

卫生部规划教材

全国医学高等专科学校教材

供临床医学专业用

第  
5  
版

# 生物化学

主 编 潘文干  
副主编 程牛亮  
李 洪

 人民卫生出版社

全  
国  
医  
学  
高  
等  
专  
科  
学  
校  
教  
材

全国医学高等专科学校教材

供临床医学专业用

# 生 物 化 学

第 5 版

主 编 潘文干

副主编 程牛亮 李 洪

编 者 (以姓氏笔画为序)

马灵筠 (河南科技大学医学院)	肖方祥 (三峡大学医学院)
万恂恂 (湖南师范大学医学院)	殷嫦嫦 (九江学院医学院)
孙秀玲 (临沂医学专科学校)	程牛亮 (山西医科大学)
吕士杰 (吉林军医学院)	路 萍 (北京军医学院)
李 洪 (泸州医学院)	潘文干 (吉林军医学院)
李 林 (白求恩军医学院)	

人 民 卫 生 出 版 社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/潘文干主编. —5 版. —北京:  
人民卫生出版社, 2003.  
ISBN 7-117-05825-0

I. 生... II. 潘... III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 108652 号

## 生物化学

第 5 版

主 编: 潘文干

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: [http://www. pmph. com](http://www.pmph.com)

E - mail: [pmph@pmph. com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 北京金盾印刷厂 (尚艺)

经 销: 新华书店

开 本: 850×1168 1/16 印张: 20.75

字 数: 499 千字

版 次: 1980 年 11 月第 1 版 2004 年 1 月第 5 版第 44 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-05825-0/R · 5826

定 价: 26.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

# 临床医学专科第五轮教材修订说明

为适应我国医学专科教育改革和基层卫生工作改革发展的需要，经卫生部临床医学专科教材评审委员会审议，卫生部教材办公室决定 2003 年开始进行临床医学专科第五轮教材的修订编写工作。此次修订以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想，强调“三基”、“五性”、“三特定”原则，注重体现《面向 21 世纪教育振兴行动计划》培养高素质人才的要求。

此次修订将《人体解剖学》、《组织学和胚胎学》合并为《人体解剖学和组织胚胎学》；将《医学微生物学和免疫学》、《人体寄生虫学》合并为《病原生物学和免疫学》；将《医学遗传学基础》更名为《细胞生物学和医学遗传学》。新增加《急诊医学》、《康复医学》、《医学文献检索》3 种。

## 全套教材共 23 种：

- |                       |             |
|-----------------------|-------------|
| 1. 《医学物理学》第 4 版       | 主 编 潘志达     |
|                       | 副主编 邱松耀     |
| 2. 《医学化学》第 5 版        | 主 编 谢吉民     |
|                       | 副主编 张华杰     |
| 3. 《人体解剖学和组织胚胎学》第 5 版 | 主 编 窦肇华     |
|                       | 副主编 吴建清 闫家阁 |
| 4. 《生理学》第 5 版         | 主 编 刘玲爱     |
|                       | 副主编 白 波 张 敏 |
| 5. 《生物化学》第 5 版        | 主 编 潘文干     |
|                       | 副主编 程牛亮 李 洪 |
| 6. 《病原生物学和免疫学》第 5 版   | 主 编 陈兴保     |
|                       | 副主编 张进顺 台凡银 |
| 7. 《病理学》第 5 版         | 主 编 和瑞芝     |
|                       | 副主编 王家富 陈命家 |
| 8. 《药理学》第 5 版         | 主 编 张丹参     |
|                       | 副主编 于肯明 王建刚 |
| 9. 《细胞生物学和医学遗传学》第 3 版 | 主 编 张忠寿     |
|                       | 副主编 刘金杰     |
| 10. 《预防医学》第 3 版       | 主 编 黄吉武     |
|                       | 副主编 桑瑞兰     |
| 11. 《诊断学》第 5 版        | 主 编 邓长生     |
|                       | 副主编 符晓华 李伟扬 |

- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| 12. 《内科学》第5版      | 主 编 马家骥     |
|                   | 副主编 刘远厚 王庸晋 |
| 13. 《外科学》第5版      | 主 编 梁力建     |
|                   | 副主编 林建华 廖 斌 |
| 14. 《妇产科学》第5版     | 主 编 王泽华     |
|                   | 副主编 程丽坤 孙丽君 |
| 15. 《儿科学》第5版      | 主 编 汪 翼     |
|                   | 副主编 郭学鹏     |
| 16. 《传染病学》第3版     | 主 编 刘应麟     |
|                   | 副主编 彭凤英     |
| 17. 《眼耳鼻喉口腔科学》第5版 | 主 编 王斌全     |
|                   | 副主编 龚树生     |
| 18. 《皮肤性病学》第5版    | 主 编 张信江     |
|                   | 副主编 魏志平     |
| 19. 《中医学》第3版      | 主 编 陈友香     |
|                   | 副主编 王道瑞     |
| 20. 《医学心理学》第2版    | 主 编 马存根     |
|                   | 副主编 周郁秋     |
| 21. 《急诊医学》        | 主 编 黄显凯     |
|                   | 副主编 张兴毅     |
| 22. 《康复医学》        | 主 编 王前新 姜贵云 |
| 23. 《医学文献检索》      | 主 编 姚果源     |
|                   | 副主编 吴效普     |

## 临床医学专科第三届教材评审委员会

主任委员 涂明华

副主任委员 唐建武

委员 (以姓氏笔画为序)

王斌全 王家富 马家骥 马存根 刘远厚 许化溪  
涂心明 龚芳泽 梁晓俐 詹乐恒 潘文干

秘 书 高君励

## 第 5 版前言

根据临床医学专科教材评审委员会第三届一次会议精神，确定修订第 5 版医学专科《生物化学》规划教材。编写人员经各院校推荐，教材评审委员会遴选，确定由 10 所院校长期从事教学工作的教授、副教授组成。在卫生部教材办公室的指导下，编写人员依据第四版教材使用的情况反馈和教材评审委员会会议精神，围绕培养目标所需的知识构建，注意相关学科的衔接，重视学科的发展态势，考虑到各专业使用的层面而确定编写内容。第 5 版《生物化学》适用于医学专科临床医学、口腔医学、预防医学、医学检验、医学影像、药学、营养学、护理学等专业基础生物化学的教学需要。

第 5 版《生物化学》教材共分 16 章，在保持第四版《生物化学》特色的基础上，增加了绪论、癌基因与抑癌基因、分子生物学常用技术等章节内容；重新编排了维生素、生物氧化、蛋白质分解代谢、肝的生物化学、酸碱平衡等章节内容；还增加了主要参考文献和汉英对照索引，为使该教材更具有系统性、科学性、先进性和适用性进行了尝试与探讨。

各院校在使用第 5 版《生物化学》教材时，可根据各专业的培养目标和教学大纲之需要，对教材内容进行有重点的选择性教学，个别章节内容可供学生自学或专题讲座。

与第 5 版《生物化学》教材内容配套的各类试题，已汇集成《生物化学学习指导》同时出版发行，可供教师和学生参考。

教材修订过程中，得到了卫生部教材办公室和教材评审委员会的指导，得到了山西医科大学、泸州医学院、吉林军医学院领导和机关的支持，还得到了吉林军医学院生化教研室及罗军、罗卫国等同志的大力协助，在此表示衷心感谢。

由于主编能力水平所限，尽管编写人员尽了最大努力，但仍可能有某些不妥之处，特请广大师生提出宝贵批评意见。为使第五版《生物化学》教材尽量成为教师喜欢用，学生喜欢读，意见不太多的教科书，便是主编和全体编写人员的真诚心愿。

潘文干

2003 年 10 月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 生物化学发展简史.....	1
第二节 生物化学研究内容.....	2
第三节 生物化学与医学.....	3
<b>第二章 蛋白质的结构与功能</b> .....	5
第一节 蛋白质的分子组成.....	5
一、蛋白质的元素组成.....	5
二、蛋白质的基本组成单位——氨基酸.....	5
三、氨基酸在蛋白质分子中的连接方式.....	9
第二节 蛋白质的分子结构.....	10
一、蛋白质的一级结构.....	11
二、蛋白质的空间结构.....	11
三、蛋白质结构与功能的关系.....	15
第三节 蛋白质的理化性质.....	16
一、蛋白质的两性解离和等电点.....	16
二、蛋白质的胶体性质.....	16
三、蛋白质的变性、沉淀和凝固.....	17
四、蛋白质的紫外吸收性质.....	18
五、蛋白质的呈色反应.....	18
第四节 蛋白质的分类.....	18
一、按组成分类.....	18
二、按分子形状分类.....	19
三、按功能分类.....	19
<b>第三章 维生素</b> .....	20
第一节 概述.....	20
一、维生素的定义.....	20
二、维生素的命名与分类.....	20
三、维生素的需要量.....	20
四、维生素的缺乏与中毒.....	21
第二节 脂溶性维生素.....	21

一、维生素 A .....	22
二、维生素 D .....	23
三、维生素 K .....	24
四、维生素 E .....	25
第三节 水溶性维生素 .....	26
一、维生素 B <sub>1</sub> (硫胺素) .....	26
二、维生素 B <sub>2</sub> (核黄素) .....	27
三、维生素 PP .....	29
四、维生素 B <sub>6</sub> .....	30
五、生物素 .....	31
六、泛酸 .....	31
七、叶酸 .....	32
八、维生素 B <sub>12</sub> .....	33
九、硫辛酸 .....	34
十、维生素 C .....	35
第四章 酶 .....	37
第一节 概述 .....	37
一、酶的化学组成 .....	37
二、酶的命名和分类 .....	39
第二节 酶催化作用的特点 .....	40
一、高度的催化效率 .....	40
二、高度的特异性 .....	41
三、酶催化活性的可调节性 .....	41
四、酶活性的不稳定性 .....	41
第三节 酶的结构与功能 .....	41
一、酶的活性中心 .....	41
二、酶原与酶原的激活 .....	43
三、同工酶 .....	44
四、酶活性的调节 .....	45
五、酶催化作用机制 .....	46
第四节 影响酶催化作用的因素 .....	47
一、底物浓度对反应速度的影响 .....	48
二、酶浓度对反应速度的影响 .....	49
三、温度对反应速度的影响 .....	49
四、pH 对反应速度的影响 .....	49
五、激活剂对反应速度的影响 .....	50
六、抑制剂对反应速度的影响 .....	50



第五节 酶与医学的关系 .....	53
一、酶活性的测定 .....	54
二、酶在临床医学上的应用 .....	54
<b>第五章 生物氧化 .....</b>	<b>58</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>58</b>
一、生物氧化的方式与特点 .....	58
二、参与生物氧化的酶类 .....	59
三、生物氧化过程中 CO <sub>2</sub> 的生成 .....	60
<b>第二节 生物氧化过程中水的生成 .....</b>	<b>60</b>
一、呼吸链的组成及作用 .....	61
二、呼吸链成分的排列 .....	63
三、胞液中 NADH 的氧化 .....	65
<b>第三节 ATP 的生成 .....</b>	<b>67</b>
一、高能化合物 .....	67
二、ATP 的生成 .....	67
三、高能化合物的储存和利用 .....	70
<b>第四节 其它氧化体系 .....</b>	<b>71</b>
一、微粒体中的氧化酶 .....	71
二、过氧化物酶体中的氧化酶类 .....	71
三、超氧化物歧化酶 .....	72
<b>第六章 糖代谢 .....</b>	<b>73</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>73</b>
一、糖的生理功能 .....	73
二、糖代谢概况 .....	74
<b>第二节 糖原的合成与分解 .....</b>	<b>74</b>
一、糖原合成 .....	74
二、糖原分解 .....	76
三、糖原合成与分解的生理意义 .....	77
四、糖原合成与分解的调节 .....	77
<b>第三节 糖的分解代谢 .....</b>	<b>78</b>
一、糖的无氧氧化 .....	78
二、糖的有氧氧化 .....	83
三、磷酸戊糖途径 .....	88
四、其它单糖的分解代谢 .....	90
<b>第四节 糖异生 .....</b>	<b>91</b>
一、糖异生概念 .....	91

二、糖异生的途径 .....	91
三、糖异生的生理意义 .....	92
四、糖异生作用的调节 .....	93
第五节 血糖 .....	95
一、血糖的来源和去路 .....	95
二、血糖的调节 .....	95
三、糖代谢异常 .....	96
第六节 糖复合物 .....	97
一、糖蛋白 .....	98
二、蛋白聚糖 .....	100
三、糖脂 .....	101
<b>第七章 脂类代谢</b> .....	102
第一节 概述 .....	102
一、脂类的主要生理功能 .....	102
二、脂类在体内的分布 .....	103
第二节 血脂与血浆脂蛋白 .....	103
一、血脂的种类和含量 .....	103
二、血浆脂蛋白的分类与组成 .....	104
三、载脂蛋白 .....	105
四、血浆脂蛋白的代谢 .....	106
五、血浆脂蛋白代谢异常 .....	108
第三节 甘油三酯的代谢 .....	109
一、甘油三酯的分解代谢 .....	109
二、甘油三酯的合成代谢 .....	116
三、多不饱和脂肪酸的衍生物 .....	119
第四节 磷脂的代谢 .....	120
一、磷脂的生理功能 .....	120
二、甘油磷脂的代谢 .....	121
三、鞘磷脂的代谢 .....	123
第五节 胆固醇代谢 .....	124
一、胆固醇的生物合成 .....	125
二、胆固醇的酯化 .....	127
三、胆固醇在体内的转变与排泄 .....	127
<b>第八章 蛋白质分解代谢</b> .....	129
第一节 蛋白质的营养作用 .....	129
一、蛋白质的生理功能 .....	129

二、蛋白质的需要量 .....	129
三、蛋白质的营养价值 .....	130
四、蛋白质的肠中腐败作用 .....	130
<b>第二节 氨基酸的一般代谢</b> .....	131
一、氨基酸代谢概况 .....	131
二、氨基酸的脱氨基作用 .....	131
三、 $\alpha$ -酮酸的代谢 .....	134
<b>第三节 氨的代谢</b> .....	135
一、体内氨的来源 .....	135
二、体内氨的转运 .....	136
三、体内氨的去路 .....	137
<b>第四节 氨基酸的特殊代谢</b> .....	139
一、氨基酸的脱羧基作用 .....	139
二、一碳单位的代谢 .....	141
三、含硫氨基酸的代谢 .....	143
四、芳香族氨基酸的代谢 .....	145
五、支链氨基酸的代谢 .....	147
<b>第五节 糖、脂类、蛋白质代谢的联系及调节</b> .....	147
一、糖、脂和蛋白质代谢之间的相互联系 .....	147
二、代谢调节 .....	149
<b>第九章 核酸结构、功能与核苷酸代谢</b> .....	155
<b>第一节 核酸的化学组成</b> .....	155
一、碱基 .....	155
二、戊糖 .....	156
三、核苷 .....	156
四、核苷酸 .....	157
五、核酸中核苷酸的连接方式 .....	158
<b>第二节 DNA 的结构与功能</b> .....	158
一、DNA 的一级结构 .....	158
二、DNA 的二级结构 .....	159
三、DNA 的超级结构 .....	160
四、DNA 的功能 .....	161
<b>第三节 RNA 的结构与功能</b> .....	161
一、信使 RNA .....	161
二、转运 RNA .....	162
三、核糖体 RNA .....	164
四、小分子核内 RNA .....	164

五、核酶 .....	164
第四节 核酸的理化性质 .....	165
一、核酸的一般性质 .....	165
二、核酸的紫外线吸收 .....	165
三、核酸的变性与复性 .....	165
第五节 核苷酸的代谢 .....	166
一、嘌呤核苷酸的合成 .....	167
二、嘧啶核苷酸的合成 .....	170
三、脱氧核糖核苷酸的生成 .....	171
四、核苷一磷酸、核苷二磷酸和核苷三磷酸的相互转化 .....	173
五、核苷酸的分解代谢 .....	173
第十章 基因信息的传递 .....	176
第一节 DNA 的生物合成 .....	176
一、DNA 的复制 .....	177
二、DNA 的损伤与修复 .....	181
三、逆转录 .....	185
第二节 RNA 的生物合成 .....	185
一、不对称转录 .....	186
二、转录的过程 .....	187
三、转录后的加工 .....	189
第三节 蛋白质的生物合成 .....	191
一、参与蛋白质生物合成的物质 .....	192
二、蛋白质生物合成的过程——翻译 .....	195
三、翻译后的加工 .....	198
四、蛋白质生物合成与医学 .....	199
第四节 基因表达调控 .....	199
一、原核生物基因表达调控 .....	199
二、真核生物基因表达调控 .....	201
第十一章 癌基因与抑癌基因 .....	205
第一节 癌基因和抑癌基因 .....	205
一、癌基因 .....	205
二、抑癌基因 .....	206
第二节 癌基因和抑癌基因与肿瘤的发生 .....	207
一、癌基因恶性激活的机制 .....	207
二、癌基因激活与肿瘤的发生 .....	208
三、抑癌基因失活与肿瘤的发生 .....	210

<b>第十二章 分子生物学常用技术及其应用</b> .....	213
<b>第一节 基因工程</b> .....	213
一、基因工程的基本概念 .....	213
二、工具酶 .....	213
三、载体 .....	215
四、重组 DNA 技术的基本原理 .....	216
五、重组 DNA 技术的基本过程 .....	216
六、基因工程在医学中的应用 .....	219
<b>第二节 核酸分子杂交技术</b> .....	220
一、核酸分子杂交的基本原理 .....	220
二、核酸分子杂交的基本方法 .....	221
三、探针的标记 .....	221
<b>第三节 聚合酶链反应</b> .....	223
一、PCR 的基本原理 .....	223
二、PCR 的基本反应 .....	223
三、PCR 的应用 .....	224
<b>第四节 DNA 芯片技术</b> .....	224
一、DNA 芯片技术的概念和主要类型 .....	225
二、DNA 芯片技术的基本原理与方法 .....	225
三、DNA 芯片技术的应用 .....	229
<b>第五节 基因诊断与基因治疗</b> .....	230
一、基因诊断 .....	230
二、基因治疗 .....	232
<b>第十三章 细胞信号转导</b> .....	235
<b>第一节 信号分子</b> .....	235
一、信号分子的种类与化学本质 .....	235
二、信号分子的传递方式 .....	236
<b>第二节 受体</b> .....	237
一、受体的种类、分子结构与功能 .....	237
二、受体的作用特点 .....	238
<b>第三节 细胞信号转导途径</b> .....	239
一、膜受体介导的信号转导途径 .....	239
二、胞内受体介导的信号转导途径 .....	246
<b>第四节 细胞信号转导与医学</b> .....	247
一、细胞信号转导与疾病 .....	247
二、细胞信号转导与药物治疗 .....	248

<b>第十四章 水和电解质代谢</b> .....	249
<b>第一节 体液</b> .....	249
一、体液的含量与分布 .....	249
二、体液电解质的组成、含量及其分布特点 .....	250
三、体液的交换 .....	251
<b>第二节 水平衡</b> .....	252
一、水的生理功能 .....	252
二、水平衡——水的摄入与排出 .....	253
<b>第三节 电解质平衡</b> .....	255
一、电解质的生理功能 .....	255
二、钠、氯代谢 .....	255
三、钾代谢 .....	256
<b>第四节 水和电解质平衡的调节</b> .....	257
一、神经系统调节 .....	257
二、激素调节 .....	257
<b>第五节 钙、磷代谢</b> .....	259
一、钙磷在体内的分布与功能 .....	259
二、钙、磷的吸收与排泄 .....	260
三、血钙与血磷 .....	261
四、钙、磷与骨的关系——钙化及脱钙 .....	263
五、钙、磷代谢的调节 .....	264
<b>第六节 微量元素及镁代谢</b> .....	265
一、微量元素的代谢 .....	265
二、镁的代谢 .....	271
<b>第十五章 酸碱平衡</b> .....	272
<b>第一节 体内酸碱物质的来源</b> .....	272
一、酸性物质的来源 .....	272
二、碱性物质的来源 .....	273
<b>第二节 酸碱平衡的调节</b> .....	273
一、血液的缓冲作用 .....	273
二、肺对酸碱平衡的调节作用 .....	276
三、肾对酸碱平衡的调节作用 .....	276
四、其它组织细胞对酸碱平衡的调节 .....	279
<b>第三节 酸碱平衡失调</b> .....	280
一、酸碱平衡失调的基本类型 .....	281
二、酸碱平衡的主要生化诊断指标 .....	282

<b>第十六章 肝的生物化学</b> .....	284
<b>第一节 肝的物质代谢特点</b> .....	284
一、肝的糖、脂类、蛋白质代谢特点 .....	284
二、肝的维生素、激素代谢特点 .....	286
<b>第二节 肝的生物转化作用</b> .....	287
一、生物转化的概念 .....	287
二、生物转化的类型 .....	287
三、影响生物转化的因素 .....	290
<b>第三节 胆汁酸代谢</b> .....	290
一、胆汁酸的生成 .....	290
二、胆汁酸的生理功用 .....	293
<b>第四节 血红素代谢</b> .....	294
一、血红素的生物合成 .....	294
二、血红素的分解代谢 .....	296
<b>主要参考文献</b> .....	303
<b>汉英索引</b> .....	304

# 第一章 绪 论

生物化学 (biochemistry) 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。它主要采用化学以及物理学和免疫学等原理和方法, 从分子水平来探讨生命现象的本质, 故又称生命的化学。通常将生物大分子的结构、功能及其代谢调控等的研究, 称为分子生物学 (molecular biology)。故从广义的角度可将分子生物学视为生物化学的重要组成部分。生物化学既是重要的基础医学学科, 又与其它基础医学学科有着广泛的联系与交叉。这些学科的研究也都深入到分子水平, 并常需应用生物化学的理论和去研究解决各自学科的问题。由此产生以“分子”二字冠于学科之前的许多新学科, 如分子病理学、分子药理学、分子免疫学、分子遗传学等等, 故当今生物化学已成为生命科学领域的前沿学科。

## 第一节 生物化学发展简史

生物化学是一门既古老又年轻的学科, 它既有悠久的发展历史, 又有近代许多重大的进展和突破。生物化学的发展, 在我国可追溯到公元前 21 世纪, 而在欧洲约为 200 年前。但直到 20 世纪初才引进“生物化学”这个名称而成为一门独立的学科。

公元前 21 世纪我国人民已能用曲造酒, 称曲为酒母, 又叫作酶。即能促进谷物中的淀粉转化为酒的媒介物, 故我国生物化学工作者将促进体内化学反应的生物催化剂统称为酶 (enzyme)。公元前 12 世纪前, 我们的祖先已能利用豆、谷、麦等为原料, 制成酱、饴和醋, 饴是淀粉酶催化淀粉水解的产物, 这足已表明是酶学的萌芽时期。

此外还有汉代淮南王刘安制作豆腐的记载, 豆腐的制成说明, 当时在提取豆类蛋白质方面已经应用了近代生物化学及胶体化学的方法。公元 7 世纪孙思邈用猪肝治疗雀目的记载, 实际上是用富含维生素 A 的猪肝治疗夜盲症。北宋沈括记载的“秋石阴炼法”, 实际上就是采用皂角汁沉淀等方法从尿中提取性激素制剂。明末宋应星记载的用石灰澄清法将甘蔗制糖的工艺, 被近代公认为最经济的方法。所有这些都对生物化学的发展作出了重要贡献。

近代生物化学的发展, 欧洲却处于领先地位。18 世纪下半叶, 居住瑞典的德国药师舍勒 (K. Scheele) 首次从动植物材料中, 分离出乳酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、尿酸和甘油等。法国化学家拉瓦锡 (A. L. Lavoisier) 的实验证明, 有机体的呼吸和蜡烛的燃烧同样都是碳氢



化合物的氧化。在氧化过程中，氧被消耗而水和二氧化碳被生成，同时放出热能。这一发现被视为生物氧化研究的开端。

从 20 世纪初期开始，生物化学进入了蓬勃发展阶段。德国化学家费歇 (E. Fischer) 在发现缬氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸之后，又用化学方法合成了 18 个氨基酸的多肽。我国生物化学家吴宪等在血液分析方面，创立了血滤液的制备及血糖的测定等方法，并在蛋白质的研究中，提出了蛋白质变性的学说。在营养学方面，发现了人类必需氨基酸、必需脂肪酸及多种维生素；在内分泌学方面，发现了多种激素，并将其分离、合成；在酶学方面，酶结晶获得成功；在物质代谢方面，由于化学分析及同位素示踪技术的发展和运用，对生物体内主要物质的代谢途径已基本确定，包括糖类代谢的酶促反应过程、脂肪酸  $\beta$  氧化、尿素合成途径及三羧酸循环等。

20 世纪 50 年代初期发现了蛋白质  $\alpha$  螺旋的二级结构形式，完成了胰岛素的氨基酸全序列分析等。更具里程碑意义的是沃森 (J. D. Watson) 和克里克 (F. H. Crick) 于 1953 年提出的 DNA 双螺旋结构模型，为揭示遗传信息传递规律奠定了基础。1965 年我国生物化学工作者采用人工合成方法，首次合成了具有生物活性的蛋白质——结晶牛胰岛素，同时还采用 X 线衍射方法成功地测定猪胰岛素分子的空间结构，分辨率达 0.18nm。此后，对 DNA 的复制机制、RNA 的转录过程以及各种 RNA 在蛋白质合成过程中的作用进行了深入研究，提出了遗传信息传递的中心法则，破译了 mRNA 分子中的遗传密码等。

20 世纪 70 年代重组 DNA 技术的建立，不仅促进了对基因表达调控机制的研究，而且使人们主动改造生物体成为可能。由此，相继获得了多种基因工程产品，大大推动了医药工业和农业的发展。转基因动植物和基因剔除 (gene knock out) 的成功是重组 DNA 技术发展的结果。基因诊断与基因治疗也是重组 DNA 技术在医学领域中应用的重要方面。1981 年我国生物化学工作者首次成功的合成了酵母丙氨酸 tRNA。此外，核酶 (ribozyme) 的发现补充了对生物催化剂本质的认识。聚合酶链反应 (PCR) 技术的发明，使体外高效扩增 DNA 成为可能。

20 世纪 90 年代开始实施的人类基因组计划 (human genome project) 是生命科学领域有史以来最庞大的全球性研究计划，将确定人类基因组的全部序列，以及人类 3~4 万个基因的一级结构。在此基础上，后基因组计划将进一步深入研究各种基因的功能与调节。这些研究结果必将进一步加深人们对生命本质的认识，也将极大地推动医学的发展。近年来，我国的基因工程、蛋白质工程、人类基因组计划及新基因的克隆与功能研究等方面均取得了重要成果，正朝着国际先进水平迈进。

## 第二节 生物化学研究内容

生物化学的研究对象及范围涉及整个生物界，依据研究对象的不同，可分为微生物生化、植物生化、动物生化和人体生化 (医学生化) 等。人体生物化学的研究内容虽然十分广泛，但可归纳为以下几个主要方面。

(一) 人体的物质组成 人体是由以细胞为基本单位构成的组织器官所组成，而细胞又是由成千上万种化学物质所组成。构成人体的主要物质包括水 (占体重的 55%~67%)、蛋白质 (占体重的 15%~18%)、脂类 (占体重的 10%~15%)、无机盐 (占体重的 3%~4%)、糖类