

辐射细胞生物学

Radiation Cytobiology

龚守良 编著

中国原子能出版社

吉林大学研究生立项教材

辐射细胞生物学

Radiation Cytobiology

龚守良 编著

中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

辐射细胞生物学/龚守良编著. —北京:中国原子能出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5022-6133-7

I. ①辐… II. ①龚… III. ①放射生物学-细胞生物学-研究生-教材 IV. ①Q691②Q2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 307403 号

内 容 简 介

编著者参阅了大量的国内外文献,并结合自己和所在研究团队的资料,在国内首次撰写了《辐射细胞生物学》一书。本书共二十章,主要涉及细胞放射敏感性、电离辐射靶学说和非靶学说、电离辐射对细胞和亚细胞结构(细胞膜、线粒体、内质网和染色体)及分子(DNA、RNA 和蛋白质)的作用、对基因转录与翻译和信号转导通路的作用、对细胞周期和细胞分裂及细胞分化和细胞转化的作用、诱导细胞衰老和细胞死亡、对特有功能细胞和干细胞的作用以及致突变、致癌和致遗传效应等方面的内容。每章正文后列参考文献,书后附英中文索引。

本书可作为放射医学专业的研究生教材,亦可作为从事放射医学与卫生防护工作人员及有关医学、卫生专业工作者的参考书。

辐射细胞生物学

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 肖 萍

装帧设计 马世玉

责任校对 冯莲凤

技术编辑 潘玉玲

印 刷 中国文联印刷厂

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 36.625

字 数 914 千字

版 次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-6133-7 定 价 128.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn>

E-mail: atomep123@126.com

发行电话: 010-68452845

版权所有 侵权必究

前 言

自从伦琴(Röntgen)发现 X 射线后,特别是 20 世纪 40 年代后,人类受到人工电离辐射的机会越来越多。因此,电离辐射对机体产生的重要影响引起了人们的极大关注,并开始进行系统、全面的研究,逐渐确立了放射生物学学科。近些年,随着核物理学、细胞生物学和分子生物学等学科的进展,推动了放射生物学的空前发展;并且,通过更多学科的合作,应用先进的理论和方法,对电离辐射产生的生物学效应给予了定性分析和定量描述,因而衍生了系统放射生物学,使研究者的视角更加扩展,不断拓宽了放射生物学研究领域。

随着放射生物学的发展,相伴的辐射细胞生物学也应运而生,成为放射生物学重要的组成部分,乃至核心部分,并在细胞生物学基础上得到了不断的充实、发展。由于显微镜的问世,使人们认识了细胞,并逐步确立了细胞学说,有力地推进了人类对生命本质的了解,证实了生物界的统一性和生命共同起源的原则,奠定了现代生物学的重要基础,并孕育了细胞生物学的产生。细胞是生命机体的最基本单位,所有的细胞能够通过 DNA 储存和复制遗传信息,转录给 RNA,再翻译为蛋白质。而且,细胞具有自我调节和生存的能力,以及与外环境进行物质、能量和信息交换的完整体系,体现了一切生命的现象。因此,辐射细胞生物学是从分子、亚细胞、细胞和细胞社会的不同层次结构及细胞间关系,动态、系统地阐明电离辐射对细胞单位生命特性基本规律的学科。近些年来,随着细胞生物学发展,辐射细胞生物学也被确定了重要的学科地位。

这部《辐射细胞生物学》已获准并立项为吉林大学研究生教材。编著者经过两年多的努力,参阅了大量的国内外文献,结合自己和所在研究团队资料,最终完成了这部书稿的撰写工作,使其成为国内首部放射生物学学科领域的专著。本书得以顺利出版,应感谢吉林大学研究生院、吉林大学公共卫生学院及卫生部放射生物学重点实验室的支持和鼓励,同时也感谢王志成和王珍琦两位博士的友善帮助。

本书共二十章,主要涉及细胞放射敏感性、电离辐射靶学说和非靶学说、电离辐射对细胞和亚细胞结构(细胞膜、线粒体、内质网和染色体)及分子(DNA、

RNA 和蛋白质)的作用、对基因转录与翻译和信号转导通路的作用、对细胞周期和细胞分裂及细胞分化和细胞转化的作用、诱导细胞衰老和细胞死亡、对特有功能细胞和干细胞的作用,以及致突变、致癌和致遗传效应等方面的内容。

由于放射生物学的迅猛发展和辐射细胞生物学领域知识的不断更新,加之编著者的学识和水平有限,本书在反映最新的信息及编写内容的系统性和协调性等方面,肯定存在许多缺点和不足,疏漏之处在所难免,尚希读者批评、指正。

编著者 龚守良
2013 年 7 月于长春

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 细胞与细胞生物学	(1)
一、显微镜的问世及细胞学说的确立	(1)
二、细胞生物学的研究内容	(2)
第二节 放射生物学发展与前瞻	(2)
一、放射生物学及其发展	(2)
二、尚待解决的放射生物学问题	(3)
三、系统放射生物学	(4)
四、放射生物学前瞻	(5)
第三节 辐射细胞生物学	(5)
一、电离辐射生物效应	(5)
二、电离辐射细胞效应	(6)
参考文献	(12)
第二章 放射生物学基础	(15)
第一节 电离辐射的种类	(15)
一、电磁辐射和粒子辐射	(15)
二、电离辐射和非电离辐射	(16)
三、天然电离辐射和人工电离辐射	(17)
第二节 放射生物学中常用的剂量及其单位	(19)
一、剂量概述	(19)
二、剂量和剂量率	(20)
第三节 电离和激发	(23)
一、电离辐射的原初反应和继发反应	(23)
二、电离和激发	(24)
第四节 电离辐射与物质的相互作用及其基本规律	(24)
一、电离辐射与物质的相互作用	(24)
二、传能线密度与相对生物效能	(27)
三、径迹结构和集簇损伤	(29)
四、自由基与活性氧	(31)
五、氧效应与氧增强比	(32)
六、电离辐射的直接作用和间接作用	(32)
第五节 电离辐射的生物效应	(34)
一、躯体效应与遗传效应	(35)

二、近期效应与远期效应	(37)
三、确定性效应与随机性效应	(38)
四、组织反应	(40)
参考文献	(41)
第三章 细胞放射敏感性及其化学修饰	(43)
第一节 细胞放射敏感性的差异	(43)
一、种系和个体发育的放射敏感性	(43)
二、不同群体细胞的放射敏感性	(45)
三、肿瘤细胞的放射敏感性	(55)
四、低剂量辐射的超敏感性	(57)
第二节 细胞放射敏感性的分子基础	(60)
一、细胞周期的放射敏感性	(60)
二、DNA 损伤和修复期的细胞放射敏感性	(61)
三、细胞放射敏感性的相关基因	(61)
第三节 细胞放射敏感性的影响因素	(63)
一、染色质结构和遗传性因素的影响	(63)
二、环境和个体因素的影响	(65)
第四节 放射增敏剂和放射防护剂	(66)
一、放射增敏剂	(66)
二、放射防护剂	(71)
参考文献	(75)
第四章 电离辐射靶学说及细胞存活曲线	(80)
第一节 靶学说	(80)
一、靶学说的产生和发展	(80)
二、靶学说、靶体积及其应用	(80)
三、靶效应	(81)
第二节 靶分子与 DNA 双链断裂模型	(86)
一、靶分子	(86)
二、DNA 双链断裂模型	(87)
第三节 细胞剂量存活曲线	(90)
一、体外细胞存活测定及其剂量存活曲线	(91)
二、体内细胞存活测定及其剂量存活曲线	(93)
三、细胞剂量存活曲线的参数	(94)
四、双相和刺激剂量存活曲线	(95)
五、直线和直线平方剂量存活曲线	(96)
六、分次和不同 LET 辐射的细胞剂量存活曲线	(97)
七、肿瘤细胞的剂量存活曲线	(99)
参考文献	(101)

第五章 电离辐射非靶学说及其相关细胞生物学效应	(102)
第一节 非靶学说	(102)
一、非靶学说	(102)
二、非靶学说相关辐射细胞生物学效应的相互关系	(102)
第二节 电离辐射所致的基因组不稳定性	(104)
一、电离辐射基因组不稳定性发生的可能机制	(104)
二、电离辐射基因组不稳定性与肿瘤	(104)
三、基因组不稳定性与辐射致癌	(106)
第三节 电离辐射旁效应	(107)
一、电离辐射旁效应的提出及其存在的可能性	(107)
二、电离辐射旁效应特征	(108)
三、电离辐射旁效应机制	(111)
第四节 低剂量电离辐射诱导的适应性反应	(116)
一、低剂量辐射诱导适应性反应规律	(116)
二、低剂量辐射诱导适应性反应机制	(118)
三、适应性反应的普遍性	(121)
参考文献	(123)
第六章 细胞放射损伤与修复	(128)
第一节 细胞放射损伤及其分类	(128)
一、细胞放射损伤的病理学基础	(128)
二、细胞放射损伤是以生物大分子损伤为基础	(129)
三、细胞放射损伤分类	(129)
第二节 细胞放射损伤的修复	(129)
一、潜在致死性损伤的修复	(130)
二、亚致死性损伤的修复	(133)
三、缓慢修复	(138)
第三节 影响细胞放射损伤及修复的因素	(138)
一、射线种类	(138)
二、剂量率	(140)
三、氧效应	(142)
参考文献	(143)
第七章 DNA 辐射损伤与修复	(145)
第一节 DNA 概论	(145)
一、生物大分子的法则	(145)
二、DNA 是遗传的物质基础	(145)
三、DNA 结构	(146)
第二节 DNA 辐射损伤反应	(149)
一、DNA 损伤反应信号涉及的相关分子	(149)
二、细胞周期调控信号反应	(151)

三、miRNA 调控 DNA 损伤反应的靶基因	(152)
四、DNA 损伤反应涉及的有关问题	(153)
第三节 DNA 辐射损伤方式	(153)
一、DNA 链断裂	(154)
二、DNA 交联	(157)
三、DNA 二级和三级结构的变化	(159)
四、DNA 集簇损伤	(160)
第四节 DNA 辐射损伤的修复	(161)
一、DNA 修复信号反应	(161)
二、回复修复	(162)
三、切除修复	(163)
四、错配修复和跨损伤 DNA 合成	(165)
五、DNA 链断裂修复	(165)
六、集簇损伤的修复	(168)
七、DNA 损伤与修复的生物学意义	(169)
参考文献	(170)
第八章 基因转录与翻译的电离辐射效应	(173)
第一节 基因转录、翻译与调控	(173)
一、转录	(173)
二、翻译	(175)
三、基因表达的调控	(176)
四、非编码 RNA	(178)
第二节 电离辐射对转录的作用	(186)
一、电离辐射对基因转录表达的作用	(186)
二、电离辐射对 RNA 生物合成的作用	(187)
三、电离辐射对不均一核 RNA 和 mRNA 的作用	(190)
四、电离辐射对 ncRNA 的作用	(191)
第三节 电离辐射对翻译的作用	(195)
一、电离辐射对 tRNA 的作用	(195)
二、电离辐射对 rRNA 的作用	(196)
三、电离辐射对核糖体的作用	(197)
第四节 电离辐射对蛋白质的作用	(198)
一、蛋白质及其高级结构	(198)
二、电离辐射对蛋白质生物合成的作用	(199)
三、电离辐射对蛋白分子结构和功能的作用	(200)
四、电离辐射对蛋白表达的作用	(202)
五、电离辐射对蛋白质代谢的作用	(203)
参考文献	(204)

第九章 细胞信号转导的电离辐射效应	(209)
第一节 细胞信号转导	(209)
一、细胞信号转导特点	(209)
二、细胞信号转导系统	(211)
第二节 细胞信号转导的电离辐射效应	(216)
一、DNA 损伤反应的信号转导通路	(216)
二、ATM 依赖信号转导通路的电离辐射效应	(219)
三、MAPK 信号转导通路的电离辐射效应	(221)
四、p53 信号转导通路的电离辐射效应	(222)
参考文献	(224)
第十章 细胞膜及细胞间缝隙连接通讯的电离辐射效应	(227)
第一节 细胞膜	(227)
一、细胞膜的化学组成和分子结构	(227)
二、细胞膜的物质运输和特化结构	(229)
第二节 细胞膜的电离辐射效应	(232)
一、电离辐射对细胞膜组分的作用	(232)
二、电离辐射对膜转运功能的作用	(234)
三、电离辐射对生物膜蛋白酶活性的作用	(236)
四、电离辐射对 DNA-膜复合物的作用	(236)
五、电离辐射对膜受体功能的作用	(237)
第三节 细胞连接及其电离辐射效应	(238)
一、细胞连接	(239)
二、细胞通讯在电离辐射旁效应中的作用	(243)
参考文献	(244)
第十一章 线粒体和内质网的电离辐射效应	(246)
第一节 线粒体的电离辐射效应	(246)
一、线粒体	(246)
二、线粒体与细胞凋亡	(251)
三、线粒体与电离辐射	(254)
四、电离辐射抑制线粒体氧化磷酸化反应	(258)
第二节 内质网的电离辐射效应	(260)
一、内质网与内质网应激	(260)
二、内质网与光辐射和电离辐射	(266)
参考文献	(268)
第十二章 电离辐射诱导染色体畸变及生物剂量计	(273)
第一节 染色质和染色体	(273)
一、对染色质和染色体的认识及其发展	(273)
二、染色质	(274)
三、染色体	(276)

四、染色体的核型和命名	(281)
第二节 染色体畸变	(287)
一、人类染色体畸变	(288)
二、小鼠生殖细胞染色体畸变类型	(293)
第三节 电离辐射诱发染色体畸变	(296)
一、电离辐射诱发染色体畸变的意义	(296)
二、电离辐射诱发染色体畸变的剂量效应关系	(297)
三、体内蓄积放射性核素诱发染色体畸变	(302)
四、电离辐射诱发染色体畸变的机制	(303)
第四节 电离辐射诱发生殖细胞染色体畸变	(305)
一、大剂量照射诱发生殖细胞染色体畸变	(305)
二、大剂量照射诱发联会复合体畸变	(305)
三、低剂量急性照射诱发生殖细胞染色体畸变	(306)
四、 ^{60}Co γ 射线慢性照射诱发生殖细胞染色体畸变	(308)
五、影响电离辐射诱发生殖细胞染色体畸变的生物因素	(308)
第五节 染色质的电离辐射效应	(309)
一、核小体连接区的电离辐射效应	(310)
二、染色质的辐射降解	(310)
三、染色质蛋白的辐射效应	(311)
第六节 生物剂量计	(312)
一、生物剂量计及测定	(313)
二、常见的几种生物剂量计	(314)
参考文献	(324)
第十三章 电离辐射对细胞周期和细胞分裂的作用	(328)
第一节 细胞周期和细胞分裂	(328)
一、细胞周期	(328)
二、细胞分裂	(331)
三、肿瘤细胞增殖动力学及增殖特性	(334)
第二节 电离辐射对细胞周期和细胞分裂的作用	(338)
一、电离辐射对细胞周期进程的作用	(338)
二、电离辐射对细胞分裂的作用	(343)
参考文献	(344)
第十四章 电离辐射对细胞分化和恶性转化的作用	(346)
第一节 细胞分化及电离辐射的作用	(346)
一、细胞分化	(346)
二、电离辐射对细胞分化的作用	(351)
第二节 细胞转化及电离辐射的作用	(356)
一、细胞转化及其基本特征	(356)
二、电离辐射诱导细胞转化	(359)

三、电离辐射诱导细胞转化的机制	(361)
参考文献	(362)
第十五章 电离辐射诱导细胞衰老和死亡	(365)
第一节 细胞衰老与电离辐射诱导细胞衰老	(365)
一、细胞衰老及其基因调控	(365)
二、电离辐射诱导细胞衰老	(369)
第二节 细胞死亡与电离辐射诱导细胞死亡	(372)
一、细胞死亡及其分类	(372)
二、电离辐射诱导的细胞增殖死亡和间期死亡	(373)
三、电离辐射诱导坏死性细胞死亡	(374)
四、电离辐射诱导凋亡性细胞死亡	(376)
五、电离辐射诱导自噬性细胞死亡	(383)
参考文献	(390)
第十六章 电离辐射对特有功能细胞的影响	(394)
第一节 神经细胞的电离辐射效应	(394)
一、发育神经细胞的电离辐射效应	(394)
二、成体神经细胞的电离辐射效应	(395)
三、特大剂量照射的神经细胞效应	(397)
四、分次照射的神经细胞效应	(397)
第二节 内分泌细胞的电离辐射效应	(398)
一、垂体细胞的电离辐射效应	(398)
二、肾上腺细胞的电离辐射效应	(399)
三、甲状腺细胞的电离辐射效应	(399)
第三节 造血细胞的电离辐射效应	(400)
一、造血组织的电离辐射效应	(400)
二、造血细胞的电离辐射效应	(402)
三、外周血细胞的电离辐射效应	(403)
四、造血基质细胞的电离辐射效应	(404)
第四节 免疫细胞的电离辐射效应	(405)
一、免疫细胞的电离辐射病理效应	(405)
二、免疫细胞的电离辐射剂量效应	(406)
三、免疫细胞的急性电离辐射效应	(408)
四、免疫细胞的慢性电离辐射效应	(410)
五、淋巴细胞归巢的电离辐射效应	(412)
第五节 生殖细胞的电离辐射效应	(413)
一、生殖的电离辐射效应	(413)
二、生殖内分泌的电离辐射效应	(416)
三、雄性生殖的分次照射和剂量率效应	(417)
四、胚胎发育的电离辐射效应	(419)

五、性器官发育的电离辐射效应	(422)
第六节 小肠细胞和肝脏细胞的电离辐射效应	(423)
一、小肠细胞的电离辐射效应	(423)
二、肠型放射病的小肠细胞效应	(426)
三、肝脏细胞的电离辐射效应	(427)
第七节 肺脏、心脏和肾脏细胞的电离辐射效应	(429)
一、肺脏细胞的电离辐射效应	(429)
二、心脏及血管细胞的电离辐射效应	(430)
三、肾脏细胞的电离辐射效应	(432)
第八节 皮肤及其附属器细胞的电离辐射效应	(433)
一、皮肤放射损伤的生物学特性	(434)
二、皮肤及其附属器细胞的电离辐射病理效应	(434)
参考文献	(436)
第十七章 干细胞及其电离辐射效应	(439)
第一节 干细胞特性及其分类	(439)
一、干细胞特性	(439)
二、干细胞分类	(440)
三、成体干细胞的可塑性	(444)
第二节 干细胞的电离辐射效应	(445)
一、胚胎干细胞的电离辐射效应	(445)
二、诱导性多能干细胞的电离辐射效应	(447)
三、骨髓间充质干细胞及其电离辐射效应	(447)
四、造血干细胞及其电离辐射效应	(449)
五、神经干细胞及其电离辐射效应	(453)
六、生殖干细胞及其电离辐射效应	(454)
七、肠干细胞及其电离辐射效应	(455)
第三节 肿瘤干细胞及其电离辐射抗拒性	(456)
一、肿瘤干细胞理论的形成及发展	(456)
二、肿瘤干细胞的特征	(456)
三、肿瘤干细胞的分离和鉴定	(460)
四、肿瘤干细胞的电离辐射抗拒性	(462)
参考文献	(463)
第十八章 电离辐射致突变效应	(468)
第一节 突变	(468)
一、突变	(468)
二、突变特性	(470)
三、突变种类	(470)
四、调控基因突变对结构基因表达的影响	(472)
五、基因突变的后果	(473)

第二节 电离辐射致突变效应	(474)
一、T 淋巴细胞受体突变及其电离辐射效应	(474)
二、电离辐射对 T 淋巴细胞及淋巴瘤细胞的突变作用	(475)
三、电离辐射致生殖细胞的突变效应	(476)
四、电离辐射诱导胚胎干细胞突变的潜能	(477)
五、DNA 突变的电离辐射效应	(479)
六、电离辐射致突变效应与 p53 的关系	(480)
参考文献	(481)
第十九章 电离辐射致癌效应	(483)
第一节 电离辐射致癌及其潜伏期和二重癌	(483)
一、电离辐射致癌事件	(483)
二、电离辐射致癌的潜伏期和二重癌	(486)
第二节 电离辐射致癌的危险评价及其病因概率推算	(487)
一、电离辐射致癌的危险评价	(487)
二、电离辐射致癌的病因概率推算	(491)
第三节 电离辐射致癌的多阶段学说及剂量-效应关系	(493)
一、电离辐射致癌的多阶段学说	(493)
二、电离辐射致癌的剂量-效应关系	(495)
第四节 电离辐射致癌的分子机制	(498)
一、电离辐射致癌的基因组 DNA 损伤机制	(498)
二、基因突变和染色体异常	(499)
三、DNA 甲基化变化	(500)
四、电离辐射基因组不稳定性	(501)
第五节 电离辐射致癌的易感性及其影响因素	(502)
一、电离辐射致癌的易感性	(502)
二、电离辐射致癌的影响因素	(503)
第六节 电离辐射诱发胸腺淋巴瘤	(505)
一、电离辐射诱发实验性胸腺淋巴瘤	(506)
二、电离辐射诱发实验性胸腺淋巴瘤的机制	(506)
三、对电离辐射诱发胸腺淋巴瘤的干预作用	(508)
第七节 低剂量辐射致癌效应	(510)
一、低水平辐射致癌效应的阈值问题	(510)
二、低剂量辐射抑癌效应	(510)
参考文献	(512)
第二十章 电离辐射致遗传效应	(516)
第一节 遗传、变异及遗传物质突变	(516)
一、遗传现象与遗传学发展	(516)
二、遗传与变异	(516)
三、遗传物质及其突变	(517)

四、生殖是遗传物质传递的基础	(519)
第二节 对电离辐射遗传效应的认识和调查	(520)
一、对电离辐射遗传效应的认识	(520)
二、人类辐射遗传学调查	(521)
第三节 电离辐射的遗传效应及其危险估计	(524)
一、电离辐射诱发多因素疾病	(524)
二、实验动物辐射遗传性效应及其影响因素	(526)
三、电离辐射的遗传危险估计	(529)
第四节 引发电离辐射遗传效应的生殖反应	(531)
一、电离辐射的雄性生殖反应	(531)
二、电离辐射的雌性生殖反应	(533)
第五节 表观遗传学及其电离辐射效应	(534)
一、表观遗传学	(535)
二、表观遗传学的电离辐射效应	(539)
参考文献	(542)
索引	(545)

结构和功能,使研究进入了细胞生物学阶段。20 世纪 50 年代,英国科学家 Watson 和 Crick 发现的 DNA 双螺旋结构(double helix structure),随后提出的遗传信息传递生物的中心法则(central dogma),是细胞生物学向分子水平发展的一个里程碑。

在 20 世纪 60 年代以来,细胞生物学(cell biology, cytobiology)研究取得了令人瞩目的发展。例如,对膜系统(质膜、线粒体膜)、核糖体、细胞骨架及染色体微细结构和功能等的探索取得了突出的成就,在细胞基因组结构、基因表达和蛋白质合成方面也取得了重大的进展。

二、细胞生物学的研究内容

除了病毒和类病毒,细胞是生命机体的最基本单位。所有的细胞能够通过 DNA 储存和复制遗传信息,并转录给 RNA,再翻译为蛋白质。并且,具有自我调节和生存的能力,以及与外环境进行物质、能量和信息交换的完整体系;体现了一切生命现象,即生长、发育、增殖、分化、遗传、变异、代谢、应激、运动、衰老和死亡等。

随着科学的进步,已从传统的细胞学发展为细胞生物学。细胞生物学是一门研究生命现象的重要基础学科,从分子、亚细胞、细胞和细胞社会的不同水平,动态和系统地阐述生命这一基本单位的特性。现代细胞生物学又有了新的内涵,即从细胞的不同结构层次及细胞间相互关系探讨细胞生命活动的基本规律,并相继衍生了细胞遗传学(cytogenetics)、细胞生理学(cytophysiology)、细胞化学(cytochemistry)、细胞社会学(cellular sociology)、细胞形态学(cytomorphology)和分子细胞学(molecular cytology)。

由于多学科的相互渗透,促进了细胞生物学的迅速发展。值得注意的是,生物分子(尤其是核酸和蛋白生物大分子)和细胞的关系是从属关系,分子生物学主要阐述基因和重要的生物大分子的结构和功能,而细胞生物学集中阐述基因表达后生物大分子的修饰、改造、细胞成分的组装和细胞内外信息的整合、分析和传递等。当前,细胞生物学主要探讨的内容包括细胞周期调控、细胞增殖与细胞分化的规律、染色体结构与功能、细胞骨架和核基质对核酸代谢的调控、细胞质膜的结构与功能、胞内蛋白质的分选和运输、细胞因子和细胞功能的关系、细胞外基质和细胞间信号联系、细胞结构体系的组装与去组装、细胞信号转导、细胞间相互识别和通讯、细胞迁移、肿瘤发生、干细胞特性、细胞社会学、细胞与组织工程、细胞的衰老和死亡及受精与生殖等^[1-3]。

第二节 放射生物学发展与前瞻

一、放射生物学及其发展

(一)放射生物学

放射生物学(radiation biology, radiobiology)是研究电离辐射对生命系统作用规律的科学,所涉及的电离辐射是一种特殊的重要物理因素,以其不同的辐射种类、剂量和剂量率及

作用方式等,作用于整个机体、器官、组织、细胞和分子水平,产生生物学效应,导致其不同程度的变化。放射生物学这门学科阐明其这些变化的规律、相互影响及其机制,以及内外环境相互作用的结果,从中得出一套完整的放射生物学基本原理和理论基础。

(二)放射生物学的发展

在社会实践中,随着核能的发展和核技术的广泛应用,人们在生产、生活和科学研究活动中与辐射接触的机会日益增多。这些人类活动都涉及电离辐射对人体的作用。为了在有效运用核能和放射性技术,以增进人类福祉的同时,保护人群免受电离辐射的危害,相关的学术界和政府需要制定相应的辐射防护标准,确立放射工作人员和一般人群可以接受的各种限值,这些问题的解决是基于放射生物学的基本原理和理论基础。

放射生物学的产生和发展伴随着整个人类的进化史,尤其是X射线发现以来的发展史。人类生存在宇宙中,生活在地球上,一直受到来自空间和地下的天然放射性作用,自然地引发放射生物学现象。在X射线发现后,特别是20世纪40年代后,人类受到人工电离辐射的机会越来越多。因此,电离辐射对机体产生的生物效应引起了人们的极大关注,并进行了系统、全方位的研究,逐渐确立了放射生物学这门学科。在X射线发现的第2年(1896),就有关于电离辐射生物效应的报道,即电离辐射作用可致脱发;并根据这种观察,将X射线应用于治疗良性发痣(Freund,1897)。1903年,Bergonié和Tribondéau发现了重要的电离辐射生物效应,他们应用大鼠睾丸实验,提出了关于细胞放射敏感性学说,即分化差的细胞比高度分化的细胞对辐射敏感,增殖的组织比非增殖的组织敏感。以后,放射生物学理论和实践得到了深入的发展,Dessaur(1922)提出了靶学说,Lea(1930)制定了细菌的辐射剂量-存活曲线,Crabtree和Cramer(1933)提出了氧对肿瘤的辐射敏感性效应,Zirke(1940)提出了传能线密度(lineal energy transfer,LET)概念,Gray(1952)定量测定了氧增强比,Hall和Bedford(1962)证明了体外细胞的剂量率效应,Phillips和Tolmach(1966)证实了哺乳动物细胞具有潜在致死性损伤修复现象,Casarett(1968)分类了组织放射敏感性,Fowler和Douglas(1976)导出了分次照射线性平方参数,Luckey(1980)提出了低水平辐射兴奋效应的概念,Schull、Otake和Neel(1981)评价了人的辐射遗传效应,Olivieri(1984)报道了低剂量辐射诱导细胞遗传学适应性反应(adaptive response),Nagasawa和Little(1992)提出了电离辐射旁效应现象。近些年来,对电离辐射引发的径迹结构、集簇损伤,辐射致突变、辐射致癌和辐射致遗传效应,以及基因组不稳定性、适应性反应和旁效应的非靶学说等方面有了更深入的探讨和认识。

由于核物理学、细胞生物学和分子生物学等学科的进展,推动了放射生物学的发展。放射生物学是放射医学(radiation medicine)一门重要的基础学科,而放射医学又是医学的一个分支。因此,放射生物学的发展,又为放射医学、放射治疗学和核医学等科学奠定了坚实的基础。

二、尚待解决的放射生物学问题

尽管对放射生物学的研究经过了一个世纪的努力,获得了大量的资料,提出了许多理论和假说,奠定了坚实的放射生物学基础,但是还有许多问题迫切需要揭示、阐明和解决。目