



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育“十二五”规划教材

供基础、临床、口腔、护理、
预防、中西医、检验、法医、
麻醉、眼视光及影像等专业使用

医学生物学

Medical Biology

(第8版)


主 编 胡火珍 梁素华

名誉主编 杨抚华



科学出版社

 普通高等教育“十一五”国家级规划教材

 普通高等教育“十二五”规划教材

供基础、临床、口腔、护理、预防、中西医、检验、法医、
麻醉、眼视光及影像等专业使用

医学生物学

Medical Biology

(第8版)

主 编 胡火珍 梁素华
名誉主编 杨抚华

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，也是国内出版较早、影响力较大的医学生物学版本之一。本版是在第7版基础上，围绕生命的基础、生命的延续、生命的进化、生命和环境，以及生命科学和现代生物技术5个方面进行修订的。全书包括生命的分子基础、生命的细胞基础、动物的繁殖和个体发育、生命的遗传和变异、生命类型的演化、脊椎动物机体结构和机能的演化、生物与环境、人类和环境、现代生物技术概述、现代生物技术与人类健康、现代生物技术与环境共11章，并总结了医学生物学的发展特点和趋势。本书不仅继承了前7版的优点，而且合理补充了一些与医学密切相关的理论技术及现代生命科学研究的进展和前沿知识。

本书既可供医学类各专业的本科生及研究生使用，也可作为相关领域科技工作者的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

医学生物学/胡火珍, 梁素华主编. —8版. —北京: 科学出版社, 2014. 11
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-042407-5

I. ①医… II. ①胡… ②梁… III. ①医学-生物学-高等学校-教材
IV. ①R318

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第259028号

责任编辑:刘 畅 / 责任校对:胡小洁
责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京天利彩色印刷公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第 八 版 开本:889×1194 1/16

2015年1月第一次印刷 印张:16 3/4

字数:591 000

定价:58.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《医学生物学》(第8版)

编委会名单

名誉主编 杨抚华

主 编 胡火珍 梁素华

副主编 税青林 陈汉彬 杨春蕾

编 委 (按编写篇章顺序排序)

胡火珍 寻 慧 张春林 梁素华 刘 云

蔡晓明 李 虹 杨春蕾 陈 澄 陈誉华

郭凤劲 蒲淑萍 税青林 刘 岚 田 强

罗 兰 吴白燕 陈汉彬 李学英 李德俊

张迎春 许 勇 潘克俭 胡以平 瞿晓渊

主 审 傅松滨



作者简介



杨抚华，四川大学教授，我国著名的生物学家、细胞生物学家，中华医学会医学教育分会医学生物学组、四川省细胞生物学会的创始人之一。历任中华医学教育学会医学生物学组副组长，中国细胞生物学学会常务理事、理事；国务院政府特殊津贴专家。

杨抚华教授在医学生物学、医学细胞生物学领域有着深厚的造诣，发表 80 余篇科研论文，主编医学生物学、医学细胞生物学等相关教材，并多次获得优秀教材奖。



胡火珍，四川大学教授，博士生导师。中国细胞生物学学会常务理事、中华医学细胞生物学学会常务委员、四川省细胞生物学会副理事长、四川省遗传学会理事、《中华肿瘤防治杂志》编委、《生物医学》杂志编委。

1976 年毕业于原四川医学院（华西医科大学），留校后长期从事医学生物学、医学细胞生物学、医学遗传学、干细胞生物学的教学、研究工作。发表论文 100 余篇，主编或参编“十五”、“十一五”、“十二五”国家级规划教材和专著 20 余本。获得各级教学、科研奖项多项。



梁素华，川北医学院教授，硕士生导师，四川省教学名师。现任中国遗传学会理事，中国遗传学会科普委员会委员，四川省医学重点建设学科（医学遗传学）负责人，四川省医学会医学遗传专业委员会副主任委员，四川省细胞生物学学会常务理事。先后获全国教育改革优秀教师、四川省优秀教师及校级奖励 40 多项。

主持、主研国家级和省厅级科研课题 10 多项，在国内外刊物上发表论文 60 多篇。编写出版教材 19 部，其中主编 9 部，副主编 4 部。



税青林，泸州医学院教授，硕士生导师，四川省教学名师，首届泸州老窖金教鞭奖获得者。中华医学会医学细胞生物学专业委员会全国委员、四川省遗传学会人类遗传学专业委员会副主任委员、四川省细胞生物学学会常务理事。

先后承担各级科研项目 30 余项，在国内外学术刊物发表论文 100 余篇，获科技成果奖 19 项，主编或参编包括“十五”、“十一五”、“十二五”国家级规划教材在内的教材和专著 21 部。



陈汉彬，1937 年生，1960 年毕业于华东师范大学。贵阳医学院教授，博士生导师，从事医学生物学和医学昆虫学的教学和科研工作。贵州省五一劳动奖章获得者、贵州省省管专家、省级优秀专家、享受国务院政府特殊津贴。

长期从事吸血双翅目昆虫研究，先后编写出版专著 7 部，并参编其他专著 8 部，发表论文 300 余篇。获国家科学大会奖和贵州省科学大会奖各 1 次；获省部级科技成果一等奖 2 次、二等奖 5 次。参编或副主编教材 6 部、国家级规划教材 1 部。



杨春蕾，四川大学副教授、硕士生导师。四川省细胞生物学会理事及四川省遗传学会理事。

长期从事医学细胞生物学及医学生物学的基础研究和教学。发表科研及教学改革论文 40 多篇。主编、副主编及参编教材及参考书 19 部。获四川大学本科优秀教学二等奖、四川大学课程考试改革项目二等奖。

第8版前言

20世纪,生命科学取得了令人瞩目的成就,使人们认识到我们已进入生命科学的时代。人类基因组全序列的破译,后基因组计划的启动,基因工程与克隆技术的进一步完善,细胞的重新编程,干细胞与组织工程、再生医学的发展和應用等,都对医学的发展产生了深远的影响。现代生命科学对疾病本质的认识及治疗技术的发展起到了重要的推动作用。“医学生物学”是现代生命科学与医学的交叉融合,也是飞速发展的生命科学与现代医学教育体制变革的一种适应,在现代医学教育中起着非常重要的作用。

精心编写一本好教材是推动一个学科发展的重要因素。1987年,我国著名医学生物学家、四川大学杨抚华教授,根据“医学生物学”学科的发展及教学的需要,组织西南地区的医学院校同行编写出版了本教材的第一版。继后,老先生带领大家经过多次修订和再版,参编单位扩展到第二军医大学、中国医科大学等全国10余所高等医学院校。目前,本教材已出版发行了7版,成为国内出版较早、再版次数多、发行量大的教材,被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。为适应当前医学教育和学科的发展,我们组织编写了本教材第8版。本版传承老先生前7版的写作思路及特色,围绕生命科学中的最基本的问题,即生命的基础、生命的延续、生命的进化、生命和环境,以及现代生命科学和现代生物技术5个方面进行阐述与修订。全书共5篇11章,以期使学生了解生命科学基础知识及其与疾病发病机制、治疗的关系。第8版不仅对第7版的内容、文字和图表进行必要的修正,而且还对内容进行了更新与完善,插图更科学、形象,也增加了一些新的现代生命科学进展。此外,还编写了与《医学生物学》第8版教材配套的《医学生物学学习指导及习题集》和多媒体课件,以期能更好地为教师的“教”与学生的“学”提供帮助。

参加本书编写的单位有北京大学、中国医科大学、四川大学、第二军医大学、重庆医科大学、成都中医药大学、贵阳医学院、泸州医学院、川北医学院、遵义医学院及成都医学院等院校。本书的修订得到了各编写单位的大力支持,在书稿审定方面得到了哈尔滨医科大学傅松滨教授的大力支持,科学出版社对修订的注意事项提出了宝贵意见。此次修订特别感谢编委们的通力配合,如川北医学院的梁素华教授,泸州医学院的税青林教授和田强副教授,四川大学的杨春蕾副教授等。在此,特向对本书编写给予了大力支持、帮助的单位和个人表示衷心的感谢。

本书虽已进行过多次修订,但还是赶不上生命科学的迅猛发展,编者在修订中虽然做了极大的努力,但由于水平有限,本书仍可能会存在这样或那样的问题。为此,我们热忱欢迎使用本书的老师和同学们提出宝贵意见。

胡火珍

2014年8月于四川大学华西医学中心

目 录

191	.....
194	.....
198	.....
199	.....
200	.....

第 8 版前言

201	.....
202	.....
203	.....
204	.....
205	.....
206	.....
207	.....
208	.....
209	.....
210	.....
211	.....

第 8 版前言

绪论	..... 1
第一节 生命科学及其历史概述	..... 1
第二节 生命科学的分科及其研究方法	..... 3
第三节 生命的基本特征	..... 4
第四节 医学生物学与医学的关系	..... 6
小结	..... 7
复习思考题	..... 7

第一篇 生命的基础

第一章 生命的分子基础	..... 11
第一节 蛋白质	..... 11
第二节 核酸	..... 15
小结	..... 20
复习思考题	..... 20
第二章 生命的细胞基础	..... 21
第一节 细胞概述	..... 21
第二节 细胞膜及其表面	..... 24
第三节 细胞质	..... 34
第四节 细胞核	..... 47
第五节 细胞内蛋白质的生物合成	..... 53
第六节 细胞繁殖	..... 58
第七节 细胞分化及衰老死亡	..... 67
第八节 多细胞生物体的细胞分化和统一	..... 70

711	.....
712	.....
713	.....
714	.....
715	.....

721	.....
722	.....
723	.....
724	.....
725	.....
726	.....
727	.....
728	.....
729	.....
730	.....
731	.....
732	.....
733	.....
734	.....
735	.....
736	.....
737	.....
738	.....
739	.....
740	.....
741	.....
742	.....
743	.....
744	.....
745	.....
746	.....
747	.....
748	.....
749	.....
750	.....
751	.....
752	.....
753	.....
754	.....
755	.....
756	.....
757	.....
758	.....
759	.....
760	.....
761	.....
762	.....
763	.....
764	.....
765	.....
766	.....
767	.....
768	.....
769	.....
770	.....
771	.....
772	.....
773	.....
774	.....
775	.....
776	.....
777	.....
778	.....
779	.....
780	.....
781	.....
782	.....
783	.....
784	.....
785	.....
786	.....
787	.....
788	.....
789	.....
790	.....
791	.....
792	.....
793	.....
794	.....
795	.....
796	.....
797	.....
798	.....
799	.....
800	.....
801	.....
802	.....
803	.....
804	.....
805	.....
806	.....
807	.....
808	.....
809	.....
810	.....
811	.....
812	.....
813	.....
814	.....
815	.....
816	.....
817	.....
818	.....
819	.....
820	.....
821	.....
822	.....
823	.....
824	.....
825	.....
826	.....
827	.....
828	.....
829	.....
830	.....
831	.....
832	.....
833	.....
834	.....
835	.....
836	.....
837	.....
838	.....
839	.....
840	.....
841	.....
842	.....
843	.....
844	.....
845	.....
846	.....
847	.....
848	.....
849	.....
850	.....
851	.....
852	.....
853	.....
854	.....
855	.....
856	.....
857	.....
858	.....
859	.....
860	.....
861	.....
862	.....
863	.....
864	.....
865	.....
866	.....
867	.....
868	.....
869	.....
870	.....
871	.....
872	.....
873	.....
874	.....
875	.....
876	.....
877	.....
878	.....
879	.....
880	.....
881	.....
882	.....
883	.....
884	.....
885	.....
886	.....
887	.....
888	.....
889	.....
890	.....
891	.....
892	.....
893	.....
894	.....
895	.....
896	.....
897	.....
898	.....
899	.....
900	.....
901	.....
902	.....
903	.....
904	.....
905	.....
906	.....
907	.....
908	.....
909	.....
910	.....
911	.....
912	.....
913	.....
914	.....
915	.....
916	.....
917	.....
918	.....
919	.....
920	.....
921	.....
922	.....
923	.....
924	.....
925	.....
926	.....
927	.....
928	.....
929	.....
930	.....
931	.....
932	.....
933	.....
934	.....
935	.....
936	.....
937	.....
938	.....
939	.....
940	.....
941	.....
942	.....
943	.....
944	.....
945	.....
946	.....
947	.....
948	.....
949	.....
950	.....
951	.....
952	.....
953	.....
954	.....
955	.....
956	.....
957	.....
958	.....
959	.....
960	.....
961	.....
962	.....
963	.....
964	.....
965	.....
966	.....
967	.....
968	.....
969	.....
970	.....
971	.....
972	.....
973	.....
974	.....
975	.....
976	.....
977	.....
978	.....
979	.....
980	.....
981	.....
982	.....
983	.....
984	.....
985	.....
986	.....
987	.....
988	.....
989	.....
990	.....
991	.....
992	.....
993	.....
994	.....
995	.....
996	.....
997	.....
998	.....
999	.....
1000	.....

第二篇 生命的延续

第三章 动物的繁殖和个体发育	..... 75
第一节 生物繁殖的基本类型	..... 75
第二节 生殖细胞的发生与受精	..... 75
第三节 胚胎发育过程	..... 79
第四节 发育的机制	..... 81
第五节 胚后发育	..... 87
小结	..... 89
复习思考题	..... 90
第四章 生命的遗传和变异	..... 91
第一节 遗传的基本规律	..... 91
第二节 遗传病的概念及其分类	..... 93
第三节 单基因遗传	..... 94
第四节 多基因遗传	..... 101
第五节 人类染色体	..... 105
第六节 线粒体遗传	..... 119
第七节 群体中的基因	..... 121
第八节 基因的结构和功能	..... 127
第九节 基因突变	..... 135
第十节 人类基因组学	..... 138
第十一节 表观遗传学	..... 143
小结	..... 146

复习思考题..... 147

第三篇 生命的进化

第五章 生命类型的演化..... 151

第一节 生物分类的基本知识..... 151

第二节 生物进化的历程..... 154

第三节 生物进化的机制..... 163

小结..... 165

复习思考题..... 165

第六章 脊椎动物机体结构和机能的演化..... 166

第一节 体被系统..... 166

第二节 骨骼系统..... 167

第三节 肌肉系统..... 169

第四节 消化系统..... 170

第五节 呼吸系统..... 171

第六节 循环系统..... 171

第七节 排泄系统..... 174

第八节 生殖系统..... 175

第九节 神经系统..... 176

小结..... 179

复习思考题..... 179

第四篇 生命和环境

第七章 生物与环境..... 183

第一节 环境分析..... 183

第二节 种群与环境..... 185

第三节 群落与环境..... 187

小结..... 191

复习思考题..... 192

第八章 人类和环境..... 193

第一节 自然资源的快速衰减..... 193

第二节 环境污染..... 196

第三节 人口的快速增长..... 198

第四节 食物资源危机..... 199

第五节 能源危机..... 200

小结..... 201

复习思考题..... 201

第五篇 生命科学和现代生物技术

第九章 现代生物技术概述..... 205

第一节 基因工程技术..... 205

第二节 细胞工程..... 208

第三节 遗传修饰动物模型..... 209

小结..... 212

复习思考题..... 212

第十章 现代生物技术与人类健康..... 213

第一节 基因诊断..... 213

第二节 单克隆抗体的制备与修饰..... 217

第三节 基因工程药物的制备..... 219

第四节 疫苗的制备..... 220

第五节 基因治疗..... 221

小结..... 223

复习思考题..... 223

第十一章 现代生物技术与环境..... 224

第一节 污染物的清除..... 224

第二节 环境监测..... 226

小结..... 227

复习思考题..... 227

医学生物学的发展特点和趋势..... 228

复习思考题..... 232

主要参考文献..... 233

推荐读物..... 237

常用名称汉英对照..... 239

常用名称英汉对照..... 250

绪论

第一节 生命科学及其历史概述

生物学“biology”是一个希腊词，来源于希腊语“bio”（意为生命）和后缀“logy”（意为科学、了解或研究）拼接而成。生物学（biology）是研究生命的科学，是研究有机自然界的各种生命现象及其规律，并运用这些规律去能动地改造有机自然界，为人类的需要服务的一门科学。

在自然界中，从肉眼看不见的病毒（virus）到庞大的鲸（whale），都表现出各种生命现象。因此，生活着的生物是有生命的，它们不同于非生命物质。生命是物质运动的一种特殊形式。虽然化学、物理学等自然科学也研究物质运动，但生物学所研究的是物质运动的高级形式，它包括了物理运动、化学运动等。因此，物理学、化学的发展必然会推动生命科学的发展。从生命科学的发展历史来看，没有物理学、化学等自然科学的成就，生命科学也不可能取得重大的进展。

一、19世纪以前生命科学的发展概况

自人类诞生以来，我们的祖先就开始认识自然界，首先是对食物和人类的天敌生物的认识。人类在生存竞争中不断积累与生存密切相关的植物栽培、动物养殖等经验。公元前5000年，人类已经开始种植水稻；公元前3000年开始驯养家猪；公元前2700年，在长江流域就已经流传着种植桑蚕、织布的技术。在与疾病斗争的过程中，我们的祖先积累了许多关于动植物形态、习性和药用方面的知识及相关的医学实践。例如，在春秋战国时期的《诗经》中就记载了200余种药用动植物。在汉朝的《神农本草经》中药用动植物增加至360种。公元10世纪，我国发明了预防天花的疫苗；明清末年（1593年）李时珍在其《本草纲目》中对1892种植物、动物及其他天然物质进行了详细的形态描述及药性探讨。而古希腊医学之祖希波克拉底（Hippocrates）便认识到疾病是由环境及生活条件不适引起的。古罗马的Galen对牛、羊、猪、狗等动物的内部器官进行了大量解剖学研究，为解剖学的建立奠定了基础。

哲学家亚里士多德（Aristotle）是生物学历史上最有影响力的学者之一。他曾经专注于生物成因与生物多样性的研究。通过对动植物习性和属性的细致观察，为植物和动物的分类做了大量工作。到18世纪，亚里士多德及其以后的西方学者发现生物界从植物、动物到人类是一个密切相关、有严格等级的系统，即“生存链”。但亚里士多德相信世界上存在“灵魂”，并认为上帝是万物的始终，由于他的影响力而使他的观点成为生物学中各种唯心主义学说的根源。

1543年，比利时著名医生兼解剖学家维萨里（Vesalius）用他的人体解剖学论文“人体的构造”开创了西方医学的新时代。

16世纪，出现了实验生物学（experimental biology）。1665年，英国物理学家Hooke应用显微镜观察到细胞；英国化学家Priestley和荷兰医生Housz等研究了植物与阳光、空气和水分的关系，对植物的营养过程（光合作用）作了科学的概括。所有这些研究工作和新的发现对后来的实验生物学的发展都起到了良好的推动作用。

19世纪以前，对生命科学的研究基本上处于对生物外形及内部结构的观察、描述和解剖、分析阶段。18世纪，瑞典博物学家Linnaeus综合前人的工作，建立了科学的分类方法，揭示了动植物的亲缘关系，从而结束了分类学中的混乱状态，为科学进化论的确立提供了大量的宝贵资料。

综上所述，到18世纪末，生命科学的发展大体上是由对生命现象的描述发展到以实验观察为依据，对生命现象进行分析和推理，从而逐步建立起比较严密的生命科学体系。

二、19世纪生命科学的蓬勃发展

19世纪对各种生命现象的研究，已经从观察、描述深入到分析、综合，进而做出理论概括的阶段。这一时期，Schleiden和Schwann建立了细胞学说（cell theory）。细胞学说的创立，阐明了细胞是一切生物的

基本单位。这样就将动物和植物统一在一个基础上,为生命科学进一步的发展奠定了牢固的基础。

1900年,孟德尔的分离律(*law of segregation*)和自由组合律(*law of independent assortment*)被重新发现,引起了科学界的强烈反响,奠定了现代遗传学的基础。19世纪中叶提出的这些理论,在生命科学的发展历史上,取得了前所未有的突破性成就。

Darwin提出了进化理论,将生命科学提高到一个新的发展阶段。进化论(*evolutionism; evolution theory*)的提出,使进化的观点成为生命科学的指导思想,证明了整个有机自然界,都是在漫长的历史发展过程中进化而来的,这些理论的建立有力地打击了形而上学的自然观。

三、20世纪生命科学的崭新面貌

在过去相当长的一段时间里,生命科学的进展是极其缓慢的,远远不能与化学、物理学等自然科学相比,这主要是由于生命科学研究对象的复杂性,而实验手段又跟不上生命科学发展的需要。

在近代生命科学研究中,化学、物理学等自然科学的理论技术,越来越多地渗透和运用到生命科学中来。1897年,德国化学家Buchner深入研究了发酵现象,认为发酵是催化作用所致,并提出酶起着关键作用,从而促进了酶学的发展,也使生理学分化出生物化学这门独立学科,并且在此基础上孕育和产生了分子生物学。

在现代物理学的影响下,从生理学、生物化学等学科中萌发出一门新的学科——生物物理学。1944年,奥地利物理学家Schrodinger在《生命是什么》一书中,试图将量子力学、热力学和生命科学研究结合起来,认为细胞的染色体纤丝是非周期性晶体等。Schrodinger的这些新见解,对于说明有机体的物质结构、生命现象的表现及遗传和变异等,有重要的参考价值;同时,对于促进物理学家与生物学家合作,加强这两门自然科学间的相互渗透,也起到良好的作用。

大量事实证明,生命科学的深入研究必然会遇到与数学有关的问题,这就使数学的概念、理论和方法被引入生命科学的研究中。由数学与生物学相互渗透,彼此结合而产生生物数学这门边缘学科。数理统计、概率论、控制论和计算技术等数学理论知识应用于生命科学的研究,有力地促进了生命科学的发展,但由于生命现象所特有的复杂性,使得用于生命科学研究的数学理论也就必然有其特殊性。

现代生命科学研究的领域十分广阔,涉及不同层次,从个体层次、细胞层次深入到分子甚至原子层次;同时也突破了定性描述的阶段,而从定量来加以考察,进入到精密科学的行列。

1953年,Watson和Crick在*Nature*上发表了“核酸的分子结构”一文,阐明了DNA的双螺旋结构,

是生命科学发展中新的里程碑。1958年,Crick又提出了中心法则。1961年Jacob和Monod提出了乳糖操纵子学说(*operon theory*)探讨基因调控原理。同年,Nirenberg和Matthaei通过研究RNA,确定了每种氨基酸的密码。1965年,中国科学院生物化学研究所和北京大学的科研人员在上首次合成了具有生物活性的、由含51个氨基酸残基的两个亚基构成的牛胰岛素,标志着在人类探索生命的奥秘中迈出了重要的一步。1979年6月,美国哈佛大学一研究组,将小鼠胰岛素基因引入大肠杆菌,得到表达并合成胰岛素。1981年,Gordon和Ruddle将外源DNA整合的动物称为转基因动物(*transgenic animal*)。同年Brinster和Palmiter在转基因实验中,将构建好的基因注射到正常的小鼠受精卵中,第一次实验就得到了6只带外源基因、比原来小鼠大一倍左右的巨鼠,这展示了基因注射的潜力。1981年底,中国科学院上海生物化学研究所、上海细胞生物学研究所和北京大学等单位,经过13年坚韧不拔的努力,首次人工合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸。这是继我国在上首次合成牛胰岛素之后,再次取得的在上占领先地位的重大成果。

此外,20世纪60年代至80年代,联合国先后三次组织世界各国科学家开展了大规模的“国际生物学规划”、“人与生物圈”和“国际地圈与生物圈规划”,大大推动了各国对生态环境的研究和保护。

1986年,美国诺贝尔奖获得者Dulbecco首先提出了对人类基因组进行全长测序的主张,即人类基因组计划(*human genome project, HGP*)。HGP被誉为20世纪科学史上三个里程碑之一(其余两个为“曼哈顿”原子弹计划和“阿波罗”登月计划)。1990年美国批准了HGP,计划用15年时间,耗资30亿美元,测定人类基因组约30亿个碱基对的序列,进而破译全部基因的遗传信息。后来,英国、日本、法国、德国、中国五国的科学家正式加入HGP研究。在1999年,由美国、英国、日本三国科学家组成的小组率先测出人类22号染色体的全部核苷酸序列,破译了该染色体上所有的遗传信息。2000年2月,人类21号染色体的遗传密码也被全部破译。2000年6月,人类基因组框架测序基本完成。2001年2月,美国Celera公司在*Science*及国际人类基因组组织在*Nature*上分别发表了人类基因组测序的数据,人类基因的数目由原来估计的10万缩小到2.5万~2.8万。HGP的顺利实现,将使人类首先在分子层次上全面认识自我,对深入研究人类本身乃至推动整个生命科学的发展具有极其重要的意义。

1997年2月,英国罗斯林研究所的Wilmot博士在*Nature*上,宣布从乳腺细胞的细胞核成功地克隆出一只命名为Dolly的绵羊。生命科学领域的这一重大突破再次震撼了人类社会。一年半后,克隆牛、克

克隆鼠陆续问世，甚至对克隆鼠的再克隆也获得成功。1999年，猴的克隆顺利诞生。这一系列成就标志着人类无性繁殖哺乳动物的技术已日臻成熟。同年底，科学家发现只需300个左右的基因即可构成一个最简单的生命。这意味着在可以预见的将来，人类也许可以在实验室中设计并创造出人造生命体。深入探究生命本质问题，按照人类的意愿有计划地改造生物已经成为这个时期生命科学研究的显著特征。

由于生命科学的研究涉及不同的层次和较多的领域，其复杂程度是可想而知的，因此，很多问题有待进一步探索解决。在深入探索生命奥秘的过程中，将

可能出现自然科学重大突破。一些著名的科学家认为，生命科学将跨入蓬勃发展的鼎盛时期。英国物理学家、电子的发现者 Thomson 曾说，假如让他再度选择他的科学生涯的话，他将选择生物学。美国物理学家 Millikan 在 20 世纪 30 年代就指出，我期待在未来世纪中有重大变化的科学，是生物学而不是物理学。前苏联物理学家 Tamm 也曾预言，生物学将代替物理学成为自然科学中的主角。这些著名科学家的预言，不是偶然的，反映了现代自然科学发展的一种主要趋势。难怪国际上普遍认为，21 世纪将是生物科学的世纪，生物学将成为自然科学的带头学科。

第二节 生命科学的分科及其研究方法

一、生命科学的分科

生命科学研究的对象复杂，内容广泛，因此，在生命科学的发展史中，不断出现了一些新的分支学科。

根据生命科学的具体对象和类群不同，可分为植物学 (botany)、动物学 (zoology)、微生物学 (microbiology) 及人类学 (anthropology) 等。

若从生命特点来划分，又可分为：①形态学 (morphology)，研究生命系统结构的科学；②分类学 (taxonomy)，研究生物的种类及其亲缘关系，阐明生物界自然系统的科学；③胚胎学 (embryology)，研究生物的生长发育的科学；④生态学 (ecology)，研究生命系统与环境之间相互关系的科学；⑤古生物学 (paleontology)，研究保存在地层中的各种古生物遗体或遗迹的科学；⑥遗传学 (genetics)，研究生物遗传变异的科学；⑦生理学 (physiology)，研究生命机能的科学；⑧生物化学 (biochemistry)，研究生物体的化学组成和生命活动的化学机制的科学；⑨生物物理学 (biophysics)，运用物理学的理论和方法研究生命体系的科学；⑩生物数学 (biomathematics)，用于生命科学中的数学理论和方法的一门科学……

根据对生物体不同结构层次的研究，可分为：①量子生物学 (quantum biology)，从电子层次研究生命现象的科学；②分子生物学 (molecular biology)，从分子层次研究生命现象的物质基础的科学；③细胞生物学 (cell biology)，运用物理、化学和分子生物学的理论与方法，研究细胞生命活动的科学；④器官生物学 (organography biology)，按照器官系统研究生物体的结构和功能的科学；⑤个体生物学 (individual biology)，在个体层次上研究生命现象与活动规律的科学；⑥群体生物学 (population biology)，研究生命现象在生物群体内发生变化规律的科学；⑦生态系统生物学 (ecosystem biology)，综合研究在自然界一定空间范围内，各种生物与非生物环境彼此之间关系的科学……

二、生命科学的研究方法

科学的基础在于观察，人们对自然的认识必须在严密观察的基础上，将感性材料积累起来，经过分析综合做出正确的解释。任何科学结论都必须是经过若干次的观察和实验，在相同的条件下，经过多次重复而得出的。例如，各种生物细胞核内染色体数目都是一定的：人是 46 条，果蝇是 8 条，鸡是 18 条等。

就方法学而言，生命科学的研究中一般有描述 (description)、比较 (comparison) 和实验 (experimentation) 等方法。描述是对某些生命现象的外部特征和生物的外部形态结构特点进行记录，如分类学家对某一标本特征的记述；遗传学家对某次杂交结果的记录；生物化学家对某次实验结果的记载等。所以，描述属于感性认识的范畴。众所周知，生命是极其复杂的，但随着科学的发展，观察各种生命现象的手段在不断更新，仪器设备日臻完善，很多过去不明确、不了解的生命现象，被逐渐阐明。因此，对于生命科学来说，描述这一基本方法，无论过去、现在和将来，任何分科的研究都是需要的。

比较是对事物进行科学分析的最基本的方法，只有通过客观的比较，才能找出生命现象的内在联系。例如，达尔文通过实际观察和研究，比较了很多生物的形态结构、胚胎发育和地理分布等，才总结提出进化学说。

实验的方法是从感性认识开始，经过实验第一阶段的认识得以完成，并可检验认识是否正确。例如，用针刺代替授精，以观察蛙卵的发育。目前正在开展的模拟酶 (analogue enzyme)、遗传工程 (genetic engineering) 等，则是既可以检验认识的程度，又可以获得新的感性知识的实验。

以上提到的三种方法，是彼此相互联系、相辅相成的。过去有人认为生命科学中的一些分科是单纯的描述，有的又认为是单纯的比较或实验，显然这些看

法都是不全面的。可以肯定地说,任何分科都要应用描述、比较和实验的方法。

数学、物理学和化学深入渗透到生命科学中,已经使生命科学从定性的科学发展到更为精密的定量的科学。例如,分类学是一门比较古老而成熟的学科,目前,它不仅仅使用传统的研究方法,而已经根据生物大分子物质(蛋白质、核酸等)的结构来进行分类学的研究。同时,还出现了**数值分类学(numerical taxonomy)**,用群体的(统计的)概念代替模式概念等,并输入电子计算机进行处理。这一事实说明,就是最古老的学科也渗透入了数学、物理学和化学的新知识和新技术。

当前生命科学中一些新兴学科,如量子生物学、分子生物学、细胞生物学和生态系统工程等,其某些细节都服从于数学、物理学和化学的基本规律,但是在效应上或最后表现出的运动形式上,远远不是数学、物理学和化学的理论知识所能解释的,而其运动规律与非生命自然界有着本质的不同,生命自然界所表现

的是更高级、更复杂的运动形式。

我们还必须认识生命现象的表现有不同的层次,即分子、亚细胞、细胞、个体、种群、群落及生态系统等。不同层次的生命现象,又都是由一些局部过程组成,从而形成一个统一的整体。例如,蛋白质的生物合成,是细胞生命活动的局部过程,单凭这一过程是不能了解细胞是如何生长和发育的,还必须了解细胞运动、细胞的能量转换、细胞的消化、细胞的运输及细胞周期等。要想知道这些局部过程是怎样有机地联系在一起,就要运用系统论的方法,它除了逻辑推理以外,还常常采用信息论、控制论及数理统计方法等。

系统论在生命科学方面的应用还处于刚刚起步的阶段,但在某些方面的研究,已经展现出光明的前景。例如,操纵子学说不仅在一定程度上阐明了诱导酶形成的某些遗传机制,还给胚胎发育中细胞的决定与分化,遗传变异与环境之间的关系等生命科学中长期没有解决的问题以极大的启示。

第三节 生命的基本特征

生命科学犹如其他自然科学一样,在漫长的历史发展过程中,经过无数生物学工作者对有机自然界的研究,积累了大量的科学资料,经分析综合归纳为一些基本概念、原则和规律。这些就是我们研究生命科学的基础,了解这些对于学好医学生物学是极其重要的,同时也为掌握医学科学奠定必不可少的生命科学知识基础。

一、生物大分子是生命的物质基础

生命是物质的,而生命的物质基础就是蛋白质、核酸等大分子,一切生命活动的表现,都是这些物质运动的反映。因此,它必然受到物理学和化学的一些法则的制约,也遵循它们的一般规律。我们要深入理解和掌握生命科学的一般规律,就必须具备这些自然科学的基本理论知识。

当然,不可否认,有机自然界的复杂现象,绝不同于非生命自然界,虽然它的这种特殊运动形式是建立在物理学、化学这些较为简单的运动形式的基础之上,但它是更为高级和复杂的运动形式。因此,绝不能用非生命自然界的一般规律来解释有机自然界的复杂现象。

二、新陈代谢是生命的基本特征

组成生命的各种物质无时无刻不在与其周围环境进行着物质交换,同时也伴随有能量的转换,使生命不断得以自我更新,这是生命所特有的运动形式,即**新陈代谢(metabolism)**。

生命物质的新陈代谢包括两个相互联系的方面:即**同化作用(assimilation)**和**异化作用(disassimilation)**。前者又称为**合成代谢(anabolism)**,后者又称为**分解代谢(catabolism)**。在此过程中,物质代谢(**substance metabolism**)的过程,必然伴随有**能量代谢(energy metabolism)**。有机体正是在这种物质和能量的转换传递过程中,实现其化学组成的自我更新。

新陈代谢的整个过程,都是在酶的参与下进行的。酶不仅催化有机体内所有的化学变化,而且还决定着有机体内一切化学过程的进行方向。

三、细胞是有机体的结构单位和功能单位

在千姿百态的有机自然界中,分布着成千上万种生物。从宏观上看,很难找到这些鸟兽虫鱼和花草树木在结构上有什么共同之处。但是,借助于光学显微镜,我们就可以观察到这些形态各异的动植物,其基本结构是相同的,即它们都是由**细胞(cell)**构成的。

如前所述,细胞学说的建立具有划时代的意义。其主要内容有两个方面:即细胞既是动植物有机体结构的基本单位,又是生命活动的基本单位,因而各种生物的基本构造和生命过程具有共同性。另外,细胞有其发生发展过程,因此各种生物的发育规律也具有共同性。

细胞学说的创立,无可辩驳地说明了有机自然界的统一性,明确了光怪陆离、复杂多样的有机自然界是有共同的结构和功能基础的。

四、有机体的生长和发育

任何有机体在新陈代谢过程中,都表现出质量和体积的增加,这就是**生长 (growth)**。例如,新生婴儿的细胞数目仅 2×10^{12} 个,但到成年时细胞数可达 3×10^{14} 个左右。有机体在生长过程中,同化作用将大于异化作用,因为只有这样才能提供一定的物质以满足生长时身体发育的需要,这是任何生物都具有的一种基本生命现象。

任何有机体在其生活过程中,其细胞要逐渐分化形成不同的结构,执行不同的生理机能,这一系列结构上和功能上的转化过程,称为**发育 (development)**。例如,高等动物的发育从受精卵开始,以后逐渐分化,分别形成不同的组织和器官,最后形成一个完整的个体,并经过幼年、成年和老年等各个不同的阶段性变化,进入衰老和死亡,这就是有机体的**个体发育 (ontogenesis)**。早在19世纪中叶,德国胚胎学家Haeckel总结了前人的工作,指出“个体发育就是系统发育的短暂而迅速的重演”,这就是著名的**重演律 (law of recapitulation)**。根据研究,个体发育重演系统发育(phylogenesis)历史现象,在有机自然界是很普遍的。

五、有机体的生殖

任何生物都具有繁衍与其自身相似后代个体的能力,这就是**生殖 (reproduction)**,它是生物维持其种族生存所必需的,也是生物最重要的属性之一。理论上,有机体的任何部分只要其中含有建立一个完整有机体所必需的全部遗传信息,就可以作为生殖单位,就可能形成新的个体。生物在生殖过程中,就是由生殖单位形成后代个体。生命科学中的许多重要问题,都涉及生物产生自己后代的能力。

高等生物的**体细胞 (somatic cell)**都比较特化,但是它们都含有整套遗传信息,只是在一般情况下缺少使这些遗传信息按发育顺序表现出来的条件。因此,只要适当地加以处理,这类从表面上看来似乎失去了发育为完整有机体能力的细胞,具有重新形成完整有机体的能力。

生殖方式有**无性生殖 (asexual reproduction)**和**有性生殖 (sexual reproduction)**。无性生殖的生殖单位一般为**营养细胞 (vegetation cell)**或**营养组织 (vegetation tissue)**。在无性生殖中,由于没有遗传信息的重组发生,子代继承下来的遗传信息与亲代基本上是相同的,因此,有利于亲代优良特性的保存。同时,无性生殖不经过复杂的胚胎发育阶段,生长发育的时间短,有利于快速繁衍后代。由同一祖先经无性生殖繁衍成的、在遗传上基本相同的后裔个体群,一般称为**无性繁殖系或克隆 (clone)**。有性生殖的特点是两个亲本的生殖细胞结合成一个细胞,然后由它发育成个体,也就是要经过有性过程。在有机体有性生殖过

程中,细胞内的染色体有单倍体阶段与二倍体阶段的交替,有性生殖导致后代遗传信息重组,可以使物种在结构上和功能上逐步完善和进化。

以上提到的生长和发育及生殖,都具有调节控制机制。这些机制包括外界环境和激素等对于胚胎和成体的影响,组织与组织、细胞与细胞,以及细胞核与细胞核之间相互作用等各个方面。

六、生物的遗传和变异

生物通过生殖繁衍后代,保证了生命在世代间的延续,这种“种瓜得瓜,种豆得豆”的现象,称为**遗传 (heredity)**。但是,生物所产生的后代,并不是完全与祖先一样,而是有所变化的,这是由于亲代遗传物质的重新组合、环境变化的影响或者遗传物质本身的突变。因此,有机自然界从来没有出现过两个完全一样的个体,这种同种生物世代之间或同代不同个体之间性状差异的现象,称为**变异 (variation)**。

遗传变异的规律是生命科学中的一个基本规律,因而在探讨生长、发育、分类、进化,甚至生理或生态时,都会涉及遗传变异的某些原理,也都借助遗传变异的一些理论去阐明有关的问题。

七、机体的适应性及应激性

应激性和适应性是生物机体具有的基本特征。有机体不仅具有对刺激发生反应的能力,还具有适应能力。适应是指生物的形态结构和生理功能(性状)与环境相适应的现象,达尔文认为适应性是生物体在发生变异后经过长期的自然选择所形成的,应激是生物对刺激产生的适应性反应,生物有了应激性,便能对周围的刺激发生反应,从而使生物体与外界环境协调一致,形成适应性。应激性是适应性的一个方面,这些特征通过遗传累积下来。因此,各种生物所具有的应激性反射和适应性都是由遗传性决定的。

八、有机体和环境的统一

自然进化史表明,生物是自然环境的产物,也是环境的一部分;生物一方面适应环境,另一方面又改造环境,从而构成了**环境 (environment)**。生物只有和环境结合在一起,才有生命。有机自然界尽管是形形色色、多种多样,但是每种生物都是在一定环境条件下生活,每种生物的个体或群体都和它们周围的环境紧密联系着,与环境构成一个统一整体。如果我们破坏这个统一,就将给人类带来难以估量的严重后果,并贻害子孙后代。

生物对其周围环境条件的变化(时间的、空间的)会做出适当的反应,同时它又会以本身的生命活动,对周围环境产生直接或间接的影响。

20世纪60年代以来,世界上面临的五大社会问

题(人口、自然资源及其保护、环境保护、粮食和能源),其核心就是人类的一切活动与生态系统间平衡关系的问题。所以,环境问题不仅仅是一个纯粹的学术问题,而是摆在人类面前需要认真对待的一个关系当前和今后人类生存的重大问题。

九、生命的进化

众所周知,宇宙是经过漫长岁月的演化而形成的。而地球上的生命,也是历史长期发展的产物。但是,生命的进化远比宇宙的演化复杂。生命的进化可分为两个阶段:即化学进化和有机进化。化学进化是在原始地球的物理化学条件下,由无机物转化成复杂的有机物,再积聚而成生物大分子;当这些生物大分子物质形成一个系统,获得了复制和传递遗传信息的属性时,就出现了原始生命。有机进化是指从最简单的生命形式,经过由原核生物(*prokaryotes*)到真核生物(*eukaryotes*),直到发展为人类的过程,同时人类也

还在不断地进化。

概括而言,生命进化的历程经过以下发展阶段:从无机物到有机物——生命的起源;从非细胞到细胞——细胞的起源;从异养型生物到自养型生物和从厌氧型生物到需氧型生物——光合作用的出现;从原核细胞到真核细胞;从无性生殖到有性生殖;从单细胞生物到多细胞生物;从水生生物到陆生生物;从猿到人——人类的起源和发展。

总之,生命是进化发展的,并通过复杂化和多样化两条途径进行。复杂化是机体水平的提高,是从简单到复杂、从低级到高级的复化进化过程,其关键是水平问题。而多样化则是种类数量的增加,是由少到多的分化进化过程,其关键是方向问题。在生命进化的历程中,分化与复化两者纵横交错,螺旋式上升,形成生命进化过程中总的发展趋势。因此,生命的进化可归纳为三个基本步骤:从无到有的起源;从少到多的分化发展;从低级到高级的复化发展。

第四节 医学生物学与医学的关系

医学生物学是一门综合性很强的科学,它是建筑在生命科学的主要成就之上,而且又是基础医学和临床医学各学科的主要基础,当然它也是整个医学的主要基础。本书在介绍一般生命现象和规律的同时,特别注意联系与医学有关的生物学问题,故称之为**医学生物学**(*medical biology*)。追溯人类的起源,不难看出人是从动物界发展而来,因而人的一些基本生命活动规律与动物界是相似的,有的甚至是一致的。由于人类已经从动物界进化到一个新的阶段,并且远远高于动物界,所以也有其独有的一些特殊规律。但是,人既然是从动物界进化而来,因此,只有在理解了动物界的一般生命现象和规律的基础上,才可能正确认识人的特殊的生命现象和规律。例如,人体器官系统是如何进化而来,就必须追溯到脊椎动物甚至无脊椎动物器官系统的结构,这就说明应从动物进化的历史来了解人体器官系统的由来。

医学生物学的基本理论知识,都渗透到基础医学和临床医学的各学科中。例如,了解生物膜的结构和功能,对于认识膜抗原、膜受体等是必需的,甚至对于认识癌变机制也是有价值的。了解细胞增殖周期的理论知识,对于解决临床医学面临的一些问题,特别肿瘤的防治有极其重要的实践意义。通过对人体细胞染色体的检查,不仅可以准确诊断人类的染色体病,而且可用于产前诊断,作为计划生育、优生的一种可靠的检查技术。而人类的遗传也服从于生物界遗传的普遍规律。分子生物学的成就,阐明了某些疾病的分子机制,这就为某些分子病的防治提供了可能。

当前,人类正面临着环境污染、自然资源被破坏、粮食匮乏、能源枯竭以及人口爆炸五大社会问题的挑战。人类将解决这些问题的希望寄托在生物科学的成就上。这些重大社会问题涉及生物科学的众多分支学科,而且与医学科学也密不可分,其中最主要的如生态学的深入研究,对这五大社会问题的解决,将发挥不可估量的作用。而了解和掌握医学生物学的基本理论知识,对探索和解决这些与医学紧密联系的重大问题,提供了必备的基础和前提。

动物的大量细胞在一定发育时期出现的正常死亡,称为**编程性细胞死亡**(*programmed cell death, PCD*),也称为**凋亡**(*apoptosis*),它与医学的关系也极为密切。据研究,细胞编程性死亡是引起一些疾病的病因。在对肿瘤的研究中,人们越来越发现,肿瘤的发生不仅与肿瘤细胞的生长速度有关,而且与肿瘤细胞的死亡速度也有关。编程性细胞死亡的规律失常,是肿瘤发生与发展的一个重要因素。哺乳动物中癌基因和抑癌基因也可能参与细胞编程性死亡的调控,*c-myc*原癌基因的过度表达,可以导致细胞的编程性死亡;而*bcl-2*原癌基因的过量表达,却可以阻止*c-myc*诱导的细胞死亡;抑癌基因*p53*在诱发细胞编程性死亡中起重要作用。

在临床实践中,许多用于预防和治疗的有效药物都来源于动物或植物;一些流行病、传染病的病原也是一些生物等。因此,学好医学生物学,了解生命的发展规律,对于直接解决医疗实践中的问题,将会发挥应有的作用。

现代基础医药学和临床医药学的实验研究,都需要用实验动物进行试验,从而间接了解人类与医药学的一些原则,然后再应用于人体,因而对这些实验动物的形态结构、生理功能的了解,显然是极为必要的。

我国传统的中医药学的研究,也引入现代生命科学的一些基本理论知识。对中药的认识必须具备植物学的有关知识,而国内外也有不少学者试图从分子层次来探求中西医理论。如研究中医药对环磷酸腺苷(cAMP)作用的影响,即为一突出的例证。1973年,国外学者 Goldberg 提出生物控制的阴阳学说(the Yin-yang hypothesis)。阴阳学说认为,cAMP 和 cGMP 为相互拮抗、相互制约的两种对立的调节系统,共同调节着细胞的正常生理功能。两者必须维持一定的比例,若比例发生改变(偏高或偏低),就会引起机体功能失调而导致疾病。所以,对 cAMP 和 cGMP 的研究,不仅对生命现象本质的阐明有着重要意义,而且为探索中医阴阳理论的物质基础提供了线索。目前,世界范围内正在兴起新技术革命,其中一个很重要的领域就

是生物工程(biotechnology)。生物工程可使基因(gene)用于大规模生产胰岛素、生长激素、干扰素等过去人工难以合成的生物制剂,从而推动了医药科学的蓬勃发展。对激素、神经递质受体及神经生物学的研究,将使人们了解细胞是如何以各种信号协调动作并接受控制的。生态科学的研究成果,将对解决资源枯竭、环境污染和人口爆炸等重要问题起到良好的推动作用。以上的这些研究成果,必将为推动医药事业的发展,发挥越来越大的作用,而这一切也都必须以医学生物学的基本理论知识为基础。因此,作为医科学生为什么要学习医学生物学就不言而喻了。

还需要特别提出的是,生命科学作为辩证唯物主义的一个重要的自然科学基础,在培养学生的正确观点,树立辩证唯物主义的世界观方面,也将产生积极的作用。这正是医学生物学的一项主要任务,也是应该达到的主要目的之一。只有建立正确的观点,才能对人体有正确的认识,也才能达到专业培养目标的要求。

小结

生物学是研究生命的科学,医学生物学则是研究与医学有关的生物学问题的科学。

生命科学的发展历史,经历了从现象到本质、从定性到定量的发展过程。这一过程也充分说明,物理学、化学和数学等自然科学的发展推动着生命科学的发展,现代自然科学发展的主要趋势是生命科学将成为整个自然科学的带头学科。

生命科学研究的对象复杂,内容广泛,不断出现一些新兴学科。即使是那些古老的学科,也渗透了新的理论、技术和方法。

不论过去、现在和未来,描述、比较和实验的方法,都是生命科学研究中最基本的方法。生命科学中的一些基本概念,是现代生物学的基础。因此,学习医学必须了解这些基本概念。这也是正确认识人体必须具备的生命科学的基本理论知识,生命科学的新发现往往推动医

学科学的发展,而医学的成就又进一步丰富了生命科学的理论和知识,说明两者的关系极为密切。

(四川大学 胡火珍)

复习思考题

1. 什么是医学生物学?
2. 如何理解现代生物学已经从定性发展成为定量的精密科学?
3. 生命科学的成就与其他自然科学的发展有何关系?
4. 生命有哪些基本特征?
5. 作为医科学生为什么必须掌握医学生物学的基本理论知识?

