失调	(140)
第12章 水和无机盐代谢	(125)	一、酸碱平衡失调的基本类型	(140)
第1节 水和无机盐的功能	(125)	二、酸碱平衡失调的生化指标	(141)
一、水的生理功能	(125)	生物化学基础实验指导	(144)
二、无机盐的生理功能	(126)	生物化学基础实验基本要求	(144)
第2节 水和钠、钾、氯的代谢	(126)	实验1 血清蛋白质醋酸纤维薄膜 电泳	(145)
一、水的代谢	(126)	实验2 酶的专一性和影响酶促反 应的因素	(146)
二、钠与氯的代谢	(127)	实验3 分光光度计的使用	(148)
三、钾的代谢	(128)	实验4 血糖测定(葡萄糖氧化酶 法)	(150)
四、水和钠、钾、氯代谢的调节	(128)	实验5 血脂的测定	(151)
五、水与电解质平衡失常	(129)	参考文献	(155)
第3节 钙、磷代谢	(131)	生物化学基础教学大纲	(156)
一、钙、磷的生理功能	(131)	目标检测选择题参考答案	(161)
二、钙、磷的吸收与排泄	(131)		
三、血钙与血磷	(132)		
四、钙磷代谢的调节	(133)		
第4节 镁的代谢	(134)		
一、镁的含量与分布	(134)		
二、镁的吸收与排泄	(134)		
三、镁的生理功能	(134)		
第13章 酸碱平衡	(136)		
第1节 酸碱平衡概述	(136)		

第 1 章 绪 论

学习目标

1. 理解生物化学的概念和任务
2. 了解生物化学与医药的关系

生物化学的由来

生物化学的起源是同 18 世纪晚期化学的发展及 19 世纪生物学的发展密切相关的,在化学及生物学发展的影响之下,生物化学在 18 世纪开始萌芽,19 世纪初步发展,在 20 世纪初期生物化学才成为一门独立的学科,最初称生理化学,1903 年德国人 Carl Neuberg(1877—1956)初次使用“生物化学”这一名称。

链接

一、生物化学的概念

生物化学即生命的化学,是一门研究生物体的化学组成和生命过程中的化学变化规律的科学。生物化学的研究除采用化学的原理和方法外,还运用物理学的技术方法以揭示组成生物体的物质,特别是生物大分子的结构规律,并且与细胞生物学、分子遗传学等密切联系,研究和阐明生长、分化、遗传、变异、衰老和死亡等基本生命活动的规律。

生物化学的研究对象是生物体,其研究范围很广。根据研究对象分为动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学等,医药专业开设生物化学课程的内容主要是人体生物化学的知识,其中包括医学生物化学。

二、生物化学的主要内容

生物化学研究的内容大致有以下几个方面。

(一) 生物体的化学组成、结构与功能

现知生物体是由多种化学元素组成的,其中 C、H、O 和 N 四种元素的含量最高。各种元素进一步构成数十种的小分子化合物(基本单位),这些小分子化合物可以构成生物大分子。生物大分子的种类繁多,结构复杂,功能各异。其中,蛋白质、核酸、多糖、脂类等是体内重要的生物大分子。例如,L- α -氨基酸是构成蛋白质的基本单位,虽然只有 20 余种,但可构成种类繁多的蛋白质,由于不同的蛋白质的一级结构和空间结构不同,因而具有不同的生理功能,从而能展现瑰丽多彩的生命现象。目前生物大分子的结构与功能的研究依然是重点。

(二) 物质代谢及其调控

生命的特征之一是新陈代谢,指组成生物体的各种物质不断地进行着多种有规律的化学变化。这种变化体现在每个生物体不断地与外界环境进行物质交换,摄取养料,排出废物,以维持其内环境的相对稳定。要维持体内错综复杂的代谢途径有序地进行,需要有严格的调节机制,否则代谢的紊乱可影响正常的生命活动,从而发生疾病。例如,脂类代谢紊乱可引起高脂血症等。因此,研究生物体内各种物质的变化规律、能量的转化及代谢调节规律仍是生物化学课程的主要内容。

(三) 遗传信息的储存、传递和表达

现已确定,DNA 是遗传的物质基础,基因是 DNA 的功能片段,遗传信息主要通过 DNA 复制、转录、翻译成能执行各种各样生理功能的蛋白质。上述过程涉及生物的生长、分化、遗传、变

异等诸多的生命过程,也与遗传病、恶性肿瘤等多种疾病的发病机制有关,因此,遗传信息的储存、传递和表达是医学研究的重要内容。

三、生物化学与医药学的关系

生物化学是一门基础医药学的必修课,与医药卫生的关系非常密切,其理论和技术已经渗透到基础医学和临床医学以及药学的各个领域,使之产生许多新的学科,如分子遗传学、分子免疫学、分子微生物学、分子药理学等。在研究疾病的发生、发展、诊断、治疗及预防等方面起着重要的作用。例如,糖代谢障碍可导致糖尿病,充分了解糖代谢及其调节的规律能为治疗糖尿病制定有效的方案,也为疾病的诊断和预防提供依据。另外,如生物化学的酶学检测、电泳、DNA和RNA测定、PCR等一些先进技术的应用不仅提高了疾病诊断速度,而且提高了诊断的敏感性和特异性。因此,作为医学生掌握生物化学的理论和方法是必不可少的。

附:生物化学重要发现大事年表

- 1773:发现尿素
- 1779:从橄榄油中提出甘油
- 1780:指出呼吸即氧化作用
- 1810:指出发酵的重反应
- 1828:由氰酸铵合成尿素。这是第一个人工合成的、机体自身的有机化合物
- 1836:明确催化剂的概念
- 1847:完成淀粉酶的分解作用,将淀粉变成麦芽糖
- 1857:指出发酵的“活力论”
- 1862:指出淀粉为光合作用的产物
- 1869:发现核酸
- 1886:发现“组织血红素”,后来称之为细胞色素
- 1890:结晶出第一个蛋白质——卵白蛋白
- 1897:完成无细胞发酵作用
- 1902:表明蛋白质为多肽链
- 1903:分离出第一个激素——肾上腺素
- 1905:明确“激素”一词
- 1911:明确“维生素”一词
- 1912:指出生物氧化为脱氢作用
- 1913:提出酶动力学理论
- 1914:指出生物氧化由铁激活氧而来
- 1926:分离出第一个维生素——抗神经炎素(维生素B₁)
- 1926:结晶出第一个酶:尿素酶
- 1929:发现“活性磷酸”——腺苷三磷酸
- 1929:鉴定出“呼吸酶类”为血红素化合物
- 1929~1934:分离出四种类固醇激素
- 1932:发现鸟氨酸循环
- 1935:分离出第一个结晶病毒:烟草花叶病毒
- 1936:指出维生素为辅酶的组成成分
- 1937:将三羧酸循环模式化
- 1938:发现转氨基作用
- 1939:发现氧化磷酸化作用

1941:认为 ATP 的主要作用在于它是“高能化合物”

1944:酶的遗传

1944:DNA 是细菌的转化因子

1951:阐明活性乙酸

1952:提出蛋白质的螺旋模型

1953:阐明胰岛素的结构

1953:提出核酸的螺旋模型

1958:阐明纯病毒核酸的感染性

1958:指出活性异戊二烯为异戊烯焦磷酸

1959:在激素作用中,发现 cAMP 是“第二信使”

1960:描述呼吸链磷酸化作用的化学渗透学说

1960:阐明蛋白质的第一个三维结构

1961:提出调节基因激活的模式

1961:将核酸的碱基密码解译出来

1963:指出酶的变构抑制作用

1965:第一次阐明核酸顺序

1965:阐明酶(溶菌酶)的空间模型

1968~1970:发现限制性内切酶

1972:提出膜的流体镶嵌模型

1978:发现 DNA 中的内含子

——摘自:生命的化学. 1989,9(1):35

小结

生物化学即生命的化学,是研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化规律的科学。生物化学的研究对象是生物体,研究内容主要包括:生物体的化学组成、结构与功能;物质代谢及其调控;遗传信息的储存、传递和表达。生物化学是一门基础医药学的必修课。

目标检测

简答题

1. 生物化学的概念。
2. 生物化学主要包括几方面的内容。

(杨淑兰 孟宪辉)

第 2 章 蛋白质化学

学习目标

1. 掌握蛋白质的元素组成、组成蛋白质的基本单位、蛋白质的一级结构
2. 理解蛋白质的空间结构、蛋白质的理化性质及应用
3. 了解蛋白质结构与功能的关系及蛋白质的分类

普遍存在于生物界的蛋白质 (protein) 是生物体的基本组成成分之一,也是生物体内含量最丰富的生物大分子,占人体固体成分的 45%,达到细胞干重的 70% 以上,几乎所有器官都有蛋白质。自然界中蛋白质的种类约有 100 亿种,一个真核细胞含有的蛋白质种类有成千上万种,各种蛋白质都有自己独特的结构和功能。生物体结构越复杂,其含有的蛋白质的种类就越多,功能就越复杂,这些蛋白质承担着完成生物体各种生理功能的任务,如酶、抗体、大部分凝血因子、多肽激素、转运蛋白、收缩蛋白、基因调控蛋白等,都是蛋白质,它们在物质代谢、机体防御、血液凝固、肌肉收缩、信号传导等方面发挥着不可替代的作用。蛋白质是生命活动的物质基础,是生命现象的体现者,没有蛋白质就没有生命。

没有蛋白质就没有生命

人体的每个组织:毛发、皮肤、指甲、肌肉、骨骼、内脏、大脑、血液、神经等都主要由蛋白质组成。人体健美的肌肉、身材的增高、不可思议的神奇生育现象、精确无误的代谢调控以及直到今天还没有被人类研究透彻的对事物的学习记忆功能,都是由蛋白质完成的。蛋白质缺乏可导致成年人消瘦、机体免疫力下降、贫血,严重者将产生水肿;未成年人生长发育停滞、贫血、智力发育迟缓,视觉功能降低。所有事实都证明,没有蛋白质就没有生命。

链接

第 1 节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

根据蛋白质的元素分析结果,证明组成蛋白质的基本元素有碳、氢、氧、氮,其中各元素比例为:碳(50%~55%)、氢(6%~7%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)。除此之外,大部分蛋白质还含有硫(0%~4%),有的还有少量的磷、铁、锰、锌、铜、钴、碘、硒等。生物体中蛋白质的种类虽然繁多,但是各种蛋白质的含氮量却十分接近,平均含量为 16%,即每克氮相当于 6.25g 蛋白质。由于体内含氮物质主要是蛋白质,因此,可以用定氮法测得样品含氮量,再乘以 6.25 即可以计算出样品中的蛋白质含量。

样品中蛋白质的含量(g) = 样品中的含氮量(g) × 6.25

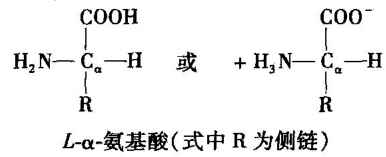
二、组成蛋白质的基本单位——氨基酸

不同种类的蛋白质经酸、碱或蛋白水解酶的作用后,最终产物都是氨基酸。因此,氨基酸是构成蛋白质的基本结构单位。

(一) 氨基酸的结构特点

自然界中发现共有 300 余种氨基酸,而组成人体的却只有 20 种,这 20 种氨基酸虽然结构各

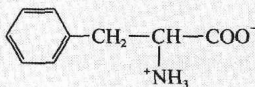
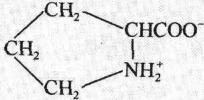
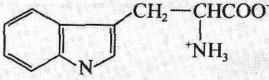
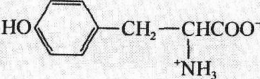
有不同,但都有共同的结构特征,即都具有 α -氨基(或亚氨基),都属于L-氨基酸(甘氨酸除外)。天然蛋白质中的氨基酸都为L-型,所以称L- α -氨基酸。其结构通式如下:



(二) 氨基酸的分类

根据组成人体的20种氨基酸侧链的结构和性质的不同,可以将20种氨基酸分为四类(表2-1)。

表2-1 氨基酸的分类

中文名	英文名	结构式	三字符号	一字符号	等电点
非极性氨基					
甘氨酸	glycine	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Gly	G	5.97
丙氨酸	alanine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ala	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		Phe	F	5.48
脯氨酸	proline		Pro	P	6.30
极性中性氨基酸					
色氨酸	tryptophan		Trp	W	5.89
丝氨酸	serine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Ser	S	5.68
酪氨酸	tyrosine		Tyr	Y	5.66
半胱氨酸	cysteine	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CHCOO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$	Cys	C	5.07

续表

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

1. 非极性氨基酸 含有非极性 R 侧链。
2. 极性中性氨基酸 含有极性 R 侧链,但是在水中不电离。
3. 酸性氨基酸 侧链含有羧基,易解离出 H^+ 。
4. 碱性氨基酸 侧链含有易接受 H^+ 的基团。

第 2 节 蛋白质的分子结构

构成人体的 20 种氨基酸,通过肽键可以连接成氨基酸数量不同、排列顺序不同的一条或多条肽链,而且在此基础上,在氢键、离子键、范德华力、疏水键等作用力的参与下可以形成非常复

中国人的骄傲

1965年,中国的科学家率先人工合成了具有生物学活性的牛结晶胰岛素,开创了人工合成蛋白质的先河,在世界上引起强烈的反响,这是人类在解开生命奥秘之谜的里程中的一次巨大飞跃!

链接

规律的空间结构,包括 α -螺旋、 β -折叠、 β -转角和无规则卷曲4种形式。

1. α -螺旋(α -helix) 指多肽链的主链围绕同一中心轴向右盘旋形成的螺旋结构。 α -螺旋的结构特点包括:①以肽键平面为单位, α -碳原子为转折,螺旋的走向为顺时针方向,即右手螺旋。②侧链R伸向螺旋外侧,其形状、大小及所带电荷均影响 α -螺旋的形成和稳定。③每3.6个氨基酸残基螺旋上升一圈,螺距为0.54nm。④螺旋之间靠肽键中的N—H与第四个肽键中的C=O形成氢键来稳固 α -螺旋结构,氢键的方向与螺旋的长轴平行(图2-3)。

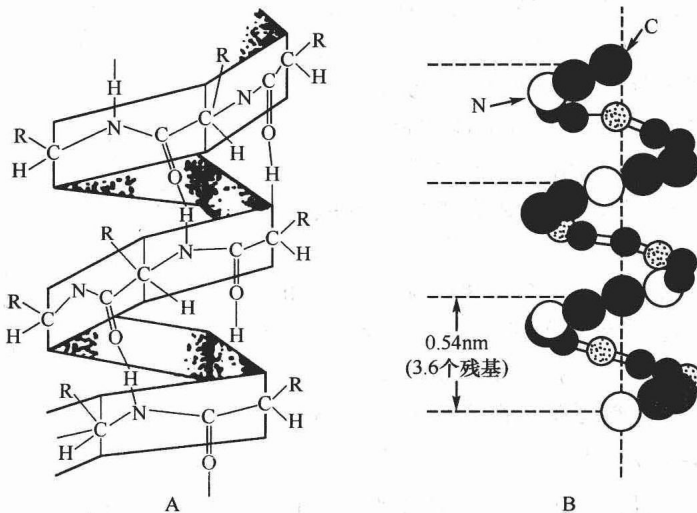


图2-3 α -螺旋

2. β -折叠 又称为 β -片层(β -pleated sheet structure,图2-4)。多肽链主链走向呈折纸状,即以 α -碳原子为旋转点,相邻的肽键平面依次折叠成锯齿状。 β -折叠的结构特点包括:①多肽链几乎完全伸展,并与长轴相互平行。②相邻的肽键平面之间彼此折叠成锯齿状(110° 夹角),侧链R基团交替位于齿状结构的上下方。③若干个 β -折叠状结构可以顺向平行排列,也可以逆向平行排列。④相邻肽键之间以氢键相连,以维系 β -折叠结构的稳定。

3. β -转角(β -turn) 常发生肽链进行 180° 回折时的转角上(图2-5)。 β -转角处通常由4个氨基酸残基构成,第一个氨基酸残基的羰基氧与第四个氨基酸残基的亚氨基氢形成氢键,以维持转角的稳定。一般情况下,第二个氨基酸残基为脯氨酸,其他残基常有甘氨酸、天冬氨酸、天冬酰胺、色氨酸。

4. 无规则卷曲 没有特定规律的肽链结构。

研究表明,一种蛋白质可能只具有以上一种结构,也可能同时具有以上几种结构,各组分的多少由氨基酸的组成决定。维系蛋白质二级结构的作用力为主链内或主链间的氢键。

二、蛋白质的空间结构

蛋白质的空间结构指蛋白质在一级结构的基础上,进一步盘曲折叠形成的空间结构,包括二级、三级、四级结构。

(一) 蛋白质的二级结构

蛋白质的二级结构指蛋白质多肽链中主链进行盘曲、折叠形成的重复出现的有规

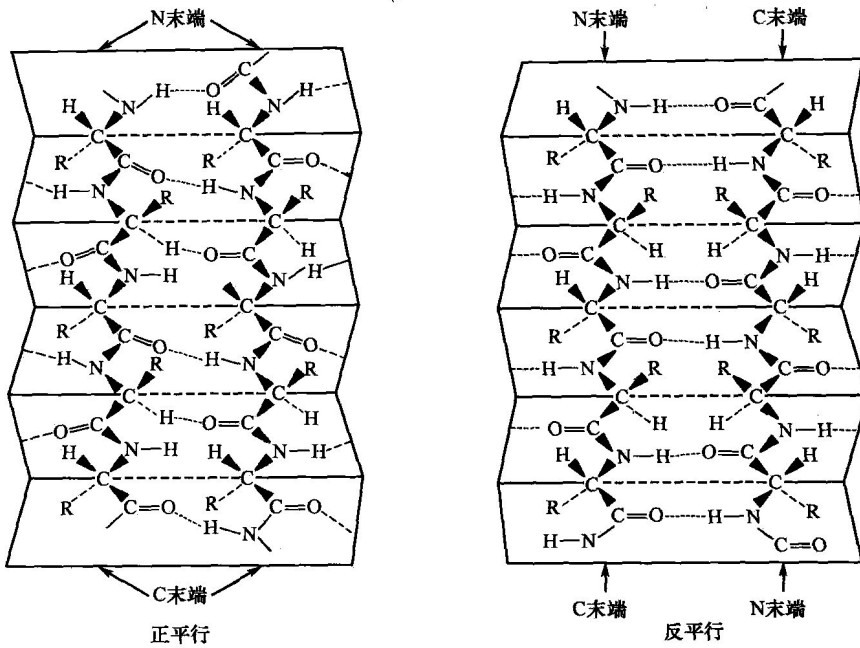
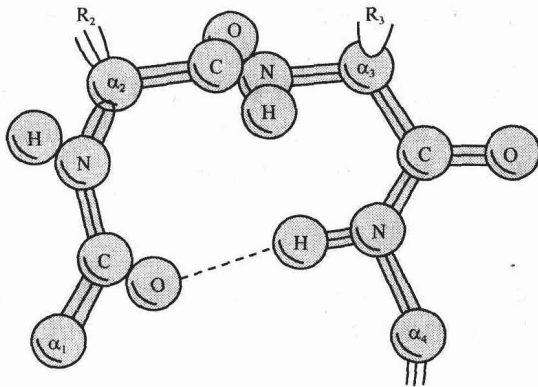
图 2-4 β -折叠图 2-5 β -转角

图 2-6 蛋白质的三级结构——肌红蛋白

(二) 蛋白质的三级结构

蛋白质的三级结构指蛋白质多肽链在二级结构的基础上再进一步盘曲、折叠形成的空间结构(图 2-6)。蛋白质三级结构的特点包括:①多肽链在盘曲折叠的过程中,疏水键常积聚在分子内部,而亲水键分布在分子表面,因此,蛋白质常溶于水。②多肽链盘曲、折叠后常在分子表面或局部形成具有生物学功能的特定区域,这些区域常称为结构域。如纤连蛋白含有 6 个结构域,可与细胞、胶原、DNA、肝素等配体结合;再如肌红蛋白,球状分子中有一个“口袋”状的空隙,可以嵌入一个血红素分子,它是结合氧的部位。③维系蛋白质三级结构的作用力是多肽链侧链基团之间形成的次级键,包括疏水键、离子键、氢键、范德华力,其中疏水键最为重要(图 2-7)。

④由一条多肽链构成的蛋白质最高级结构为三级结构,而此时这种蛋白质常可以表现出生物学活性。

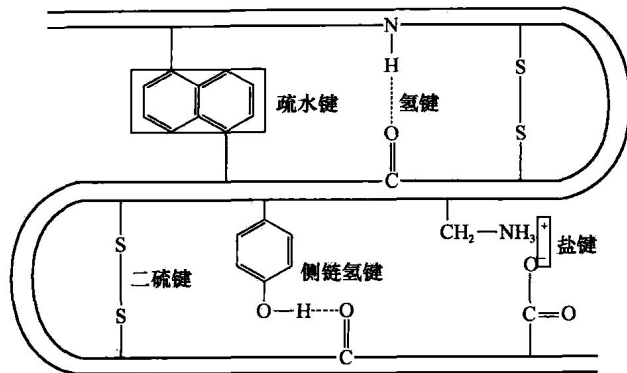


图 2-7 维系蛋白质三级结构的化学键

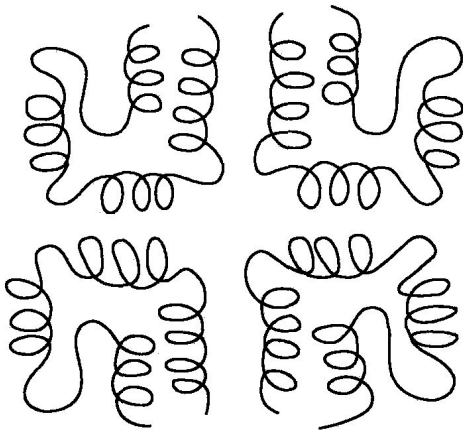


图 2-8 蛋白质的四级结构

(三) 蛋白质的四级结构

蛋白质的四级结构指两个或多个亚基通过非共价键的相互作用,聚集成更为复杂的空间结构。亚基指具有独立三级结构的多肽链。一种蛋白质中的亚基可以相同,也可以不同,单独一个亚基通常没有生物学活性。维系四级结构的作用力是亚基之间形成的次级键,包括疏水键、离子键、氢键、范德华力等。

血红蛋白是由两种不同的亚基构成的四聚体(图 2-8),即两个 α -亚基和两个 β -亚基。两种亚基的结构颇为相似,且每个亚基都结合有 1 个血红素辅基。4 个亚基通过 8 个离子键相连,形成血红蛋白的四聚体,具有运输氧和 CO₂ 的功能。

三、蛋白质结构与功能的关系

结构决定功能,功能是结构的体现。蛋白质也是这样。蛋白质的一级结构是空间结构的基础,具有独特的空间结构是蛋白质具有特有生物学活性的必备条件,结构发生变化,蛋白质的生物学活性就会受到影响甚至消失。

(一) 蛋白质一级结构与功能的关系

实验证明:①结构相似,功能相似。即一级结构相似的多肽或蛋白质,其空间结构和功能也相似。例如,神经垂体释放的缩宫素和血管升压素都是环八肽,两者只有两个氨基酸不同。其余的氨基酸是相同的(图 2-9)。因此,缩宫素与抗利尿激素的生理功能有相似之处,即缩宫素有抗利尿的作用,抗利尿激素有缩宫素的作用。

②结构不同,功能不同。由于缩宫素与抗利尿激素毕竟有两个氨基酸是不同的,因此,两者的生理功能也有区别,即缩宫素对子宫平滑肌和乳腺导管的收缩作用远高于抗利尿激素的作用,但是,缩宫素对血管平滑肌的收缩效应和抗利尿作

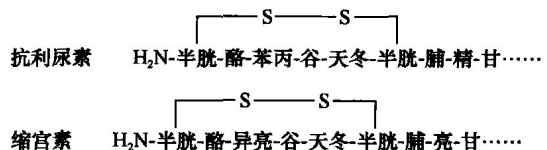


图 2-9 缩宫素与抗利尿激素