

# 生物化学

全国高等医学院校检验专业专科教材

主 编 苏伯銓 王祖植 主 审 李立群

0213557

海洋出版社

版 社

北京

43  
2



A0130239

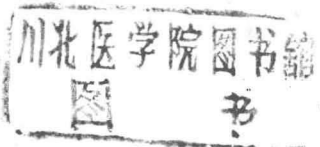
全国高等医学院校检验专业专科教材

# 生 物 化 学

主 编 苏伯銜

王祖植

主 审 李立群



0213557

海 洋 出 版 社

1990年·北京

## 出版说明

医学检验是医学中一个重要的分支，与临床医学的发展和医疗水平的提高有密切关系。医学检验在全国高等医学院校中是一个新发展的专业，迫切需要有计划地编写出版一套具有我国特色，反映医学检验科学和技术先进水平的教材。国家教委要求，医学检验教育要大力发展专科层次。近年来，全国高等医学院校医学检验专业的教育已有很大发展，开设医学检验专科的院校愈来愈多，但尚缺全国性的，系列的教材。为此，全国高等医学检验专业校际会议经过几次讨论，决定编写系列的全国高等医学检验专业专科教材。

本系列教材拟编写19门课程，酌情陆续编写出版，为了编好全套教材，校际会议决定成立检验专业大专教材编审委员会，由11名同志组成。

本系列教材适用于医学检验专业专科全日制、职大、业大、函大、专业证书班等及供临床检验人员、中专教师和临床医师参考。

全国高等医学检验专业专科教材

编审委员会

1989年1月2日

## 《生物化学》编者

**主 编** 苏伯銜 海军医学专科学校

王祖植 海军医学专科学校

**主 审** 李立群 上海第二医科大学

**编写者** (以姓氏笔划为序)

王魁点 鸡西煤炭职工医学院

白洪美 温州医学院

刘明洲 天津第二医学院

赵学海 蚌埠医学院

张 动 张家口医学院

张万超 空军医学专科学校

康 健 张家口医学院

黄振兴 南京军区军医学校

梅 琦 九江医学专科学校

潘文干 空军医学专科学校

樊建平 南京军区军医学校

## 编写说明

近几年来,全国医学教育事业发展很快,许多院校相继开设医学检验专业,本书系全国高等医学检验专科教材之一。全书共分十五章,以物质代谢为中心内容,着重介绍《生物化学》的基础理论和基本知识。酶和蛋白质化学在医学检验上占有重要位置,本书在内容上作了适当拓宽,这是必要的。血液化学和激素亦是医学检验的重要内容,但由于血液化学有关内容在临床生化中已提到,为避免重复,未再编入。激素的有关内容则分别安排在氨基酸代谢和脂类代谢中。从总体上看,本书照顾检验专业的需要,同时也注重基础理论,因此,其他医学专业亦可采用作为教材。此外,在书末尚附有实验指导和教学大纲可作参考。在学时划分上,理论课讲授76学时,实验课10学时,共86学时。各校在使用时可根据具体情况适当调整。

本书编写时间仓促,编者水平有限,错误和不当之处仍在所难免,希望各校试用后,予以批评指正,以便改正。

编者

1990.3.8

# 目 录

|                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| <b>第一章 绪论</b> ..... (1)      | <b>第二节 脂溶性维生素</b> ..... (36)    |
| 第一节 生物化学研究的内容..... (1)       | 一、维生素A..... (37)                |
| 第二节 生物化学的研究对象..... (1)       | 二、维生素D..... (38)                |
| 第三节 细胞和亚细胞结构的生物化学..... (3)   | 三、维生素E..... (39)                |
|                              | 四、维生素K..... (40)                |
| <b>第二章 蛋白质的化学</b> ..... (7)  | <b>第三节 水溶性维生素</b> ..... (40)    |
| 第一节 蛋白质的生物学意义..... (7)       | 一、维生素B <sub>1</sub> ..... (41)  |
| 第二节 蛋白质的分类..... (7)          | 二、维生素B <sub>2</sub> ..... (42)  |
| 一、单纯蛋白质..... (7)             | 三、维生素PP..... (43)               |
| 二、结合蛋白质..... (8)             | 四、维生素B <sub>6</sub> ..... (44)  |
| 第三节 蛋白质的分子组成..... (8)        | 五、泛酸..... (44)                  |
| 一、蛋白质的元素组成..... (8)          | 六、生物素..... (45)                 |
| 二、蛋白质的基本结构单位—氨基酸..... (9)    | 七、叶酸..... (46)                  |
| 三、氨基酸组成的链—肽..... (16)        | 八、维生素B <sub>12</sub> ..... (47) |
| 第四节 蛋白质的分子结构..... (18)       | 九、维生素C..... (48)                |
| 一、蛋白质的一级结构..... (18)         | <b>第四章 酶</b> ..... (50)         |
| 二、蛋白质的二级结构..... (19)         | 第一节 概述..... (50)                |
| 三、蛋白质的三级结构..... (20)         | 第二节 酶的化学结构..... (52)            |
| 四、蛋白质的四级结构..... (22)         | 一、酶的化学本质..... (52)              |
| 五、蛋白质分子结构与功能关系..... (23)     | 二、酶的分子结构..... (54)              |
| 第五节 蛋白质的理化性质..... (24)       | 三、酶原的激活..... (55)               |
| 一、蛋白质的两性解离及等电点..... (24)     | 四、同工酶..... (56)                 |
| 二、蛋白质的胶体性质..... (25)         | 五、变构酶..... (57)                 |
| 三、蛋白质的变性与复性..... (30)        | <b>第三节 酶作用原理</b> ..... (58)     |
| 四、蛋白质的颜色反应..... (31)         | 一、效率高的原因是酶能降低能阈..... (58)       |
| 第六节 蛋白质的分离提纯..... (32)       | 二、特异性高的原因是存在活性中心..... (60)      |
| 一、利用溶解度差别的分离方法..... (32)     | <b>第四节 酶反应动力学</b> ..... (61)    |
| 二、根据分子大小不同的分离方法..... (33)    | 一、底物浓度对酶促反应速度的影响..... (61)      |
| 三、根据所带电荷不同的分离方法..... (33)    | 二、酶浓度对酶促反应速度的影响..... (65)       |
| <b>第三章 维生素的化学</b> ..... (36) | 三、反应时间对酶促反应速度的影响..... (65)      |
| 第一节 维生素的概念及分类..... (36)      | 四、温度对酶促反应速度的影响..... (66)        |

|                                   |      |                              |       |
|-----------------------------------|------|------------------------------|-------|
| 五、pH对酶促反应速度的影响.....               | (66) | 二、糖代谢概况.....                 | (90)  |
| 六、激活剂对酶促反应速度的影响.....              | (67) | 第二节 糖的无氧分解.....              | (91)  |
| 七、抑制剂对酶促反应速度的影响.....              | (68) | 一、定义.....                    | (91)  |
| 第五节 酶活力测定.....                    | (70) | 二、反应过程.....                  | (91)  |
| 一、酶活力与反应速度.....                   | (70) | 三、生理意义.....                  | (96)  |
| 二、酶活力测定方法.....                    | (70) | 第三节 糖的有氧氧化.....              | (97)  |
| 三、酶活力单位.....                      | (71) | 一、定义.....                    | (97)  |
| 第六节 酶在医学上的应用.....                 | (72) | 二、反应过程.....                  | (97)  |
| 一、在疾病发生方面.....                    | (72) | 三、生理意义.....                  | (99)  |
| 二、在疾病诊断方面.....                    | (72) | 第四节 磷酸戊糖途径.....              | (100) |
| 三、在疾病治疗方面.....                    | (73) | 一、定义.....                    | (100) |
| 第五章 生物氧化.....                     | (75) | 二、反应过程.....                  | (100) |
| 第一节 概述.....                       | (75) | 三、生理意义.....                  | (102) |
| 一、生物氧化的概念.....                    | (75) | 四、糖分解代谢途径之间的关系.....          | (104) |
| 二、生物氧化的方式.....                    | (75) | 第五节 糖原的合成、分解和糖的<br>异生作用..... | (104) |
| 三、生物氧化的特点.....                    | (76) | 一、糖原合成.....                  | (105) |
| 四、生物氧化的酶类.....                    | (76) | 二、糖原分解.....                  | (106) |
| 第二节 生物氧化中CO <sub>2</sub> 的生成..... | (77) | 三、糖异生作用.....                 | (108) |
| 一、单纯脱羧.....                       | (77) | 第六节 血糖.....                  | (110) |
| 二、氧化脱羧.....                       | (77) | 一、血糖浓度.....                  | (110) |
| 第三节 生物氧化中水的生成.....                | (78) | 二、血糖的来源与去路.....              | (111) |
| 一、呼吸链的组成.....                     | (78) | 三、血糖浓度的调节.....               | (112) |
| 二、呼吸链中传递体的排列顺序.....               | (81) | 第七章 脂类的代谢.....               | (114) |
| 第四节 生物氧化中能量的生成.....               | (81) | 第一节 概述.....                  | (114) |
| 一、高能键与高能磷酸化合物.....                | (82) | 一、脂类的基本概念.....               | (114) |
| 二、ATP的生成.....                     | (82) | 二、脂类在体内的分布.....              | (114) |
| 三、线粒体外生成的NADH的氧化.....             | (84) | 三、脂类的生理功用.....               | (114) |
| 四、高能磷酸键的转移、贮存和利用.....             | (86) | 第二节 脂类的转运.....               | (115) |
| 第五节 非线粒体氧化体系.....                 | (87) | 一、血脂的种类和含量.....              | (115) |
| 一、微粒体氧化体系.....                    | (87) | 二、血脂的来源与去路.....              | (115) |
| 二、过氧化物酶体氧化体系.....                 | (88) | 三、血脂的运输形式—血浆脂蛋白.....         | (115) |
| 第六章 糖代谢.....                      | (90) | 四、高脂血症与高脂蛋白血症.....           | (120) |
| 第一节 概述.....                       | (90) | 第三节 脂肪的代谢.....               | (120) |
| 一、糖的生理功用.....                     | (90) | 一、脂肪的水解.....                 | (120) |
|                                   |      | 二、甘油的代谢.....                 | (120) |
|                                   |      | 三、脂肪酸的氧化.....                | (121) |
|                                   |      | 四、酮体的生成和利用.....              | (123) |
|                                   |      | 五、脂肪的合成代谢.....               | (125) |

|                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 第四节 磷脂的代谢.....(127)             | 三、基因的损伤和修复.....(168)          |
| 一、甘油磷脂的合成代谢.....(127)           | 四、基因工程.....(170)              |
| 二、甘油磷脂的分解代谢.....(128)           | 第五节 RNA的生物合成.....(171)        |
| 三、甘油磷脂与脂肪肝.....(129)            | 一、转录作用.....(171)              |
| 第五节 胆固醇的代谢.....(129)            | 二、转录过程.....(172)              |
| 一、胆固醇的合成代谢.....(130)            | 三、各种RNA的生成.....(172)          |
| 二、胆固醇的转变与排泄.....(130)           |                               |
| <b>第八章 蛋白质的分解代谢.....(134)</b>   | <b>第十章 蛋白质的生物合成.....(175)</b> |
| 第一节 概述.....(134)                | 第一节 蛋白质生物合成体系.....(175)       |
| 一、蛋白质的生理功能.....(134)            | 一、mRNA.....(175)              |
| 二、氮平衡.....(134)                 | 二、tRNA.....(176)              |
| 三、必需氨基酸与蛋白质的营养价值.....(134)      | 三、核蛋白体.....(177)              |
| 四、蛋白质代谢概况.....(135)             | 四、酶及其它因子.....(178)            |
| 第二节 氨基酸的一般代谢.....(137)          | 第二节 蛋白质生物合成的过程.....(179)      |
| 一、转氨基作用和转氨酶.....(137)           | 一、氨基酸的活化与转运.....(179)         |
| 二、氧化脱氨基作用.....(139)             | 二、核蛋白体循环.....(180)            |
| 三、其它脱氨基作用.....(139)             | 三、肽链合成后的加工修饰.....(183)        |
| 四、血氨和氨的去路.....(140)             | 第三节 蛋白质生物合成的调节.....(185)      |
| 五、 $\alpha$ -酮酸的去路.....(143)    | 一、转录水平的调节.....(185)           |
| 第三节 氨基酸与合成非蛋白含氮化合物的关系.....(144) | 二、翻译水平的调节.....(186)           |
| 一、一碳基团的代谢.....(145)             | 三、异常的翻译产物和某些疾病.....(188)      |
| 二、蛋氨酸与活性甲基.....(146)            | <b>第十一章 物质代谢调节.....(191)</b>  |
| 三、含硫氨基酸与活性硫酸根.....(147)         | 第一节 概述.....(191)              |
| 四、芳香族氨基酸与几种激素.....(148)         | 一、物质代谢调节的意义.....(191)         |
| 五、色氨酸与5-羟色胺及尼克酰胺.....(149)      | 二、物质代谢调节的方式.....(191)         |
| 六、甘氨酸与卟啉的合成.....(150)           | 第二节 细胞水平的代谢调节.....(191)       |
| <b>第九章 核酸的化学及新陈代谢.....(152)</b> | 一、酶结构的调节.....(192)            |
| 第一节 概述.....(152)                | 二、酶含量的调节.....(194)            |
| 第二节 核酸的化学.....(152)             | 第三节 激素对物质代谢的调节.....(195)      |
| 一、核酸分子的化学组成.....(152)           | 一、通过细胞膜受体的调节.....(196)        |
| 二、核酸的分子结构.....(155)             | 二、通过细胞内受体的调节.....(199)        |
| 第三节 核苷酸的代谢.....(159)            | 第四节 物质代谢的整体调节.....(200)       |
| 一、嘌呤核苷酸的代谢.....(159)            | 一、禁食或饥饿.....(200)             |
| 二、嘧啶核苷酸的代谢.....(162)            | 二、应激.....(201)                |
| 第四节 DNA的生物合成.....(163)          | <b>第十二章 水与电解质平衡.....(203)</b> |
| 一、DNA的复制.....(164)              | 第一节 体液.....(203)              |
| 二、反转录作用.....(168)               | 一、体液的含量与分布.....(203)          |
|                                 | 二、体液中电解质的含量与分布.....(203)      |

|                             |       |                                |       |
|-----------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| 特点.....                     | (203) | 作用.....                        | (222) |
| 三、体液电解质浓度的表示方法.....         | (205) | 二、肺对酸碱平衡的调节.....               | (224) |
| 四、体液的交换.....                | (206) | 三、肾脏对酸碱平衡的调节.....              | (224) |
| 第二节 水平衡.....                | (207) | 四、其它组织或细胞对酸碱平衡的调<br>节.....     | (227) |
| 一、水的生理功能.....               | (207) | 第三节 酸碱平衡失调.....                | (228) |
| 二、水的来源与去路.....              | (208) | 一、酸、碱中毒的基本类型.....              | (229) |
| 第三节 电解质平衡.....              | (209) | 二、酸碱平衡与电解质的关系.....             | (230) |
| 一、电解质的生理功能.....             | (209) | <b>第十四章 肾脏生化</b> .....         | (232) |
| 二、钠与氯的代谢.....               | (209) | 第一节 肾脏的泌尿功能.....               | (232) |
| 三、钾的代谢.....                 | (209) | 第二节 尿液的性质和化学成份.....            | (233) |
| 四、消化液丢失对电解质平衡的影响<br>.....   | (210) | 一、尿液的理化性质.....                 | (233) |
| 第四节 水与电解质平衡的调节<br>.....     | (210) | 二、尿液的化学成份.....                 | (234) |
| 一、神经系统的调节.....              | (210) | 第三节 肾功能测定与尿液的异常<br>成份.....     | (235) |
| 二、神经体液的调节.....              | (211) | 一、肾功能测定.....                   | (235) |
| 第五节 水与电解质平衡失调.....          | (212) | 二、尿液的异常成分.....                 | (237) |
| 一、脱水.....                   | (212) | <b>第十五章 肝胆生化</b> .....         | (239) |
| 二、低血钾.....                  | (213) | 第一节 肝脏在物质代谢中的作用<br>.....       | (239) |
| 三、高血钾.....                  | (213) | 一、肝脏在糖代谢中的作用.....              | (239) |
| 第六节 钙磷代谢.....               | (214) | 二、肝脏在脂类代谢中的作用.....             | (240) |
| 一、体内钙磷的含量、分布及其生理<br>功用..... | (214) | 三、肝脏在蛋白质代谢中的作用.....            | (240) |
| 二、钙磷的吸收与排泄.....             | (214) | 四、肝脏在维生素代谢中的作用.....            | (241) |
| 三、血钙与血磷.....                | (214) | 五、肝脏在激素代谢中的作用.....             | (241) |
| 四、钙磷代谢的调节.....              | (215) | 第二节 肝脏的生物转化作用.....             | (241) |
| 第七节 镁的代谢.....               | (216) | 一、生物转化作用的概念.....               | (241) |
| 第八节 一些微量元素的代谢.....          | (217) | 二、生物转化反应的主要类型.....             | (242) |
| 一、铁代谢.....                  | (217) | 第三节 胆汁和胆汁酸盐.....               | (246) |
| 二、碘代谢.....                  | (218) | 一、胆汁的组成成份.....                 | (246) |
| 三、锌代谢.....                  | (219) | 二、胆汁的代谢与功能.....                | (246) |
| 四、铜代谢.....                  | (219) | 第四节 胆色素代谢.....                 | (249) |
| 五、锰代谢.....                  | (219) | 一、胆红素的生成.....                  | (249) |
| 六、氟代谢.....                  | (220) | 二、胆红素的运输.....                  | (249) |
| <b>第十三章 酸碱平衡</b> .....      | (221) | 三、胆红素在肝内的转化.....               | (250) |
| 第一节 概述.....                 | (221) | 四、胆红素在肠道中的变化及胆素元<br>的肠肝循环..... | (252) |
| 一、酸碱的概念.....                | (221) | 五、血清胆红素与黄疸.....                | (252) |
| 二、酸碱平衡的概念.....              | (221) | 第五节 肝脏功能检查.....                | (253) |
| 三、体内酸性和碱性物质的来源.....         | (221) | <b>生物化学实验指导</b> .....          | (255) |
| 第二节 体内酸碱平衡的调节.....          | (222) | <b>生物化学教学大纲</b> .....          | (267) |
| 一、血液的缓冲系统及其调节               |       |                                |       |

Q5-43  
4422

## 第一章 绪 论

### Intorduction

#### 第一节 生物化学研究的内容

##### (一) 生物化学的定义

生物化学(biochemistry)是用化学的理论和方法,研究生物体的化学组成和生命活动过程中所进行的化学变化规律的科学,也就是生命的化学。解剖学从肉眼所能观察到的范围去研究人体;组织学运用显微镜把对人体的研究推进到细胞水平;而生物化学则是在分子水平上探讨生命奥秘的学科。

##### (二) 生物化学的发展

生物化学有三个发展阶段。从18世纪开始,有机化学家用有机化学的方法分析生物体的物质组成,阐明这些成份的理化性质,这个阶段称为叙述生化(静态生化),它是研究生命现象的基础。从20世纪20年代开始,在静态生化的基础上,利用离体器官、组织切片和匀浆、以及精制的纯酶等方法,进一步研究生物体内组成物质的代谢变化、生物活性物质(酶、激素、维生素等)在代谢变化中的作用。这个时期的生物化学以研究代谢变化为主,称为动态生化。动态生化为医学和生物学实践解决了不少问题,但它忽略了机体的整体性和环境对机体的影响,也忽略了生化反应与生理机能的联系。人们通过不断的科学实践认识了这些缺点,大约从20世纪40年代起,在生物科学发展和研究手段改进的基础上,使生物化学的研究在动态生化的基础上结合了生理机能,并注意了环境对机体代谢的影响,把生物化学推进到了“机能生化”阶段。这种划分并不是绝对的,而只是表明了生物化学的发展趋势。事实上这三个发展阶段都在继续发展。例如人体的化学组成属于“叙述生化”的内容,但至到今天,人们仍然不能肯定说出组成人体有多少种元素,因为随着分析方法的进步,不断发现人体含有新的微量元素。微量元素分析已成为当前临床生化重要发展方向之一。随着生物化学的发展,首先是对于蛋白质和核酸的结构及功能的深入了解,使得人们有可能在分子水平上认识生命的本质,使生物学进入了“分子生物学”(molecular biology)的新时代。我国于1965年人工合成了世界上第一个有生物活性的蛋白质——胰岛素,1981年又首先合成了酵母丙氨酸tRNA,开辟了人工合成生物分子的途径,为生物化学的发展做出了贡献。

医学检验是诊断学的一部分,实验室诊断主要是从细胞水平(运用显微镜)和分子水平(运用各种分析仪器)为疾病诊断提供依据。因此,生物化学是医学检验专业一门重要的基础课。

#### 第二节 生物化学的研究对象

##### (一) 人体的化学组成

生物是由无生命物质发展而来的,是物质运动的最高形式。复杂的人体,仍然由简单的元素和化合物组成。

1.元素 构成人体主要元素有12种,共占人体总重量的99.95%,其余为微量元素,共占0.05%,每种含量均 $<0.01\%$ 。

12种主要元素及其含量是:O占65%、C占18%、H占10%、N占3%、Ca占2%、P占1%、K占0.35%、S占0.25%、Na占0.15%、Cl占0.15%、Mg占0.05%、Fe占0.04%。这只是一个总体表示,正常人有一个上下浮动的范围,例如婴幼儿含水量比老年人多,因而氧含量也比老年人多。

## 2.化合物

(1)水 约占人体体重60%,体内水多数分布在细胞内,并与有机高分子物质如蛋白质等相结合。

(2)有机物 人体内的有机物质主要是蛋白质(约占体重17%)、脂类(15%)、糖类(1%)和核酸等。它们是构成生物体的基本有机成份,都是复杂的高分子,称为生物分子。生物分子可以水解为它们的基本组成单位,叫构件分子。蛋白质中的氨基酸、核酸中的核苷酸、脂类中的脂肪酸、糖类中的单糖等都属于构件分子。此外,还有维生素、某些激素、肽、核苷酸等多种小分子活性物质,和尿素、尿酸、肌酸、肌酐、氨基酸、葡萄糖、甘油、脂肪酸等许多种有机化合物。

(3)无机盐 约占体重5%,主要是钙、磷、钾、钠、氯、硫、镁、铁、碘、铜、钴、锌等。它们中有的含量较多(如骨组织中的磷酸钙)有的则含量极微。有的与有机物相结合而发挥作用,有的则以离子形式存在。无机盐类在生命活动中的作用是多方面的。

## (二) 物质代谢

生物体与外界环境进行物质交换的过程叫物质代谢(metabolism)或新陈代谢。新陈代谢是生命的基本特征。

各种营养物质进入体内后,一方面作为原料,使机体生长、发育、修补、繁殖,叫做合成代谢(同化作用);另一方面,作为能源,放出能量,供机体生命活动的需要,叫做分解代谢(异化作用)。机体在生命过程中不断摄取外界的物质,转化为自身的物质,同时又分解和排出另一些物质,这样,机体自身便生长、发展和更新了。

新陈代谢可分为三个阶段。

第一阶段——消化吸收。在消化器官中,将食物中的营养成份进行机械的、生物的和化学的加工,把它们变成可吸收的形式,从胃肠道吸收入体内。

第二阶段——中间代谢。机体将消化吸收物质的一部分进行组织的建造和更新,以及把旧的组织成份和吸收物质中的另一部分分解、释放能量和产生废物的过程。

第三阶段——排泄。机体在代谢过程中产生许多终产物,即不能被机体再利用的废物,随着尿、粪、汗和呼出的气体等排出体外。

具体研究各种营养物质在体内,特别是在细胞内的变化以及相伴随的能量转变,是生物化学的重要内容之一,它们是整体生命得以维持的必要条件,也是各细胞、组织、器官所表现的生理功能的基础。

## (三) 物质代谢调控

一个小小的细胞内,有近2000种酶,在同一时间内,催化各种化学反应。这些化学反应互不妨碍,互不干扰,各自有条不紊,以惊人的速度进行着,并且互相配合。这说明生物体内的物质代谢必定有精确的调节控制机构。物质代谢调控(regulation of metabolism)

是对一系列化学反应进行“起-止”控制。化学反应的开始和停止，是由酶来控制的。酶具有很强的催化作用，促使反应迅速进行，当酶的构象改变，活性中心关闭时，化学反应基本停止。酶的活性受激素和产物数量等因素调节。激素作为神经中枢的信使，把正常生命活动的信息，通过血液循环传遍全身。

#### (四) 结构与功能

从整体讲，人体的每一个器官和组织都有其特殊的生理功能。从生物化学的角度，主要是探讨细胞、亚细胞结构和生物分子的结构及其功能。现在对蛋白质、核酸、酶等生物分子以及生物膜的结构和功能方面的研究、进展十分迅速，有人将这部分内容叫分子生物学。

#### (五) 繁殖与遗传

生物具有繁殖能力及遗传特征。一切生物体部能自身复制，代代相传，这就是生物体的遗传特性。生物是如何遗传的？直到30多年前，始终是个谜。修一所房子，首先要有施工蓝图。准确无误地“建造”一个生物体，是否也有一份蓝图呢？随着生物化学研究工作的进展，终于找到了这份“蓝图”，就是细胞核中的DNA，它贮存了全部遗传信息。目前，生物化学家正在设法改变DNA的排列顺序，从而改变生物体的生物学性状，这叫遗传工程学。

### 第三节 细胞和亚细胞结构的生物化学

细胞是生物体的结构与功能单位，生命活动过程中的化学反应绝大部分是在细胞内进行的，因而了解组成细胞各组分的结构和功能，对学习生物化学是十分必要的。细胞的结构极为复杂，真核细胞内有复杂的胞内膜系统，使细胞内分隔为若干结构和功能不同的区域，即亚细胞结构或细胞器。不同的细胞器进行着不同的化学反应，发挥其不同的功能（图1-1）。

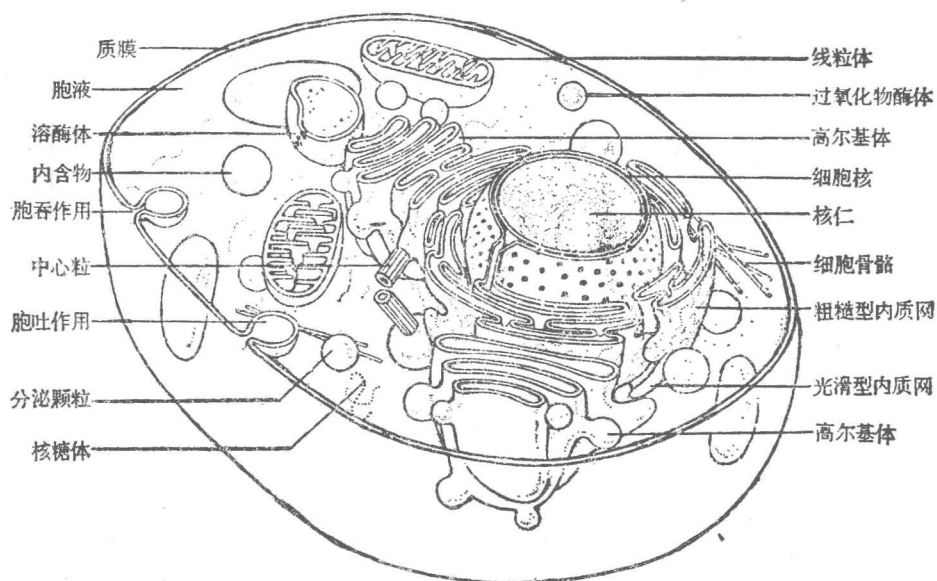


图 1-1 真核细胞及其细胞器模式图

## (一) 细胞膜

细胞膜是细胞外表的一层薄膜，称为质膜。真核细胞内还有许多内膜系统，总称为生物膜。

1. 膜的化学组成 所有生物膜几乎全是由蛋白质（包括酶）和脂类（主要是磷脂）两类物质组成的，此外尚含有少量的糖和微量的核酸。

2. 膜的结构 目前多数人所接受的看法是液态镶嵌模型：在液态的脂质双层中，镶嵌着球形蛋白质（图1-2）。

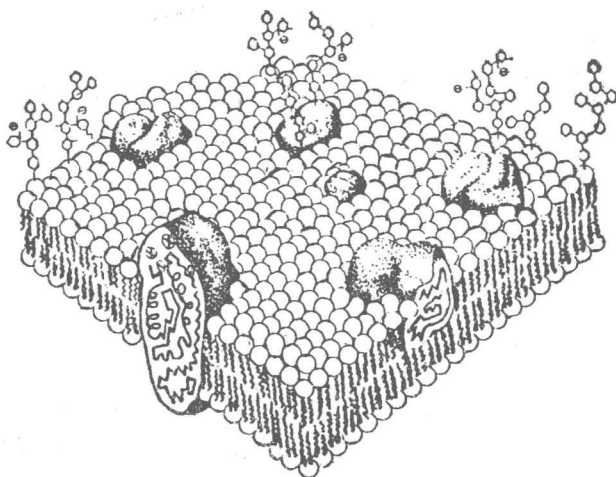


图1-2 生物膜的动态结构

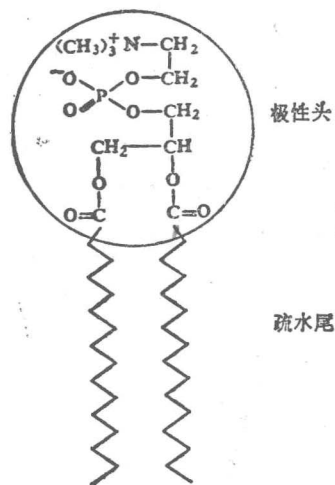


图1-3 磷脂酰胆碱的结构

有“尾巴”的球表示磷脂双层。灰的、有内容的物体为蛋白质，横断面显示其三级结构。上面的六角形为磷脂和糖蛋白中碳水化合物侧链的简写。它们只存在于外侧。大的蛋白质突出在膜的两侧，小的蛋白质以其疏水部位埋藏在脂质层中。这两种类型的蛋白质均可在磷脂相中移动。

(1) 脂质双层 脂质双层是两层脂质分子构成的薄膜。薄膜中的脂质主要为磷脂，每一个磷脂分子中都有一个极性部分和一个非极性部分，即亲水端、和亲脂端（图1-3）。

(2) 膜蛋白 膜上的蛋白质都属于球蛋白。功能越复杂的膜，膜蛋白的种类也越多，膜的功能主要是由膜蛋白负担的。膜蛋白在膜中的排列内外表面不同，这种不对称性与膜内外功能不同有关。

### 3. 膜的功能

(1) 物质转运 生物膜是具有高度选择性和通透性的屏障。物质分子和离子在细胞内外的转移，都是被特异转运体系严格控制的，这种转运过程的重要意义有：①调节细胞的容积，维持细胞内的pH和离子浓度，给细胞代谢提供适宜的环境；②摄入营养物质和排泄废物；③产生离子浓度梯度，这种浓度梯度可以保证神经、肌肉的兴奋性。

物质转运主要有四种方式。

①被动扩散。目前认为只有一些非极性物质（如 $O_2$ ， $CO_2$ 等）可以由高浓度处通过脂质双层向低浓度处自由移动，而亲水性物质如各种离子、葡萄糖、氨基酸等，需要膜蛋白的参与才能通过细胞膜。

②易化扩散。亲水性物质在膜蛋白的参与下从高浓度向低浓度转运叫易化扩散。膜上有

许多特异性的蛋白质，每种蛋白只和一种离子或物质进行可逆结合，通过空间构象的改变，形成或关闭生物膜上的通道。在膜蛋白的参与下易化扩散速度比被动扩散快，但由于转运蛋白数量有限，当被转运物质超过一定浓度时，扩散速率不再增加，即具有饱和现象。葡萄糖和氨基酸的转运就是通过这种方式进行的。

③主动转运。细胞膜可使许多物质由低浓度向高浓度方向转运，这是需要能量的，称为主动转运。载体蛋白有活性部位与特异性的物质相结合，使之通过质膜，如  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶，肠粘膜细胞中的钙结合蛋白等。主动转运也可使基团转位。

④内吞作用与外吐作用。内吞作用是物质粘到质膜上，膜凹陷并包裹物质，最后成为颗粒而进入细胞。例如有些血浆脂蛋白就是通过内吞作用进入肝和肾细胞的。外吐作用是内吞作用的逆过程。

(2) 信息传递 生物是一个整体，各细胞以及细胞中的各个部分，都要在中枢神经的支配下彼此配合，互相协调。这种协调是靠信息传递来完成的。在质膜上分布着一些特殊的受体，它们是镶嵌在脂质双层中的特殊蛋白质，一般裸露在膜外面，用以接受由细胞外来的各种化学信号。当它们与外来的某种信号相结合时，受体发生构象改变，从而引起细胞内一系列代谢变化，以调节细胞的生理活动。不同细胞膜上所具有的受体不同，因而同一信号（如激素）只对其靶细胞起作用，而对其它细胞则无作用。

细胞膜上还携带各种抗原，是一些特异的糖蛋白，如红细胞的血型抗原就是细胞膜上一种具有寡糖侧链的糖蛋白。抗原也是一种信息。携带抗原正如给细胞打上标记，使机体可以识别其为“自己的”或“异己的”细胞，并排斥异己细胞。

## (二) 细胞核

细胞核是真核细胞的“遗传信息中心”，它的外面为内外两层由脂质双层所组成的核膜所包围，核质内有核液、核仁、染色体。核仁的组成以RNA为主，是rRNA的合成部位。染色体由DNA分子与组蛋白结合而成。

## (三) 细胞质

细胞质是细胞的水相，许多由生物膜围绕的亚细胞结构单位悬浮于其中，通称细胞器，如线粒体、内质网、溶酶体等。

1. 胞液 细胞质可溶部分称胞液，所含蛋白质占细胞蛋白总量的20~25%，其它尚含有核酸、酶、电解质、葡萄糖及代谢废物如肌肝、尿酸等。胞液中的蛋白质，有的是结构蛋白质，如微管、微丝等。

2. 线粒体 呈短棒状或球状颗粒。糖、脂类及氨基酸在线粒体内被分子氧氧化为 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 和能量，并将能量合成大量的ATP（三磷酸腺苷）供给机体代谢的需要。故线粒体被人们称为细胞“动力站”。

3. 核蛋白体 由大小两个亚基组成，是细胞内蛋白质生物合成的部位。与内质网结合构成粗面内质网，或自由存在于细胞质中。

4. 内质网 内质网是一种膜状结构，两层膜之间形成许多小管和囊腔，或构成扁平的小泡。膜外有的附着有核蛋白体微粒，称粗面内质网，它在聚集核蛋白体合成的蛋白质中起重要作用；滑面内质网上无核蛋白体，它与固醇类合成、磷脂合成及肝脏的生物转化作用有关。

5. 高尔基复合体 高尔基复合体是一簇或几簇很微细的扁平囊泡，通常包括3~12个

盘形囊，双端伸展成管并形成各种空泡与小泡。高尔基复合体与其它膜系的关系是：核膜→内质网膜→小泡→高尔基复合体膜→小泡→质膜。这是一条蛋白质合成的流水线，高尔基复合体起着加工、浓缩和排泌的作用。蛋白质分子上的末端糖基也是在这里装配完成的，在糖蛋白的信息功能上起决定性作用。

6.溶酶体 溶酶体是一种由膜包裹的酶聚集体，来自高尔基复合体。已证实溶酶体内含有36种以上的水解酶，包括水解蛋白、核酸、多糖、脂类、含硫和含磷有机物的酶类，它是细胞内的消化器官，具有清除细胞内受损的衰老无用组分和吞噬到细胞内的物质的作用。

7.过氧化物酶体 主要参与细胞内的氧化作用。例如：它能产生过氧化氢，杀死吞入细胞的细菌，又能清除多余的过氧化氢。

### 复习思考题

- 1.什么叫生物化学？论述学好这门课的重要性。
- 2.糖、脂肪、蛋白质作为重要的营养物质进入机体后都发挥什么作用？
- 3.构成脂质双层的磷脂分子为什么既亲水又亲脂？
- 3.细胞膜内外的主动转运和被动扩散有什么区别？有何生理意义？

(王祖植)

## 第二章 蛋白质的化学

### Chemistry of Proteins

#### 第一节 蛋白质的生物学意义

生命是物质运动的高级形式，这种运动形式或是通过蛋白质 (Protein) 来实现的。因此，蛋白质有极其重要的生物学意义，这可以从蛋白质的结构和功能两方面看出来。

##### (一) 蛋白质是细胞和组织的重要成份

从最低级的病毒到人类，凡是生物体无不含有蛋白质。蛋白质约占人体干重的45%。20多种氨基酸就像26个拉丁字母组成成千上万的单词和句子一样，组成了成千上万的蛋白质。人体有10万种以上不同结构的蛋白质，发挥着十分复杂的作用。

##### (二) 蛋白质与生命活动密切相关

蛋白质的生物学性质繁复多样，几乎生物体内一切最基本的生命活动都与蛋白质有关。下面列举一些实例。

1. 催化 新陈代谢是生命的本质特征。构成新陈代谢的所有化学反应，几乎都是在酶的催化和控制下进行的。酶的化学本质是蛋白质。

2. 调节 激素作为“信使”，把调节正常生命活动的信息，送到各细胞，以保证机体正常生命活动。许多酶就是在激素的调节下开始和停止发挥催化作用。大部分激素是蛋白质。

3. 收缩 生命在于运动。运动靠肌肉收缩来实现，这是肌球蛋白和肌动蛋白的相对滑动的结果。

4. 结构 骨骼和纤维组织构成了人体结构的支架，起到支持重量和承受机械拉力的作用，它们是由胶原蛋白分子组成的。

5. 运输 呼吸停止意味着生命结束，吸入体内的氧是由血红蛋白运输的。血液循环好比河流，许多血浆蛋白质好比船，运载许多小分子物质和离子，完成血液的运输任务。

6. 防御 抗体是生物防御体系，它能识别和结合病毒、细菌和异种蛋白质，这是一类高度专一性的蛋白质，使人体具有免疫功能。

近代分子生物学的研究还表明，遗传信息的控制，细胞膜的通透性，以及高等动物的记忆、识别、思维、感觉等都与蛋白质有关。

#### 第二节 蛋白质的分类

根据蛋白质的化学组成和溶解度不同可作如下分类。

##### 一、单纯蛋白质

水解时只产生在氨基酸的蛋白质称为单纯蛋白质 (simple proteins)。按溶解度不同，又可分为下列各类。

1. 清蛋白 (临床习惯叫白蛋白) 溶于水、稀盐、稀酸、稀碱溶液。硫酸铵盐析时 >50%

饱和度开始析出。遇热凝结。普遍存在于生物体内，如血浆清蛋白、卵清蛋白。

2. 球蛋白 不溶于水，但加少量盐、酸或硷则可溶解。半饱和硫酸铵可使沉淀析出。如血浆球蛋白。

3. 硬蛋白 骨、软骨、腱、毛发等结构蛋白质总称为硬蛋白。在水、盐类溶液及稀酸、稀硷中完全不溶解，因而得以保证人体的支柱作用。

4. 精蛋白 溶于水与稀酸，但为稀氨水所沉淀。分子中精氨酸、赖氨酸、组氨酸等硷性氨基酸含量特别多，呈弱硷性。常与酸性物质结合，如核蛋白。

5. 组蛋白 溶于水与稀酸，但为氨水所沉淀。呈弱硷性。常与酸性物质结合存在，如血红蛋白。

在植物中，尚有谷蛋白及醇溶谷蛋白两种。

## 二、结合蛋白质

结合蛋白质 (conjugated proteins) 由单纯蛋白质与非蛋白质成分结合而成，其非蛋白的部分称为辅基，

结合蛋白质 = 单纯蛋白质 + 辅基

按其辅基的性质可分为以下各类。

1. 核蛋白 单纯蛋白质与核酸结合而成，是细胞核的主要成份。
2. 糖蛋白 辅基为多糖。存在于结缔组织，粘液及血液等体液中。
3. 脂蛋白 脂类及蛋白质结合成能溶于水的脂蛋白在血浆中运输。存在于血液和组织中。
4. 磷蛋白 辅基为磷酸。如酪蛋白、胃蛋白酶等。
5. 色蛋白 含带色辅基。如血红蛋白。
6. 金属蛋白 蛋白质与金属结合而成。如胰岛素含有锌。

## 第三节 蛋白质的分子组成

### 一、蛋白质的元素组成

经元素分析，蛋白质一般含碳50~56%，氢6~8%，氧19~24%，氮13~19%，硫0.2~3%。有些蛋白质还含有微量的磷、铁、锌、碘等元素。元素分析是经典的分析方法，运用于蛋白质测定，必需找出一个能代表蛋白质的“特征元素”来，测定此元素含量后，乘上一个系数，换算成蛋白质。C、H、O是一切有机物都含有的，S含量又很少，不是每一种氨基酸都含S，因而选中了N。蛋白质含氮量平均16% (13~19%)，用Kjeldahl定氮法测定含氮量后，乘以6.25 ( $100/16 = 6.25$ )，即可得出蛋白质含量。6.25叫做氮量换算为蛋白质质量的换算系数。

在实际应用过程中，由于16%是一个平均值，不一定适用于个别蛋白质，常与其它蛋白质测定方法不符合，表2—1列出了一些重要的蛋白质的换算系数。