



卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校医学成人学历教育(专科)教材

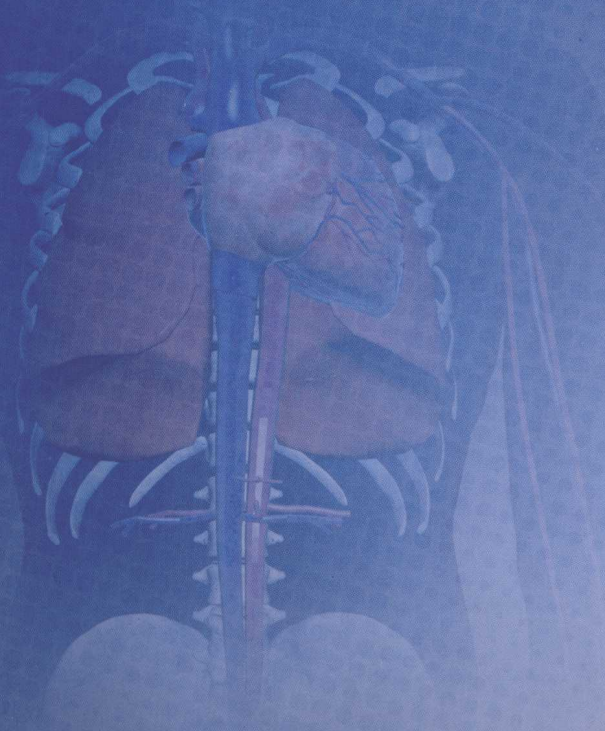
供临床医学专业用

生物化学

第2版

主 编 万福生

副主编 徐跃飞



人民卫生出版社

第 1 版 (1990 年) 第 2 次印刷

ISBN 7-117-02000-0

第 1 版 (1990 年) 第 2 次印刷

生物化学

第 1 版

主编 王德成

副主编 王德成



人民卫生出版社

全国高等学校医学成人学历教育(专科)教材

供临床医学专业用

生 物 化 学

第 2 版

主 编 万福生

副主编 徐跃飞

编 者 (以姓氏笔画为序)

于晓光 (哈尔滨医科大学)	赵 红 (天津医学高等专科学校)
万福生 (南昌大学医学院)	徐跃飞 (大连医科大学)
刘新光 (广东医学院)	殷嫦嫦 (九江学院医学院)
李惠芳 (山西长治医学院)	揭克敏 (南昌大学医学院)
范启兰 (赣南医学院)	裴秀英 (宁夏医学院)
金 晶 (温州医学院)	

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物化学/万福生主编. —2 版. —北京: 人民卫生出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-117-09099-5

I. 生… II. 万… III. 生物化学-成人教育: 高等教育-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 122401 号

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

生 物 化 学

第 2 版

主 编: 万福生

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京金盾印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5

字 数: 439 千字

版 次: 2000 年 7 月第 1 版 2007 年 8 月第 2 版第 17 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-09099-5/R · 9100

定 价: 29.00 元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

全国高等学校医学成人学历教育(专科)教材

第2轮修订说明

2002年以来,我国医学成人学历教育的政策和实践发生了重要变化。为了适应我国医学成人学历教育的现状和趋势,卫生部教材办公室、全国高等医药教材建设研究会决定启动全国高等学校医学成人学历教育教材的第2轮修订。2005年7月,卫生部教材办公室在北京召开论证会议,就我国医学成人学历教育的现状、趋势、特点、目标及修订的专业、课程设置、修订原则及要求等重要问题进行充分讨论并达成了共识。2006年8月底,卫生部教材办公室在沈阳召开全国高等学校医学成人学历教育卫生部规划教材修订工作主编人会议,正式启动教材修订工作。会议明确了教材修订的2个目标和4个要求,即新版教材应努力体现医学成人教育的特点(非零起点性、学历需求性、职业需求性、模式多样性);应努力实现医学成人学历教育的目标(复习、巩固、提高、突破);要求教材编写引入“知识模块”的概念并进行模块化编写;要求创新教材编写方法,强化教材功能;要求教材编写注意与普通高等教育教材的区别与联系;注意增强教材的教学适应性和认同性。另外,本次教材修订,还特别注意理论和实践的联系,强调基础联系临床、临床回归基础。在具体写作形式上,本次修订提倡插入“理论与实践”、“问题与思考”、“相关链接”等文本框,从形式上保证了教材修订目标和要求的实现,也是对教材创新的探索。

本次共修订医学成人学历教育专科教材42种,其中临床医学专业14种、护理学专业12种、药学专业16种。42种教材已被卫生部教材办公室、全国高等医药教材建设研究会评选为卫生部“十一五”规划教材。

全国高等学校医学成人(继续)教育教材 评审委员会

顾 问 孟 群

主任委员 唐建武

副主任委员 沈 彬

委员(按姓氏笔画排序)

马爱群 马跃美 申玉杰 刘吉祥 余国强 张爱珍 张殿发
杜友爱 杨克虎 花建华 陈金华 周胜利 姜小鹰 禹学海
赵玉虹 赵浩亮 赵富玺 党丽娟 聂 鹰 郭 明

秘 书 惠天灵

全国高等学校医学成人学历教育 (专科)教材目录

临床医学专业(14种)

1. 人体解剖学(第2版)	主编 李金钟	副主编 章培军
2. 生理学(第2版)	主编 杜友爱	副主编 李红芳 苏莉芬
3. 病理学(第2版)	主编 吴伟康 赵卫星	
4. 生物化学(第2版)	主编 万福生	副主编 徐跃飞
5. 病原生物与免疫学(第2版)	主编 夏克栋	副主编 李水仙 岳启安
6. 药理学(第2版)	主编 李淑媛	副主编 石刚刚
7. 组织学与胚胎学	主编 孙 莉	副主编 张际绯 黄晓芹 郝立宏
8. 诊断学(第2版)	主编 娄探奇	副主编 廖 伟 张 育
9. 医学影像学	主编 王振常	副主编 孙万里 杨海山
10. 内科学(第2版)	主编 邹 萍 魏 武	副主编 杨亦彬 曲 鹏
11. 外科学(第2版)	主编 孙靖中	副主编 段德生 高佃军
12. 妇产科学(第2版)	主编 李荷莲	副主编 柳耀环
13. 儿科学(第2版)	主编 徐立新	副主编 郑胡镛 穆亚萍 曲云霞
14. 传染病学	主编 李 群	副主编 冯继红

药学专业(16种)

1. 高等数学(第2版)	主编 陈铁生	
2. 物理学	主编 鲍修增	副主编 潘志达
3. 有机化学(第2版)	主编 赵正保	副主编 董陆陆 刘 斌
4. 物理化学(第2版)	主编 邵 伟	
5. 分析化学(第2版)	主编 李发美	副主编 沈懋法

6. 生物化学	主编 吴耀生	副主编 俞小瑞 王继红
7. 人体解剖生理学	主编 王维洛	副主编 陈孝忠
8. 微生物学与免疫学	主编 李朝品 曹志然	
9. 药物化学(第2版)	主编 徐文方	副主编 傅 强
10. 药物分析(第2版)	主编 晁若冰	副主编 刘 伟
11. 药剂学(第2版)	主编 曹德英	副主编 封士兰 阮金兰
12. 天然药物化学(第2版)	主编 吴立军	
13. 药事管理学	主编 邵瑞琪	
14. 药用植物学	主编 孙启时	
15. 生药学	主编 周 晔	
16. 药理学	主编 乔国芬	副主编 林 军 宋晓亮

护理学专业(12种)

1. 内科护理学(第2版)	主编 成守珍	副主编 刘义兰 高丽红 李 伟
2. 外科护理学(第2版)	主编 鲁连桂	副主编 李 津 李惠萍
3. 妇产科护理学(第2版)	主编 张新宇	副主编 简雅娟 陈梦香
4. 儿科护理学(第2版)	主编 雷家英	副主编 张立莉 张玉兰
5. 护理心理学(第2版)	主编 曹枫林	副主编 张纪梅
6. 护理管理学(第2版)	主编 苏兰若	副主编 王惠珍
7. 护理学导论	主编 杨新月	副主编 章新琼
8. [△] 护理伦理学	主编 姜小鹰	副主编 史瑞芬
9. 健康评估	主编 刘纯艳	
10. 临床营养学	主编 蔡东联	副主编 史琳娜 刘烈刚
11. 急危重症护理学	主编 刘化侠	副主编 李武平
12. 社区护理学	主编 陈先华	副主编 涂 英

△为成人学历教育专科、专科起点升本科共用教材。



前 言

《生物化学》系卫生部规划的全国成人高等医学学历(专科)教育教材,针对特定的培养对象和培养目标。本教材取材有一定的深度和广度,在全面阐述医学生物化学内容的基础上,比较注重生物化学与临床医学实践有机地结合,理论联系实际,并能适当地反映本学科的最新进展。

生物化学是一门医学基础理论课,不论是医学基础学科还是专业学科,都常要利用生物化学的理论和解决各自学科中遇到的问题。因此,内容的取舍是本教材成功与否的关键。在编写过程中,本着重视基础理论、强调理论联系实际和充分反映对医学有重要影响的生物化学新进展的原则,结合生物化学发展的趋势和成人教育的特点,我们对教学内容的深度和广度进行了适当的调整,如物质代谢的联系与调节,以加强学生对三大营养物质代谢规律的理解和掌握。在介绍生物化学与分子生物学基本知识时,选择了既反映最新进展,又强调与疾病发生、发展、诊断等密切相关的知识内容,尽力做到在有限的篇幅内,满足培养实用型高级医学专门人才的需要,也为毕业后的医学生继续深造打下一定的基础。

本教材由资深教师担任编委并执笔撰写。全书共十五章,力求做到基本概念清晰、内容丰富、重点突出和系统性好。较第一版增加了物质代谢的联系与调节、肝的生物化学、血液生物化学和维生素与微量元素四章。为了便于学生的复习和自学,本教材在每章的开头有学习要求,结尾有小结和复习思考题。

在教材修正过程中,得到了卫生部教材办公室和教材评审委员会的指导,得到了南昌大学医学院领导的支持,还得到了南昌大学医学院生物化学与分子生物学教研室朱伟锋和涂硕等同志的协助,在此一并表示衷心的感谢!

尽管编写人员尽力、尽责,鉴于知识水平所限,本书定有许多不足之处,特请使用本教材的广大师生多提宝贵意见。

万福生
2007年7月



目 录

第一章 绪论	1
一、生物化学的发展简史	1
二、生物化学的主要研究内容	2
三、生物化学与医学	2
第二章 蛋白质的结构与功能	4
第一节 蛋白质的分子组成	4
一、氨基酸	5
二、肽	8
第二节 蛋白质的分子结构	9
一、蛋白质的一级结构	9
二、蛋白质的空间结构	10
第三节 蛋白质的结构与功能的关系	14
一、蛋白质一级结构与功能的关系	14
二、蛋白质的空间结构与功能的关系	14
第四节 蛋白质的理化性质	15
一、蛋白质的两性解离和等电点	15
二、蛋白质的高分子性质	15
三、蛋白质的变性与凝固	16
四、蛋白质的沉淀	16
五、蛋白质的呈色反应	17
六、蛋白质的紫外吸收光谱特性	17
第五节 蛋白质的分类	18
一、按组成分类	18
二、按分子形状分类	18



第三章 酶	20
第一节 酶的结构与功能	20
一、酶的分子组成	20
二、酶分子结构与功能的关系	22
第二节 酶促反应的特点与机制	25
一、酶促反应的特点	25
二、酶促反应的机制	26
第三节 酶促反应的动力学	27
一、底物浓度对酶促反应速度的影响	28
二、酶浓度对酶促反应速度的影响	29
三、温度对酶促反应速度的影响	29
四、pH 对酶促反应速度的影响	30
五、激活剂和抑制剂对酶促反应速度的影响	31
第四节 酶的调节	33
一、酶活性的调节	33
二、酶含量的调节	34
第五节 酶与医学的关系	35
一、酶与疾病的关系	35
二、酶在疾病诊断和治疗中的应用	35
第六节 酶的分类与命名	36
一、酶的分类	36
二、酶的命名	37
第四章 糖代谢	40
第一节 糖的消化吸收	40
一、糖的消化	40
二、糖的吸收	41
第二节 糖的分解代谢	41
一、糖的无氧分解	41
二、糖的有氧氧化	46
三、磷酸戊糖途径	51
第三节 糖原的合成与分解	53
一、糖原的合成作用	53
二、糖原的分解作用	55
三、糖原代谢的调节	56
四、糖原累积症	58
五、糖异生	58
第四节 血糖水平的调节	63
一、血糖的来源和去路	63

二、血糖水平的调节	63
三、血糖水平异常	65
第五章 脂类代谢	68
第一节 脂类在体内的消化和吸收	68
一、脂类的消化	68
二、脂类的吸收	69
第二节 血脂与血浆脂蛋白代谢	70
一、血脂	70
二、血浆脂蛋白的分类、组成和结构	70
三、血浆脂蛋白的代谢	73
四、血浆脂蛋白代谢异常	75
第三节 甘油三酯的代谢	76
一、甘油三酯的分解代谢	76
二、甘油三酯的合成代谢	82
第四节 类脂的代谢	87
一、胆固醇的代谢	87
二、磷脂的代谢	90
第六章 生物氧化	95
第一节 概述	95
一、生物氧化的方式和特点	95
二、生物氧化的酶类	96
三、生物氧化中二氧化碳的生成	96
第二节 线粒体氧化体系	97
一、呼吸链的组成	97
二、呼吸链的种类	100
三、呼吸链的作用	102
四、ATP 的代谢	104
第三节 非线粒体氧化体系	106
一、微粒体氧化体系	106
二、过氧化物酶体氧化体系	106
三、超氧化物歧化酶	106
第七章 氨基酸代谢	109
第一节 蛋白质的营养作用	109
一、蛋白质的需要量	110
二、蛋白质的营养价值	110
第二节 蛋白质的消化吸收与腐败作用	111



一、蛋白质的消化	111
二、氨基酸的吸收	112
三、蛋白质的腐败作用	113
第三节 氨基酸的一般代谢	114
一、体内蛋白质的转换更新	114
二、氨基酸的脱氨基作用	115
三、 α -酮酸的代谢	118
第四节 氨的代谢	119
一、体内氨的来源与去路	119
二、氨在血中的转运	119
三、尿素的生成	120
第五节 个别氨基酸的代谢	123
一、氨基酸的脱羧基作用	123
二、一碳单位代谢	125
三、含硫氨基酸的代谢	127
四、芳香族氨基酸的代谢	130
五、支链氨基酸的代谢	132
第八章 核酸的结构、功能与核苷酸代谢	135
第一节 核酸的化学组成	135
一、核酸的元素组成	135
二、核苷酸	136
三、核苷酸的连接方式	139
第二节 DNA 的结构与功能	140
一、DNA 的一级结构	140
二、DNA 的空间结构	140
三、真核生物染色体的组装	141
四、DNA 的功能	143
第三节 RNA 的结构与功能	143
一、信使 RNA 的结构与功能	143
二、转移 RNA 的结构与功能	144
三、核糖体 RNA 的结构与功能	145
四、核酶	146
第四节 核酸的理化性质	147
一、核酸的一般理化性质	147
二、DNA 的变性、复性与分子杂交	147
第五节 核苷酸的代谢	149
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	150
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	153



三、嘧啶核苷酸的合成代谢	154
四、嘧啶核苷酸的分解代谢	156
五、核苷酸抗代谢物	156
第九章 物质代谢的联系与调节	160
第一节 物质代谢的相互联系	160
一、在能量代谢上的相互联系	161
二、物质代谢的相互影响	161
三、糖、脂、蛋白质及核苷酸代谢之间的相互联系与转变	162
第二节 物质代谢的调节	163
一、细胞水平的调节	163
二、激素水平的调节	167
三、整体水平的调节	168
第十章 基因信息的传递	172
第一节 DNA 的生物合成	173
一、DNA 的复制	173
二、逆转录	180
三、DNA 的损伤与修复	181
第二节 RNA 的生物合成	183
一、转录	183
二、转录后加工	188
三、RNA 的复制	191
第三节 蛋白质的生物合成	191
一、蛋白质生物合成的物质体系	191
二、蛋白质生物合成的过程	195
三、蛋白质生物合成后的加工	198
四、蛋白质生物合成与医学的关系	200
第四节 基因表达调控	202
一、基因表达调控的概念与特点	202
二、原核生物基因表达调控	203
三、真核生物基因表达调控	205
第十一章 基因工程、基因诊断与基因治疗	209
第一节 基因工程	209
一、基因工程的基本概念	209
二、基因工程常用的工具酶和载体	210
三、基因工程的基本过程	213
四、基因工程与医学的关系	214



第二节 基因诊断与基因治疗	215
一、基因诊断	215
二、基因治疗	218
第十二章 细胞信号转导	221
第一节 信息物质	221
一、细胞间的信息分子	222
二、细胞内的信息分子	222
第二节 受体	222
一、受体的结构与功能	222
二、信息分子与受体的结合特点	226
第三节 主要的信号转导途径	226
一、cAMP-蛋白激酶途径	226
二、Ca ²⁺ -依赖性蛋白激酶途径	228
三、cGMP-蛋白激酶途径	230
四、酪氨酸蛋白激酶途径	231
五、核因子 κ B 途径	233
第四节 信号转导异常与疾病	233
一、信号转导与疾病发生	233
二、信号转导与疾病治疗	234
第十三章 肝的生物化学	236
第一节 肝在物质代谢中的作用	236
一、肝在糖代谢中的作用	236
二、肝在脂代谢中的作用	237
三、肝在蛋白质代谢中的作用	237
四、肝在维生素代谢中的作用	238
五、肝在激素代谢中的作用	238
第二节 肝的生物转化作用	238
一、概述	238
二、生物转化的类型	239
三、影响生物转化的因素	242
第三节 胆汁与胆汁酸代谢	243
一、胆汁酸的种类	243
二、胆汁酸的生成	243
三、胆汁酸的生理功能	246
第四节 胆色素代谢与黄疸	247
一、胆红素的生成	247
二、胆红素在血中的转运	247



三、胆红素在肝中的转变·····	248
四、胆红素在肠中的转变与胆素原的肠肝循环·····	249
五、血清胆红素与黄疸·····	250
第十四章 血液的生物化学 ·····	253
第一节 血浆蛋白质 ·····	253
一、血浆蛋白的种类与性质·····	253
二、血浆蛋白的功能·····	255
第二节 红细胞代谢 ·····	257
一、红细胞中糖代谢的特点·····	257
二、血红蛋白的合成与调节·····	259
第十五章 维生素与微量元素 ·····	263
第一节 脂溶性维生素 ·····	264
一、维生素 A ·····	264
二、维生素 D ·····	265
三、维生素 E ·····	266
四、维生素 K ·····	267
第二节 水溶性维生素 ·····	268
一、维生素 B ₁ ·····	268
二、维生素 B ₂ ·····	269
三、维生素 PP ·····	270
四、维生素 B ₆ ·····	271
五、泛酸·····	272
六、生物素·····	273
七、叶酸·····	273
八、维生素 B ₁₂ ·····	274
九、维生素 C ·····	275
第三节 微量元素 ·····	276
一、锌·····	277
二、铜·····	277
三、硒·····	277
四、锰·····	278
五、碘·····	278
参考文献 ·····	281
中英文对照索引 ·····	282



第一章

绪 论

生物化学(biochemistry)是一门研究生物体的化学组成和生命活动过程中的化学变化及其规律的学科。它既是一门化学又是生物学与物理学之间的边缘学科。它的主要任务是从分子水平上阐述各种生命现象的本质,从而为人类健康生活及生产服务。因此,生物化学不仅需要用各种化学的理论和方法,而且已融入生物物理学、细胞生物学、遗传学及免疫学等理论和技术,使它与许多学科有着广泛的联系和交叉。近些年来生物化学的迅猛发展,大大促进了相关学科的交叉与发展,特别是促进了医学的发展。医学生学习的生物化学是以人体为研究对象,故也叫人体生物化学。

一、生物化学的发展简史

生物化学的起始可追溯到18世纪,而在19世纪末20世纪初才作为一门独立学科发展起来了,是一门比较年轻的学科。

18世纪至20世纪初是生物化学发展的初级阶段,主要研究生物体的化学组成。早在18世纪中期,瑞典化学家Scheele就研究了生物体(动物和植物)各种组织的化学组成。1828年德国化学家Wohler在实验室里,将无机物氰酸铵合成了有机物尿素。此期间的重要贡献有发现了核酸;对糖类、脂类及蛋白质等化合物进行比较详尽的研究,证实了肽键的形成,能合成简单的多肽;并奠定了酶学的基础等。我国古代劳动人民在饮食营养及医药等方面的发明和创造,也为生物化学的诞生作出了积极贡献。如明朝李时珍所著的《本草纲目》中,不仅记载了1800余种药物,还详细记载了人体的血液、乳汁、精液及尿液等代谢物及排泄物的性质。

从20世纪初开始,生物化学的发展进入了一个飞速发展阶段。如Summer从刀豆提纯了脲酶,并首次证明酶的化学本质为蛋白质;脂肪酸 β 氧化、尿素的合成及三羧酸循环的研究成果的公布;营养必需氨基酸的发现等。在此时期,我国生物化学家吴宪提出了蛋白质变性学说,创立了无蛋白血滤液的制备及血糖测定方法。

20世纪50年代以后,生物化学的发展迈入了分子生物学阶段,且硕果累累。例如1953年提出DNA分子双螺旋结构模型、遗传密码的发现、遗传学中心法则的确定、70年代重组DNA技术的诞生、80年代发明聚合酶链反应(PCR)技术及人类基因组计划



(HGP)的完成等。目前,生物化学已成为一门重要的基础医学主干学科,并对临床医学产生越来越重要的影响。

二、生物化学的主要研究内容

(一) 生物体的化学组成、结构与功能

生物体是由一定的物质成分按严格的规律和方式组织而成,即生物体由各种组织、器官和系统构成,细胞是组成各种组织和器官的基本单位。每个细胞又由成千上万种化学物质组成,其中包括无机物、小分子有机物和生物大分子等。小分子有机物主要包括氨基酸、有机酸、核苷酸、单糖及维生素等,与体内物质代谢、能量代谢等密切相关。生物大分子主要指蛋白质(酶)、核酸、多糖及蛋白聚糖等,其分子量大、结构复杂、种类多、功能各异。分子结构是功能的基础,而功能是物质分子结构的体现。生物大分子的功能还可通过分子间的相互识别和相互作用而实现,如蛋白质与蛋白质、蛋白质与核酸、核酸与核酸的相互作用在基因表达调控中发挥重要作用。

(二) 物质代谢及其调控

生命的基本特征为新陈代谢,又称物质代谢。人体内的物质代谢主要包括糖、脂类、蛋白质和无机盐等的代谢。物质代谢也包括机体与环境不断进行物质交换的过程。体内各种物质代谢都能按一定规律有条不紊地进行,这与体内各种代谢途径之间相互协调有关,同时也受到内外环境多种因素的影响,随时调节以达到动态平衡。体内物质代谢的调节主要包括细胞水平的调节、激素的调节及神经体液的调节等,使机体适应内外环境。同时,细胞信号转导也参与了多种物质代谢及其相关生命活动过程的调节。细胞信号转导的机制及其网络也是生物化学研究的重要内容。

(三) 遗传信息的贮存与表达

生命现象的另一个重要特征就是生物体在繁衍个体的过程中,其遗传信息代代相传。DNA 是生物遗传的物质基础,人体的遗传信息以基因为单位贮存于 DNA 分子中。DNA 通过复制、转录和翻译,DNA 分子中的遗传信息在细胞内合成有功能的各种蛋白质,此过程就是基因表达。从受精卵增殖、胚胎发育到个体成熟等过程都伴随细胞分裂增殖过程。而每一次细胞增殖都涉及 DNA 复制、转录和翻译及其调控。当今,生物化学的重点就是研究 DNA 复制、RNA 转录及蛋白质生物合成等遗传信息传递过程的机制及基因表达时空调控的规律。DNA 重组、转基因及人类基因组计划等的发展,将极大推动这一领域的研究。

三、生物化学与医学

生物化学是一门基础医学的必修课程,它的理论和技术已涉及基础医学和临床医学的各个学科,从而产生了许多交叉学科,是现代医学发展的重要支柱。也是医学实践和医学研究的重要理论基础和技术手段。例如,生理学、病理学、药理学及遗传学等基础医学的研究均深入到分子水平,并应用生物化学的理论与技术解决了许多问题,由此产生了“分子病理学”、“分子药理学”、“分子遗传学”及“分子免疫学”等新的学科。同样,临床医学的发展也经常运用生物化学的理论和技术来诊断、治疗疾病及探讨发病机制,并大大加深了人们对心血管疾病、免疫性疾病及恶性肿瘤等重大疾病本质的认识。