



基础医学本科核心课程系列教材

总主编：汤其群

# 生物化学 与分子生物学

Biochemistry and Molecular Biology

主编 汤其群

 复旦大学出版社



基础医学本科核心课程系列教材

总主编：汤其群

# 生物化学与分子生物学

Biochemistry and Molecular Biology

主 审 查锡良

主 编 汤其群

副主编 雷群英 王丽影

编 者 (按姓氏笔画排序)

汤其群 查锡良 雷群英 李 希

江建海 张 英 王丽影 黄海艳

魏浚颜

 复旦大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

生物化学与分子生物学/汤其群主编. —上海:复旦大学出版社,2015.9  
(复旦博学·基础医学本科核心课程系列教材)  
ISBN 978-7-309-11703-5

I. 生… II. 汤… III. ①生物化学-医学院校-教材②分子生物学-医学院校-教材  
IV. ①Q5②Q7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 190728 号

**生物化学与分子生物学**

汤其群 主编

责任编辑/肖 英

复旦大学出版社有限公司出版发行

上海市国权路 579 号 邮编:200433

网址:fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

门市零售:86-21-65642857 团体订购:86-21-65118853

外埠邮购:86-21-65109143

上海市崇明县裕安印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 26.5 字数 566 千

2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-309-11703-5/Q·101

定价:88.00 元

---

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社有限公司发行部调换。

版权所有 侵权必究

## 基础医学本科核心课程系列教材

### 编写委员会名单

总主编 汤其群

顾问 郭慕依 查锡良 鲁映青 左 伋 钱睿哲

编委 (按姓氏笔画排序)

王 锦 左 伋 孙凤艳 朱虹光 汤其群 张红旗

张志刚 李文生 沈忆文 陆利民 陈 红 陈思锋

周国民 袁正宏 钱睿哲 黄志力 储以微 程训佳

秘书 曾文姣

# 序 言

医学是人类繁衍与社会发展的曙光，在社会发展的各个阶段具有重要的意义，尤其是在科学鼎新、重视公民生活质量和生存价值的今天，更能体现她的尊严与崇高。

医学的世界博大而精深，学科广泛，学理严谨；技术精致，关系密切。大凡医学院校必有基础医学的传承而显现特色。复旦大学基础医学院的前身分别为上海第一医学院基础医学部和上海医科大学基础医学院，诞生至今已整 60 年。沐浴历史沧桑，无论校名更迭，复旦大学基础医学素以“师资雄厚，基础扎实”的风范在国内外医学界树有声望，尤其是基础医学各二级学科自编重视基础理论和实验操作、密切联系临床医学的本科生教材，一直是基础医学院的特色传统。每当校友返校或相聚之时，回忆起在基础医学院所使用的教材及教师严谨、认真授课的情景，都印象深刻。这一传统为培养一批又一批视野开阔、基础理论扎实和实验技能过硬的医学本科生起到关键作用。

21 世纪是一个知识爆炸、高度信息化的时代，互联网技术日益丰富，如何改革和精简课程，以适应新时代知识传授的特点和当代大学生学习模式的转变，日益成为当代医学教育关注的核心问题之一。复旦大学基础医学院自 2014 年起在全院范围内，通过聘请具有丰富教学经验和教材编写经验的全国知名教授为顾问、以各学科带头人和骨干教师为主编和编写人员，在全面审视和分析当代医学本科学生基础阶段必备的知识点、知识面的基础上，实施基础医学“主干课程建设”项目，其目的是传承和发扬基础医学院的特色传统，进一步提高基础医学教学的质量。

在保持传统特色、协调好基础医学各二级学科和部分临床学科的基础上，在全院范围内组织编写涵盖临床医学、基础医学、公共卫生、药学、护理学等专业学习的医学基础知识的教材，这在基础医学院历史上还是首次。我们对教材编写提出统一要求，即做到内容新颖、语言简练、结合临床；编写格式规范化，图表力求创新；去除陈旧的概念，凡涉及临床学科的教材，如《系统解剖学》《病理学》《生理学》《病理生理学》《药理学》《法

医学》等，须聘请相关临床专家进行审阅等。

由于编写时间匆促，这套系列教材一定会存在一些不足和遗憾，希望同志们不吝指教和批评，在使用过程中多提宝贵意见，以便再版时完善提高。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several vertical and curved strokes.

2015年8月

# 前 言

生物化学与分子生物学课程是生命科学与医学中的一门极为重要的专业基础课程,其理论及技术广泛渗透到医学各门课程中。生物化学与分子生物学与临床的联系十分密切,几乎所有疾病的预防、诊断和治疗都涉及生物化学相关知识。对医学相关专业学生而言,学习、理解与掌握生物化学课程内容,为进一步学习基础医学其他课程和临床医学课程奠定了基础,也为今后从分子水平理解疾病的发生和发展及治疗方法具有十分重要的作用。

当今生命科学发展日新月异,知识更新迅速,作为生命科学前沿学科的生物化学与分子生物学,其新知识、新技术更是不断涌现。为提高医学教育质量与培养适应当今临床医学高速发展的医学生,编写精炼经典内容、突出重要新进展、体现学科交叉知识的新颖教材,是教育诸多重要环节之一。

为体现生物化学与分子生物学学科知识的最新进展,符合医学生培养目标以及进一步加强课程内涵建设以提高教学效果,我们生物化学与分子生物学系集中骨干教师力量,充分利用上医在基础医学领域的学科优势,秉承与发扬我系自编经典教材的经验和传统,并加入更新的知识,旨在编写出“自主品牌、上医特色”的能密切结合临床,具有实用性和时效性的生物化学与分子生物学教材。本教材对医学生在基础医学学习阶段必须具备的知识点、知识面进行重新审视和梳理,期望达到“内容与时俱进,语言精简凝炼,紧密结合临床”三大目标,以彰显国内一流学科的教学水平。

由于生物化学与分子生物学涉及的学科面之广与编者学识疏浅,加之撰写时间仓促,错误或不当之处在所难免,恳请使用不吝批评指正。

主编 汤其群

2015年8月

# 目 录

绪论 .....	1
第一节 生物化学发展简史 .....	1
一、叙述生物化学时期 .....	1
二、动态生物化学时期 .....	1
三、分子生物化学时期 .....	2
四、我国科学家对生物化学发展的贡献 .....	3
第二节 当代生物化学研究的主要内容 .....	3
一、生物分子的结构与功能 .....	3
二、物质代谢及其调节 .....	3
三、基因信息传递及其调控 .....	4
第三节 生物化学与医学 .....	4
<b>第一章 蛋白质的结构与功能 .....</b>	<b>6</b>
第一节 蛋白质的分子组成 .....	6
一、蛋白质的基本结构单位 .....	6
二、氨基酸的分类 .....	6
三、氨基酸的理化性质 .....	8
四、多肽与生物活性肽 .....	10
五、蛋白质的分类 .....	12
第二节 蛋白质的分子结构 .....	13
一、蛋白质的一级结构 .....	13
二、蛋白质的二级结构 .....	14
三、蛋白质的三级结构 .....	17
四、蛋白质的四级结构 .....	19
第三节 蛋白质结构与功能的关系 .....	20
一、蛋白质一级结构与高级结构的关系 .....	20



二、蛋白质空间结构与功能的关系 .....	22
三、蛋白质的化学修饰与相互作用 .....	26
第四节 蛋白质的理化性质 .....	27
一、蛋白质的两性电离性质 .....	27
二、蛋白质的胶体性质 .....	27
三、蛋白质变性而复性 .....	27
四、蛋白质的紫外吸收峰 .....	28
五、蛋白质呈色反应 .....	28
第五节 蛋白质的分离、纯化与结构分析 .....	28
一、蛋白质溶液的透析与超滤法 .....	28
二、蛋白质的沉淀 .....	29
三、蛋白质电泳 .....	29
四、蛋白质层析 .....	30
五、超速离心分离 .....	31
六、多肽链的氨基酸序列分析 .....	32
七、蛋白质空间结构测定 .....	33
第六节 血浆蛋白质 .....	34
一、血浆蛋白质的主要成分及其功能 .....	34
二、白蛋白的功能 .....	35
三、其他血浆蛋白的功能 .....	35
<b>第二章 酶 .....</b>	<b>39</b>
第一节 酶的分子结构与功能 .....	39
一、酶的作用特点 .....	39
二、酶的化学结构 .....	40
三、酶的活性中心与催化活性 .....	42
四、同工酶 .....	43
第二节 酶的分类与命名 .....	45
一、酶的分类 .....	45
二、酶的命名 .....	46
第三节 酶的工作原理 .....	47
一、酶促反应活化能 .....	47
二、酶高效催化作用的机制 .....	47
第四节 酶促反应动力学 .....	50
一、底物浓度对酶促反应速率的影响 .....	50
二、酶浓度对酶促反应速率的影响 .....	53
三、温度对酶促反应速率的影响 .....	54

四、pH 对酶促反应速率的影响 .....	55
五、抑制剂对酶促反应速率的影响 .....	55
六、激活剂对酶促反应速率的影响 .....	60
第五节 酶的调节 .....	60
一、酶活性的调节 .....	60
二、酶含量的调节 .....	64
第六节 酶与医学的关系 .....	65
一、酶与疾病的发生、诊断及治疗 .....	65
二、酶与临床检验及科学研究 .....	66
<b>第三章 糖代谢 .....</b>	<b>67</b>
第一节 糖的消化吸收及其在体内代谢概况 .....	67
一、糖的消化与吸收 .....	67
二、糖代谢的概况 .....	68
第二节 糖的无氧氧化 .....	69
一、糖的无氧氧化过程 .....	69
二、糖酵解的调节 .....	72
三、糖无氧氧化的生理意义 .....	73
第三节 糖的有氧氧化 .....	73
一、糖的有氧氧化过程 .....	74
二、糖有氧氧化生成的 ATP .....	79
三、糖有氧氧化的调节 .....	80
第四节 磷酸戊糖途径 .....	83
一、磷酸戊糖途径的反应过程 .....	83
二、磷酸戊糖途径的生理意义 .....	84
第五节 糖原的合成与分解 .....	85
一、糖原的合成代谢 .....	85
二、糖原的分解代谢 .....	87
三、糖原的合成与分解的调节 .....	88
四、糖原累积症 .....	90
第六节 糖异生 .....	90
一、糖异生途径 .....	90
二、糖异生的调节 .....	91
三、糖异生的生理意义 .....	93
四、乳酸循环 .....	94
第七节 其他单糖的代谢 .....	95
一、果糖的代谢 .....	95

二、半乳糖的代谢 .....	95
第八节 血糖及其调节 .....	95
一、血糖的来源和去路 .....	95
二、血糖水平的调节 .....	96
三、糖代谢紊乱 .....	98
<b>第四章 脂质代谢 .....</b>	<b>101</b>
第一节 脂质分类与命名及其功能 .....	101
一、脂肪 .....	101
二、类脂 .....	101
三、脂肪酸的分类及命名 .....	103
四、几种多不饱和脂肪酸衍生物 .....	104
第二节 脂质的消化与吸收 .....	106
一、脂质的消化 .....	106
二、脂质的吸收 .....	107
第三节 甘油三酯的代谢 .....	108
一、甘油三酯的分解代谢 .....	108
二、脂肪酸的合成代谢 .....	116
三、甘油三酯的合成 .....	120
第四节 磷脂的代谢 .....	121
一、甘油磷脂的代谢 .....	121
二、鞘磷脂的代谢 .....	123
第五节 胆固醇代谢 .....	124
一、胆固醇的合成与调节 .....	124
二、胆固醇的转化 .....	126
第六节 血浆脂蛋白代谢 .....	127
一、血脂与血浆脂蛋白 .....	127
二、血浆脂蛋白代谢 .....	129
第七节 脂质代谢紊乱及疾病 .....	132
一、酮血症 .....	133
二、脂肪肝 .....	133
三、高脂血症 .....	133
四、血浆脂蛋白代谢紊乱与动脉粥样硬化 .....	133
<b>第五章 生物氧化 .....</b>	<b>135</b>
第一节 体内能量的贮存与利用形式 .....	135
一、ATP .....	136

二、磷酸肌酸 .....	137
三、氧化磷酸化是最主要的 ATP 生成方式 .....	137
第二节 电子传递链的组成及功能 .....	138
一、氧化呼吸链的组成 .....	139
二、线粒体中重要的电子载体 .....	139
三、电子传递链中各复合体的组成及功能 .....	143
四、电子传递链的电子供体 .....	146
五、电子传递链的功能 .....	148
第三节 氧化磷酸化 .....	149
一、氧化磷酸化偶联机制 .....	149
二、ATP 合酶合成 ATP .....	149
三、氧化磷酸化偶联部位 .....	152
第四节 氧化磷酸化的影响因素 .....	152
一、氧化磷酸化相关底物的影响及其转运 .....	152
二、体内能量供应状态影响氧化磷酸化 .....	154
三、氧化磷酸化抑制剂 .....	155
四、甲状腺激素的调节作用 .....	158
五、线粒体 DNA 突变的影响 .....	158
第五节 非能量代谢的生物氧化反应 .....	158
一、活性氧的概念 .....	158
二、体内抗氧化体系 .....	159
<b>第六章 氨基酸代谢 .....</b>	<b>161</b>
第一节 蛋白质的营养作用 .....	161
一、蛋白质的生理功能 .....	161
二、人体对蛋白质的需要量 .....	161
三、蛋白质的营养价值 .....	162
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败 .....	163
一、蛋白质的消化 .....	163
二、氨基酸和寡肽的吸收 .....	164
三、肠中的腐败作用 .....	166
第三节 氨基酸的一般代谢 .....	167
一、蛋白质的分解 .....	167
二、氨基酸代谢库 .....	167
三、氨基酸的脱氨基作用 .....	168
四、 $\alpha$ -酮酸的代谢 .....	172
第四节 氨的代谢 .....	173

一、血氨的来源 .....	174
二、氨的转运 .....	174
三、氨的去路 .....	176
第五节 个别氨基酸的代谢 .....	179
一、氨基酸的脱羧基作用 .....	179
二、一碳单位代谢 .....	182
三、含硫氨基酸代谢 .....	185
四、芳香族氨基酸代谢 .....	189
五、支链氨基酸代谢 .....	192
<b>第七章 核酸的结构与功能 .....</b>	<b>194</b>
第一节 核酸的基本组成单位——核苷酸 .....	194
一、碱基 .....	194
二、戊糖 .....	195
三、核苷 .....	196
四、核苷酸 .....	196
五、核酸 .....	198
第二节 DNA 的结构与功能 .....	199
一、DNA 的一级结构 .....	199
二、DNA 的二级结构 .....	199
三、DNA 的高级结构 .....	203
四、DNA 的功能 .....	204
第三节 RNA 的结构与功能 .....	206
一、参与蛋白质生物合成的 3 类 RNA .....	206
二、其他非编码 RNA 的结构与功能 .....	211
第四节 核酸的理化性质 .....	212
一、核酸的紫外吸收特性 .....	212
二、核酸的变性、复性与分子杂交 .....	212
三、核酸的分离与纯化 .....	214
四、核酸的序列分析 .....	215
<b>第八章 核苷酸代谢 .....</b>	<b>217</b>
第一节 核酸的消化与吸收 .....	217
第二节 嘌呤核苷酸代谢 .....	218
一、嘌呤核苷酸的合成代谢 .....	218
二、嘌呤核苷酸的分解代谢 .....	222
三、嘌呤核苷酸代谢与疾病 .....	223

第三节 嘧啶核苷酸代谢 .....	225
一、嘧啶核苷酸的合成代谢 .....	225
二、嘧啶核苷酸的分解代谢 .....	227
三、嘧啶核苷酸代谢与疾病 .....	228
<b>第九章 DNA 的生物合成 .....</b>	<b>230</b>
第一节 DNA 复制的基本规律 .....	230
一、DNA 的半保留复制 .....	230
二、DNA 的半不连续复制 .....	231
三、DNA 的双向复制 .....	232
第二节 原核生物 DNA 复制 .....	233
一、原核生物复制的起始 .....	233
二、原核生物复制的延长 .....	237
三、原核生物复制的终止 .....	239
第三节 真核生物 DNA 生物合成过程 .....	240
一、真核生物复制的起始 .....	241
二、真核生物复制的延长 .....	241
三、真核生物复制的终止以及端粒酶 DNA 的 合成 .....	243
四、真核生物复制的调控机制 .....	245
第四节 逆转录和其他复制方式 .....	246
一、逆转录机制复制 .....	246
二、D-环复制机制 .....	248
三、滚环复制机制 .....	249
第五节 DNA 损伤与修复 .....	249
一、DNA 损伤类型 .....	250
二、DNA 修复方式 .....	251
三、损伤与修复的生理意义 .....	256
<b>第十章 RNA 的生物合成 .....</b>	<b>258</b>
第一节 RNA 合成概述 .....	258
一、RNA 合成方式 .....	258
二、转录模板与聚合酶 .....	258
第二节 原核生物的转录过程 .....	262
一、原核生物转录的起始 .....	262
二、原核生物转录的延长 .....	265
三、原核生物转录的终止 .....	266

第三节	真核生物 RNA 的生物合成 .....	268
一、	真核生物转录的起始 .....	268
二、	真核生物转录的延长 .....	270
三、	真核生物转录的终止 .....	271
第四节	真核生物的转录后加工 .....	272
一、	mRNA 的转录后加工 .....	272
二、	rRNA 的转录后加工 .....	280
三、	tRNA 的转录后加工 .....	281
第五节	微 RNA 的生物合成 .....	282
一、	微 RNA 的结构特点与功能 .....	282
二、	微 RNA 的生物合成 .....	283
<b>第十一章</b>	<b>蛋白质的生物合成 .....</b>	<b>285</b>
第一节	蛋白质生物合成体系 .....	285
一、	遗传密码的“携带者”——mRNA .....	285
二、	氨基酸的“搬运工具”——tRNA .....	288
三、	肽链的“装配机”——核糖体 .....	289
四、	肽链生物合成需要的酶类和蛋白质因子 .....	289
第二节	蛋白质的生物合成过程 .....	290
一、	氨基酸的活化与搬运 .....	290
二、	肽链合成的起始 .....	291
三、	肽链合成的延长 .....	293
四、	肽链合成的终止 .....	295
五、	多核糖体 .....	297
第三节	蛋白质的成熟——多肽链的折叠、翻译后 修饰、靶向输送 .....	298
一、	多肽链的折叠 .....	298
二、	蛋白质的翻译后修饰 .....	299
三、	蛋白质合成后的靶向输送 .....	304
第四节	蛋白质生物合成的干扰与抑制 .....	306
一、	抗生素类阻断剂 .....	307
二、	干扰蛋白质生物合成的生物活性物质 .....	307
<b>第十二章</b>	<b>基因表达调控 .....</b>	<b>309</b>
第一节	基因表达与基因表达调控 .....	309
一、	基因表达及其特点 .....	309
二、	基因表达调控 .....	311

第二节 原核基因表达调控 .....	313
一、原核基因转录调节特点 .....	313
二、乳糖操纵子调节机制 .....	314
三、其他转录调节机制 .....	317
第三节 真核基因表达调控 .....	318
一、真核基因的结构特点 .....	319
二、染色质的活化 .....	319
三、转录起始的调控 .....	322
四、其他水平的调控 .....	327
<b>第十三章 DNA 重组与重组 DNA 技术 .....</b>	<b>332</b>
第一节 自然界 DNA 重组的方式 .....	332
一、同源重组 .....	332
二、位点特异性重组 .....	333
三、转座重组 .....	336
四、原核细胞的多种基因转移方式 .....	337
第二节 重组 DNA 技术 .....	339
一、基本概念和原理 .....	339
二、常用工具酶 .....	339
三、常用载体 .....	340
四、重组 DNA 的构建和筛选 .....	342
第三节 重组 DNA 技术在医学中的应用 .....	348
一、基因工程药物及疫苗的研制 .....	348
二、基因诊断 .....	348
三、基因治疗 .....	349
第四节 基因组学与转录组学 .....	350
一、基因组学 .....	350
二、转录组学 .....	351
<b>第十四章 细胞信号转导 .....</b>	<b>353</b>
第一节 信息物质 .....	353
一、细胞间信息物质 .....	353
二、细胞内信息物质 .....	354
第二节 受体 .....	357
一、受体的定义与特性 .....	357
二、受体的分类及结构 .....	358
三、受体活性的调节 .....	361



第三节	受体介导的信号转导通路 .....	362
一、	Ras - MAPK 信号通路与 PI3K - Akt 信号通路 .....	362
二、	AC - cAMP - PKA 信号通路 .....	364
三、	PLC - IP <sub>3</sub> /DAG - PKC 信号通路 .....	364
四、	JAK - STAT 信号通路 .....	365
五、	NF - $\kappa$ B 信号通路 .....	365
第四节	信号转导系统的特点及其交互联系 .....	367
一、	受体介导的信号转导特点 .....	367
二、	信号转导通路的多样性与交互联系 .....	367
第五节	信号转导异常与疾病 .....	368
一、	G 蛋白偶联受体异常及相关疾病 .....	368
二、	酪氨酸蛋白激酶受体异常与疾病 .....	370
三、	信号转导分子与药物 .....	370
<b>第十五章</b>	<b>肝的生物化学 .....</b>	<b>371</b>
第一节	肝的生物转化作用 .....	371
一、	肝的生物转化作用是机体重要的保护机制 .....	371
二、	肝的生物转化反应类型及酶系 .....	371
三、	肝的生物转化作用受许多因素的调节和影响 .....	377
第二节	胆汁酸的代谢 .....	378
一、	胆汁酸的分类 .....	378
二、	胆汁酸的代谢 .....	379
三、	胆汁酸的生理功能 .....	381
第三节	胆色素代谢与黄疸 .....	382
一、	胆红素的来源与生成 .....	382
二、	胆红素在血液中的运输 .....	382
三、	胆红素在肝中的转变 .....	384
四、	胆红素在肠道内的转变与胆素原的肠肝循环 .....	385
五、	高胆红素血症及黄疸 .....	387
六、	胆红素及氧化修饰低密度脂蛋白 (ox - LDL) 与冠心病的关系 .....	390
	<b>中英文名词对照索引 .....</b>	<b>391</b>