



“十三五” 高等教育医药院校规划教材/多媒体融合创新教材

供临床医学类、护理学类（含助产）、医学技术类、预防医学、检验医学、药学等专业使用

生物化学基础

SHENGWU
HUAXUE JICHU

主编◎刘 彬



郑州大学出版社



“十三五” 高等教育医药院校规划教材/多媒体融合创新教材

供临床医学类、护理学类(含助产)、医学技术类、预防医学、检验医学、药学等专业使用

生物化学基础

SHENGWU
HUAXUE JICHU

主编◎刘 彬



郑州大学出版社

郑 州

图书在版编目(CIP)数据

生物化学基础/刘彬主编. —郑州:郑州大学出版社,
2017.11
ISBN 978-7-5645-4899-5

I. ①生… II. ①刘… III. ①生物化学-教材
IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 264409 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

郑州市诚丰印刷有限公司印制

开本:850 mm×1 168 mm 1/16

印张:21.75

字数:525 千字

版次:2017 年 11 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2017 年 11 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-4899-5

定价:49.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 刘 彬

副主编 王 辉 王小引 席守民
燕晓雯 张贵星

编 委 (按姓氏笔画排序)

王 辉(黄河科技学院)

王小引(新乡医学院)

刘 彬(河南大学)

张贵星(郑州大学)

金 戈(郑州大学)

赵春澎(新乡医学院)

耿慧霞(河南大学)

席守民(河南科技大学)

燕晓雯(宁夏大学)

秘 书 梁红霞

“十三五”高等教育医药院校规划教材/多媒体融合创新教材

建设单位

(以单位名称首字拼音排序)

安徽医科大学

安徽中医药大学

蚌埠医学院

承德医学院

大理学院

赣南医学院

广东医科大学

广州医科大学

贵阳中医学院

贵州医科大学

桂林医学院

河南大学

河南大学民生学院

河南广播电视大学

河南科技大学

河南理工大学

河南中医药大学

湖南医药学院

黄河科技学院

江汉大学

吉林医药学院

济宁医学院

嘉应学院

井冈山大学

九江学院

南华大学

平顶山学院

山西医科大学

陕西中医药大学

邵阳学院

泰山医学院

西安医学院

新乡医学院

新乡医学院三全学院

徐州医科大学

许昌学院医学院

延安大学

延边大学

右江民族医学院

郑州大学

郑州工业应用技术学院

前 言

生物化学是医学教育的重要基础课程之一,为适应高等职业教育发展的需要,我们组织全国生物化学领域教育、科研一线优秀专家编写了这本《生物化学基础》教材。本教材内容涵盖了医学生物化学的基本概念和基本知识,在部分章节中适当加入大分子生物学、细胞生物学内容,以保证知识体系的完整性,有利于教材使用者更全面地认识生命科学的相关内容。

本教材共 18 章,包括五部分内容。第一部分从第一章到第四章,为生物大分子的结构与功能及维生素与微量元素内容;第二部分从第五章到第八章,内容包括遗传信息的传递与调控;第三部分从第九章到第十四章,内容包括物质代谢与调节;第四部分从第十五章到第十六章,选择一些与临床医学密切相关的生物化学内容;第五部分从第十七章到第十八章,主要是与细胞生物学及相关临床热点问题联系紧密的内容,包括细胞增殖与细胞凋亡的分子机制、癌基因、抑癌基因和生长因子。根据各位编委近年教学实践并借鉴近期新版生物化学教材的经验,本教材将遗传信息的传递与调控内容提前到生物大分子的结构与功能内容后进行介绍,符合知识的连贯性,有利于学生对这部分内容的整体把握和认识。

作为护理学及其他相关医学专业本科教育的教材,本书十分重视基础理论与临床医学结合的编写原则。同时考虑 21 世纪分子生物学、细胞生物学的飞速发展及其逐步在临床工作中的应用,在分子生物学技术、细胞增殖与细胞凋亡分子机制和临床相关生物化学方面酌情扩展了内容,力求达到突出基本概念、基本知识,重视理论与临床实践相结合和反映学科发展最新进展的编写要求。

本教材由河南大学护理与健康学院梁红霞老师担任编委会秘书,全程负责编写过程中的具体工作。教材编写得到郑州大学出版社和河南大学护理与健康学院的鼎力支持与关心,在此表示衷心感谢。由于我们学识水平和编写经验所限,本教材肯定存在缺点及不当之处,敬请同行专家、广大师生和读者批评指正。

编者

2017 年 5 月

目 录

绪论	1
一、生物化学的研究内容	2
二、生物化学与医学	3
第一章 蛋白质的结构与功能	5
第一节 蛋白质的分子组成	5
一、蛋白质的元素组成	5
二、组成蛋白质的基本单位——氨基酸	5
三、氨基酸与多肽	9
第二节 蛋白质的分子结构	10
一、蛋白质的一级结构	10
二、蛋白质的空间结构	10
第三节 蛋白质结构与功能的关系	15
一、蛋白质一级结构与功能的关系	15
二、蛋白质空间结构与功能的关系	15
第四节 蛋白质的理化性质及分类	17
一、蛋白质的理化性质	17
二、蛋白质的分类	19
第二章 核酸的结构与功能	21
第一节 核酸的化学组成及一级结构	21
一、核酸的分子组成	21
二、核酸的一级结构	24
第二节 DNA 的结构与功能	25
一、DNA 的二级结构——双螺旋结构模型	25
二、DNA 的超螺旋结构	27
三、DNA 的功能	28
第三节 RNA 的结构与功能	29
一、信使 RNA	29
二、转运 RNA	30
三、核糖体 RNA	31

四、其他 RNA	32
第四节 核酸的理化性质	32
一、核酸的一般理化性质	32
二、DNA 的变性、复性	32
三、DNA 的复性与分子杂交	33
第三章 维生素与微量元素	35
第一节 脂溶性维生素	35
一、维生素 A	36
二、维生素 D	38
三、维生素 E	39
四、维生素 K	39
第二节 水溶性维生素	40
一、维生素 B ₁	41
二、维生素 B ₂	41
三、维生素 PP	42
四、维生素 B ₆	42
五、泛酸	42
六、生物素	43
七、叶酸	43
八、维生素 B ₁₂	44
九、维生素 C	44
十、硫辛酸	45
第三节 微量元素	45
一、铁	45
二、碘	46
三、铜	46
四、锌	46
五、钴	46
六、锰	47
七、硒	47
八、氟	47
九、铬	47
第四章 酶	50
第一节 酶的分子结构与功能	50
一、酶的分子组成	50
二、酶的活性中心与必需基团	51
第二节 酶促反应的特点与机制	52
一、酶促反应的特点	52
二、酶催化作用机制	53
第三节 影响酶促反应速度的因素	54

一、底物浓度对反应速度的影响	55
二、酶浓度对反应速度的影响	56
三、温度对反应速度的影响	56
四、pH 值对反应速度的影响	57
五、抑制剂对反应速度的影响	58
六、激活剂对反应速度的影响	60
第四节 酶的调节	60
一、酶活性的调节	60
二、酶含量的调节	61
三、酶原与酶原激活	62
四、同工酶	62
第五节 酶的分类与命名	63
一、酶的分类	63
二、酶的命名	64
第六节 酶与医学的关系	65
一、酶与疾病的发生	65
二、酶与疾病的诊断	65
三、酶与疾病的治疗	65
四、酶在其他领域的应用	66
第五章 DNA 的生物合成	68
第一节 DNA 复制的基本特征	68
一、半保留复制	69
二、DNA 复制的方向和方式	70
三、半不连续复制	72
第二节 DNA 复制的反应体系	72
一、DNA 聚合酶	72
二、DNA 解螺旋酶、DNA 拓扑异构酶、单链 DNA 结合蛋白	75
三、引物酶和引发体	75
四、DNA 连接酶	75
第三节 DNA 复制过程	76
一、原核生物 DNA 复制的基本过程	76
二、真核生物 DNA 复制的特点	78
三、端粒 DNA 的合成	78
第四节 DNA 损伤与修复	79
一、引起 DNA 损伤的因素	79
二、基因突变类型	80
三、DNA 损伤的修复	80
第五节 逆转录现象和逆转录酶	83
第六章 RNA 的生物合成	86
第一节 转录的反应体系	86

一、转录模板	86
二、RNA 聚合酶	87
第二节 转录过程	88
一、转录起始	88
二、转录延长	90
三、转录终止	91
第三节 真核生物的转录后加工	92
一、mRNA 的转录后加工	92
二、tRNA 的转录后加工	94
三、rRNA 的转录后加工	94
第四节 核酶	95
第七章 蛋白质的生物合成	98
第一节 RNA 在蛋白质生物合成中的作用	98
一、mRNA 与遗传密码	98
二、tRNA 与氨基酰 tRNA	102
三、rRNA 与核糖体	102
第二节 蛋白质生物合成过程	104
一、肽链合成的起始	105
二、肽链合成的延长	107
三、肽链合成的终止	109
第三节 蛋白质合成后加工和输送	110
一、新生肽链的折叠	110
二、一级结构的修饰	111
三、空间结构的修饰	113
四、蛋白质合成后靶向输送	113
第四节 蛋白质生物合成与医学	116
一、抗生素类	117
二、其他干扰蛋白质合成的物质	117
第八章 基因表达调控	120
第一节 基因表达调控的基本原理	120
一、基因表达调控的多层次和复杂性	121
二、基因表达调控的意义	123
第二节 原核基因表达调节	123
一、乳糖操纵子	124
二、色氨酸操纵子	126
三、其他转录调控方式	128
第三节 真核基因转录调节	128
一、真核生物基因组结构的特点	129
二、真核基因表达调控特点	129
三、真核基因表达的多层次调控	131

第九章 糖代谢	136
第一节 糖的消化、吸收及转运	136
一、糖的消化	136
二、糖的吸收和转运	136
第二节 糖的无氧分解	137
一、糖酵解的反应过程	138
二、糖酵解的生理意义	139
三、糖酵解的调节	139
第三节 糖的有氧氧化	141
一、糖的有氧氧化过程	141
二、三羧酸循环	142
三、糖有氧氧化的意义	147
四、有氧氧化的调节	147
第四节 磷酸戊糖途径	149
一、磷酸戊糖途径的主要反应过程	149
二、磷酸戊糖途径的生理意义	151
第五节 糖原的合成与分解	152
一、糖原合成	152
二、糖原分解	153
三、糖原合成与分解的调节	155
第六节 糖异生作用	156
一、糖异生途径	156
二、乳酸循环与糖异生作用	158
三、糖异生的生理意义	159
四、糖异生作用的调节	160
第七节 血糖及其调节	161
一、血糖的来源和去路	161
二、血糖水平的调节	161
三、糖代谢异常	162
第十章 脂类代谢	165
第一节 脂类的消化和吸收	165
一、脂类的消化	165
二、脂类的吸收	166
第二节 甘油三酯代谢	166
一、甘油三酯的分解代谢	166
二、甘油三酯的合成代谢	173
三、甘油三酯代谢的调节	177
第三节 磷脂代谢	178
一、甘油磷脂的代谢	178
二、鞘磷脂的代谢	182

第四节 胆固醇代谢	183
一、胆固醇的合成	184
二、胆固醇的转化	186
第五节 血浆脂蛋白代谢	186
一、血脂与血浆脂蛋白	186
二、血浆脂蛋白代谢	189
三、血浆脂蛋白代谢异常	192
第十一章 生物氧化	194
第一节 ATP 与能量代谢	195
一、ATP 的生成方式	195
二、ATP 循环	196
三、ATP 的转移和储存	196
第二节 氧化磷酸化	197
一、呼吸链	197
二、氧化磷酸化	201
三、细胞质中 NADH 的氧化	206
第三节 细胞内其他氧化体系	207
一、微粒体加氧酶类	207
二、活性氧的毒性作用	208
三、活性氧的清除	209
第十二章 氨基酸代谢	212
第一节 蛋白质的营养作用	212
一、蛋白质营养的重要性	212
二、氮平衡	213
三、蛋白质的营养价值	213
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败	214
一、蛋白质的消化	214
二、氨基酸的吸收	215
三、氨基酸在肠中的腐败	216
第三节 氨基酸的一般代谢	217
一、氨基酸代谢的概况	217
二、组织蛋白质的降解	218
三、氨基酸的脱氨基作用	218
四、氨的代谢	222
五、 α -酮酸的代谢	227
第四节 个别氨基酸的代谢	228
一、氨基酸的脱羧基作用	228
二、一碳单位代谢	230
三、含硫氨基酸的代谢	233
四、芳香族氨基酸的代谢	236

五、支链氨基酸的代谢	238
第十三章 核苷酸代谢	241
第一节 嘌呤核苷酸代谢	242
一、嘌呤核苷酸合成代谢	242
二、嘌呤核苷酸分解代谢	245
第二节 嘧啶核苷酸代谢	246
一、嘧啶核苷酸合成代谢	246
二、嘧啶核苷酸分解代谢	248
第三节 核苷酸代谢异常与抗代谢物	249
一、核苷酸代谢异常	249
二、核苷酸抗代谢物	250
第十四章 物质代谢调节与细胞信号转导	254
第一节 物质代谢的特点及调节	254
一、物质代谢的特点	254
二、物质代谢的相互联系	256
三、物质代谢调节的主要方式	257
第二节 细胞信号转导	263
一、细胞信号转导的相关概念	263
二、细胞信号转导受体	265
三、细胞信号转导途径	267
四、细胞信号转导与医学	269
第十五章 血液的生物化学	272
第一节 血浆蛋白	272
一、血浆蛋白质的分类与性质	272
二、血浆蛋白质的功能	274
第二节 血液凝固	275
一、凝血因子与抗凝血成分	275
二、凝血途径	277
三、血凝块的溶解	279
第三节 血细胞代谢	280
一、红细胞的代谢	280
二、白细胞的代谢	284
第十六章 肝的生物化学	286
第一节 肝在物质代谢中的作用	286
一、肝在糖代谢中的作用	286
二、肝在脂类代谢中的作用	286
三、肝在蛋白质代谢中的作用	287
四、肝在维生素代谢中的作用	288
五、肝在激素代谢中的作用	288

第二节 肝的生物转化作用	288
一、生物转化概念	289
二、生物转化的主要反应类型	289
三、影响生物转化作用的因素	293
第三节 胆汁与胆汁酸代谢	294
一、胆汁	294
二、胆汁酸的代谢	294
第四节 胆色素代谢与黄疸	296
一、胆红素的生成与转运	296
二、胆红素在肝内的转变	297
三、胆红素在肠道内的转化	298
四、血清胆红素与黄疸	299
第十七章 细胞增殖与细胞凋亡的分子机制	302
第一节 细胞增殖及其调控	302
一、细胞周期	302
二、细胞周期调控机制	304
第二节 细胞凋亡及其调控	307
一、细胞凋亡的生物学特征	307
二、细胞凋亡的分子机制和凋亡关键基因	310
三、细胞凋亡与疾病	314
第十八章 癌基因、抑癌基因和生长因子	316
第一节 癌基因	316
一、病毒癌基因和细胞癌基因	317
二、细胞癌基因产物功能	319
三、原癌基因活化的机制	320
第二节 抑癌基因	322
一、抑癌基因的概念	322
二、重要的抑癌基因及其功能	322
第三节 生长因子	324
一、生长因子的作用机制	325
二、生长因子与疾病	326
参考文献	328



绪 论

生物化学(biochemistry)是从分子水平研究生物体化学组成、化学反应及其变化规律的学科。1903年Neuberg首次使用“生物化学”一词,至今已有一百多年的历史。早期生物化学主要采用化学、物理学和数学的原理和方法,研究各种生命现象。随着研究的深入,细胞生物学、遗传学、免疫学、生理学、微生物学及信息科学技术不断与之交叉和融合,生物化学理论日臻完善,技术应用更为广泛,逐步成为生命科学领域的前沿学科。20世纪中叶开始,通过对生物大分子(biomacromolecule)的结构及其相互作用、相互影响的研究,人类开始在分子水平探索复杂生命现象的基本原理,使生物化学学科进入分子生物学(molecular biology)的研究领域。

生物化学的研究历史分为叙述生物化学阶段、动态生物化学阶段以及目前所处的分子生物学时期。叙述生物化学阶段是18世纪中期到19世纪末的生物化学初级阶段,此阶段对糖类、脂类和氨基酸的性质进行了较为系统的研究,发现了核酸,并提出了生物催化剂等重要概念。20世纪初生物化学进入动态生物化学阶段。利用化学分析技术和核素示踪技术,研究人员基本确定生物体主要物质的代谢途径,尤其是提出三羧酸循环和ATP的作用,使人类更深刻地认识生物能的产生和转化。此阶段成功地将脲酶等多种酶蛋白质分离并结晶,证明了酶的蛋白质性质,并发现了必需氨基酸、必需脂肪酸、维生素以及多种重要的微量元素等。分子生物学主要以核酸和蛋白质等生物大分子为研究对象,研究其结构以及在遗传和细胞信息传递中的作用,特别是对遗传、生殖、生长和发育等基本生命特征的分子机制进行探讨。一般认为,1953年J. D. Watson和F. H. Crick提出的DNA双螺旋结构模型标志着分子生物学时期的开始。由此带动了以遗传信息传递中心法则为主线的深入研究,逐步揭示了DNA复制、RNA转录、蛋白质生物合成及其调控过程和分子机制。这一时期的众多分子生物学技术的建立,对整个生命科学领域产生了巨大的影响。诸如分子杂交技术、重组DNA技术、聚合酶链反应(PCR)技术等,有力推动生命活动分子机制研究的快速进步,使人类逐步获得对生物体主动改造的能力。20世纪末开始实施的人类基因组计划(human genome project)通过描述人类基因组DNA序列的各种特征,为进一步研究人类基因结构、功能及其调控奠定了基础,将为人类的健康和疾病的研究带来根本性的变革。

生物化学理论和技术广泛渗透到医学学科各个领域,成为基础医学的主干课程之一。分子生物学与生理学、病理学、药理学、微生物学、免疫学等基础医学学科以及临床各学科交叉与渗透,逐渐形成了一些新兴的前沿学科,如分子病毒学、分子病理



学、分子药理学和分子免疫学等,促进了医学科学的快速发展。

一、生物化学的研究内容

生物体是由物质构成的。生物化学的研究目的是认识生物体构成物质的组成、排列和变化规律,主要内容包括生物体的化学组成、分子结构和功能、遗传信息的储存传递和表达、物质代谢及代谢调节、细胞信号转导的化学本质等。医学相关专业的生物化学内容还包括某些组织器官的代谢特点以及与临床医学相关的生物化学和分子生物学技术。生物化学的基础内容可概括为以下几个方面。

(一) 生物体的化学组成、分子结构和功能

构成生物体的化学物质种类繁多,包括无机物、有机小分子和生物大分子。无机物主要是水、钠、钾、钙、镁、磷、氯等,是生物体正常结构和功能所必需的。有机小分子化合物主要包括有机胺、有机酸、核苷酸、氨基酸、维生素、单糖等,与机体物质代谢、能量代谢和细胞信号转导等密切相关。生物体的化学元素组成中,碳、氢、氧和氮四种元素占活细胞元素含量的 99% 以上。以这四种元素为主,可构成 30 种称为构件分子 (building block molecules) 的小分子化合物。构件分子数量少,结构相对简单,但按照不同数量和比例则构成种类极为庞大、结构复杂的生物大分子。因此,生物大分子都是由基本组成单位即构件分子构成的多聚体,这是生物大分子结构的基本规律。例如,由核苷酸作为构件分子通过磷酸二酯键连接形成的核酸分子,由 20 种 L- α -氨基酸作为构件分子通过肽键连接形成的蛋白质分子,由单糖聚合形成的多糖以及由脂肪酸组成的多种脂类化合物等。生物大分子的重要特征之一是具有信息功能,也被称为生物信息分子。

生物大分子作为生物机体的结构组成成分,在体内组装成更大的复合体,进一步依次装配成亚细胞结构、细胞、组织、器官、系统,最后成为能体现生命活动的生物体。更重要的是,不同的生物大分子所体现出来的特定的功能是由生物大分子的结构所决定的,包括生物大分子的一级结构和空间结构。不仅如此,生物大分子之间的相互作用对其功能的影响也日益受到人们的重视。例如,蛋白质与蛋白质的相互作用在细胞信号转导中的重要作用,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着决定性作用。生物大分子之间的相互识别和相互作用是生物信息分子功能的重要体现,也是当今生物化学研究的热点之一。

(二) 基因信息的贮存、传递、表达及其调控

生物体有别于非生命物质的突出特征是具有繁殖和遗传能力,生物体繁衍过程也是遗传信息代代相传的过程。承载人类遗传信息的主要物质基础是 DNA,基因是 DNA 分子中可表达的功能片段。在人的个体发育过程中,从受精卵的形成到个体发育成熟,伴随着无数次细胞分裂增殖活动,而每一次的细胞分裂都包含着细胞核内遗传物质的复制、遗传信息的传递和表达。机体通过基因信息的表达和调控,可根据需要合成各种各样生理功能的蛋白质,广泛参与生长、发育、遗传、变异、衰老和死亡等生命过程。DNA 的复制、RNA 的转录和蛋白质生物合成过程的分子机制不断被揭示,为生命之谜的破解奠定了坚实的基础。在此基础上发展起来的诸如 DNA 重组、转基因、基因剔除、新基因克隆、人类基因组及功能基因组研究等相关技术,不但加快了生物化



学与分子生物学领域的研究进展,也有力带动了生物学和医学学科的发展,使不同学科的研究人员能够将研究工作深入到分子水平,更凸显出基因信息研究在生命科学中的重要地位。

(三) 物质代谢及其调节

组成生物体的物质不断进行有规律的化学变化,使体内的物质成分不断新旧更替,这一过程称之为新陈代谢(metabolism)或物质代谢。物质代谢是生物体不同于非生命体的另一基本特征。生物体一方面与外界环境进行物质交换,同时在体内完成各种代谢过程,维持内环境的相对稳定,一旦这些化学反应停止,生命即告终结。糖、脂肪、蛋白质等物质通过消化吸收进入体内可作为机体生长、发育、修补和繁殖的原料,进行合成代谢,也可作为机体生命活动所需的能源,进行分解代谢,释放出能量供机体生命活动的需要。有关物质代谢、能量代谢和代谢调节规律的内容是医学相关专业生物化学课程的主要内容。

机体的物质代谢是在一系列调控中有序进行的。机体处在持续变化的内外环境中,要维持体内复杂的代谢途径有序进行,需要有精确的调控机制。体内外各种刺激通过神经体液途径作用于细胞,调节代谢途径中的关键酶的活性或含量,以适应机体内外环境的变化。一旦物质代谢调控失常,物质代谢发生紊乱,可导致疾病发生。物质代谢调节的种类、方式、过程十分复杂,并涉及细胞内信号传导系统,是现代生物化学与分子生物学研究的重要领域之一。

二、生物化学与医学

生物化学学科的形成和发展始终与医学的发展密切相关,并相互促进。早期生物化学的许多重要发现均来自一些疾病病因的探讨和重要营养物质作用机制的研究,如必需氨基酸、必需脂肪酸和多种维生素的发现等。随着完整生物化学学科体系的建立,生物化学逐步成为必修的医学基础课程,在医学教育和研究中发挥愈来愈重要的作用。

生物化学是从分子水平认识生命现象和生命活动规律的学科,是探索生命本质的一个重要层次。只有在分子水平深入认识生命物质的变化规律,才能进一步理解各种生命现象的本质。随着基础医学研究不断向分子水平的深入,医学各学科面临的许多亟待解决的重大理论和临床问题,须应用生物化学与分子生物学理论和技术加以解决。伴随新理论和新知识的不断涌现,许多基础医学学科内容与生物化学相互渗透,出现了大量以生物化学与分子生物学理论和技术为基础的学科交叉内容。

生物化学与临床也有着紧密的联系。运用生物化学的理论和技术,使临床各学科能够从分子水平研究各种疾病的发病机制以及预防、诊断和治疗手段,推动临床学科的发展。近年来生物化学研究领域的迅速发展,大大加深了人们对恶性肿瘤、心脑血管疾病、神经系统疾病、代谢性疾病、免疫性疾病等重大疾病本质的认识,并由此产生了大量用于诊断和治疗的新的技术和方法。

近年来,分子生物学研究推动了一大批新理论、新概念和新技术的产生,如基因组学、蛋白质组学、RNA组学、基因芯片的应用、蛋白质芯片的应用等,PCR技术和重组DNA技术生产的蛋白质或多肽药物也已在临床广泛应用。这些理论和技术的应用,