

高等教育教材

放射医学

Laboratory Course for Radiation Medicine

龚守良 主编

实验教程



原子能出版社

第 1 版 (1990 年)

放射医学

Department of Radiology, School of Medicine, Peking University

1990 年 1 月

实验教程

第 1 版 (1990 年)

高等教育教材

放射医学实验教程

Laboratory Course for Radiation Medicine

主 编 龚守良

副主编 (按姓氏笔画排序)

石 磊 刘丽波 刘晓冬
陈大伟 金顺子

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

放射医学实验教程/龚守良主编. —北京:原子能出版社,2009.2
ISBN 978-7-5022-4459-0

I. 放… II. 龚… III. 放射医学—实验—高等学校—教材 IV. R81-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 019156 号

内 容 简 介

为适应 21 世纪高等医学教育改革和发展的需要,根据国家教育部“十一五”教材计划,编写了这部《放射医学实验教程》,作为全国放射医学专业本科生教材。全书共 7 章,主要包括核辐射物理学、辐射剂量学、放射卫生学、放射化学、放射生物学、辐射细胞遗传学、放射毒理学和放射损伤临床学等学科的实验技术和方法等内容。同时,书后附有与放射医学实验课相关的重要计量单位、数据、重要仪器操作方法和技术等内容。

本书为高等院校放射医学专业教材,亦可供从事放射医学与卫生防护工作人员及有关医学、卫生专业工作者和研究生参考使用。

放射医学实验教程

出版发行	原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号)	邮编:100048)
责任编辑	肖 萍	
责任校对	徐淑惠	
责任印制	丁怀兰 刘芳燕	
印 刷	保定市中画美凯印刷有限公司	
经 销	全国新华书店	
开 本	787 mm×1092 mm	1/16
字 数	576 千字	
印 张	23.125	
版 次	2009 年 2 月第 1 版	2009 年 2 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5022-4459-0	
定 价	48.00 元	

《放射医学实验教程》编委会

主 编 龚守良

副主编 (按姓氏笔画排序)

石 磊 刘丽波 刘晓冬 陈大伟 金顺子

编 者 (按姓氏笔画排序)

于 雷	马淑梅	王 彬	王 韶	王志成
王珍琦	石 磊	朴春姬	吕 喆	吕 焱
刘 扬	刘丽波	刘洪阳	刘晓冬	刘晓梅
刘淑春	孙世龙	孙丽光	孙晓玲	杨晓光
杨湘山	李鹏武	张 萱	张海英	陈大伟
金顺子	赵 力	赵 刚	贺 强	龚守良
梁 硕	程 舸	鞠桂芝		

前 言

近年来,随着高等教育的迅猛发展,本科生的实验教学越来越受到高度的重视。但是,多年来放射医学专业本科生实验课教材尚无一本是正式出版的,而是以所属相关各科自编学校内部使用的不规范且零散的讲义进行讲授。因此,给专业实验教学带来许多不便,在教学中出现了一些困难的局面。为摆脱这一困境,我们组织编写了《放射医学实验教程》一书,以便使本科生能系统掌握专业实验教学内容,提高他们的实践能力及加深对所学专业理论知识的理解。

本教材为适应 21 世纪本科生教育改革和发展以及放射医学领域的实际需要而编写的,可作为全国放射医学专业本科生教材,其主要特色有:本教材反映了放射医学专业开设实验课所需的教学内容,有利于本科生较全面、系统地了解这一领域的实验技术和方法,适用于医学院校和医学研究单位放射医学与防护人才的需求;有机地将放射医学专业所属各学科的实验方法和技术联系在一起,理论联系实际,以加深对所学基础理论知识的理解;所涉及的实验技术先进、方法新颖,由有经验的教师编写,并经反复实践和应用,在教学或科研中取得了满意的效果;全书文字力求叙述简明扼要,图表规范,结构严谨,逻辑性强。

全书共 7 章,主要包括给放射医学专业本科生开设的核辐射物理学、辐射剂量学、放射卫生学、放射化学、放射生物学、辐射细胞遗传学、放射毒理学和放射损伤临床学等学科的实验技术和方法等内容。同时,书后附有与实验课相关的重要计量单位、数据、重要仪器操作方法和技术等内容。

本书能够得以顺利出版,特别感谢每位编写者,他们认真求实、

鼎力相助和团结合作,为本书的编写付出了大量的心血和智慧;感谢王珍琦博士、王志成和刘扬两位在读博士生在编写后期所做的工作;感谢吉林大学公共卫生学院和放射医学系对本书的编写所给予的热情鼓励和大力支持。但由于编写时间较为仓促,编写专业实验教材的经验不足,书中的缺点和疏漏之处在所难免,恳请读者批评、指正。

主编 龚守良

二〇〇八年九月

目 录

前 言

第一章 核辐射物理学与辐射剂量学	(1)
第一节 核辐射及其探测原理	(1)
一、核辐射的基本特性	(1)
二、带电粒子与物质的相互作用	(1)
三、X(γ)射线与物质的相互作用	(2)
第二节 核辐射测量方法	(2)
一、放射性测量中的几个概念	(2)
二、低水平放射性测量	(3)
第三节 放射性活度测量	(8)
一、放射性活度及其测量影响因素	(8)
二、中子的探测方法	(13)
第四节 辐射能量的测量	(15)
一、 α 能谱的测量和 β 最大能量的测量	(15)
二、 γ 能谱的测量	(18)
第五节 辐射剂量测量	(21)
一、辐射剂量测量方法	(21)
二、工作场所的监测	(23)
三、个人监测	(24)
第六节 实验操作和测量方法	(25)
一、定标器的使用及G-M计数管坪曲线的测定	(25)
二、 α 闪烁探测器的使用	(27)
三、多道 γ 能谱分析	(28)
四、半导体 α 谱仪的原理和使用	(30)
五、热释光剂量仪的原理和使用	(32)
六、临床治疗剂量空间分布的测量与调整	(34)
七、深部X射线治疗机百分深度剂量和组织空气比的测定	(35)
八、深部X射线治疗机射野平坦度、半影和离轴比的测量	(36)
参考文献	(38)
第二章 放射卫生学	(39)
第一节 放射卫生学研究的实验内容及意义	(39)

第二节 放射防护中常用的辐射防护仪器标定与使用	(40)
一、实验目的	(40)
二、实验内容	(40)
第三节 氡浓度的测量	(42)
一、活性炭吸附法测定大气中氡浓度	(42)
二、氡短寿命子体 α 潜能的测定(马尔科夫快速测定法)	(43)
附 件	(45)
一、吸附效率和解析效率的确定	(45)
二、仪器标定	(46)
三、FD-125 型室内氡钍分析器使用说明	(46)
第四节 医用 X 射线机辐射防护调查及评价	(50)
一、医用射线装置辐射防护评价	(50)
二、加速器辐射防护评价	(51)
三、放射性同位素生产和应用辐射防护评价	(52)
参考文献	(53)
 第三章 放射化学	(54)
第一节 放射化学实验基础	(54)
一、放射化学实验的基本特点	(54)
二、低浓度放射性溶液在实验中出现的某些特殊问题	(55)
第二节 放射化学实验的基本知识和操作	(56)
一、放射化学实验的基本知识	(56)
二、放射化学实验的基本操作	(58)
第三节 放射化学实验的分离方法	(59)
一、共沉淀法	(59)
二、溶剂萃取法	(60)
三、离子交换法	(60)
四、色谱分离法	(62)
第四节 水中镭的 α 放射性活度的测定	(63)
一、实验目的	(63)
二、基本原理	(63)
三、实验材料	(64)
四、操作步骤	(64)
五、结果处理与讨论题	(65)
第五节 三辛基氧化磷(TOPO)萃取分离分光光度法测定水中微量铀	(65)
一、实验目的	(65)
二、基本原理	(65)
三、实验材料	(66)
四、操作步骤	(66)

五、结果处理与讨论题·····	(66)
第六节 应用阴离子交换法测定水中 ⁶⁵ Zn ·····	(67)
一、实验目的·····	(67)
二、基本原理·····	(67)
三、实验材料·····	(67)
四、操作步骤·····	(67)
五、结果处理与讨论题·····	(68)
第七节 饮用天然矿泉水中总 α 放射性的测定 ·····	(68)
一、实验目的·····	(68)
二、基本原理·····	(68)
三、实验材料·····	(68)
四、操作步骤·····	(69)
五、结果处理与讨论题·····	(69)
第八节 饮用天然矿泉水中总 β 放射性的测定 ·····	(70)
一、实验目的·····	(70)
二、基本原理·····	(70)
三、实验材料·····	(70)
四、操作步骤·····	(70)
五、结果处理与讨论题·····	(71)
第九节 无机离子交换吸附分离 β 计数法测定水中 ¹³⁷ Cs ·····	(71)
一、实验目的·····	(71)
二、基本原理·····	(71)
三、实验材料·····	(72)
四、操作步骤·····	(72)
五、结果处理与讨论题·····	(72)
第十节 ⁹⁹ Tc ^m -葡庚糖酸盐的直接标记方法 ·····	(73)
一、实验目的·····	(73)
二、基本原理·····	(73)
三、实验材料·····	(74)
四、操作步骤·····	(75)
五、结果处理与讨论题·····	(75)
第十一节 小鼠体内放射性药物分布实验 ·····	(75)
一、实验目的·····	(75)
二、基本原理·····	(75)
三、实验材料·····	(76)
四、操作步骤·····	(76)
五、结果处理与讨论题·····	(77)
第十二节 放射免疫分析 ·····	(78)
一、放射免疫分析的基本原理·····	(79)

二、抗原和标准品	(79)
三、抗血清的制备和鉴定	(81)
四、抗原的标记	(84)
五、加样程序及分离技术	(86)
六、标准曲线、Scatchard 作图及 K 值	(88)
七、放射免疫分析中的质量控制	(91)
八、放射免疫分析的有关问题	(93)
九、非放射免疫分析	(95)
十、某些激素的放射免疫分析	(97)
十一、竞争性蛋白质结合分析——环磷酸腺苷蛋白质结合测定	(98)
十二、放射受体分析——脾细胞糖皮质激素受体分析	(100)
参考文献	(102)

第四章 放射生物学 (104)

第一节 放射生物学实验基本知识 (104)

一、放射生物学与电离辐射生物效应	(104)
二、放射生物学的实验研究	(105)
三、实验动物的选择	(106)
四、实验动物的基本方法	(107)

第二节 常规实验的基本操作技术 (111)

一、实验目的	(111)
二、实验材料	(111)
三、操作步骤	(111)
四、结果处理与讨论题	(112)

第三节 实验性急性放射损伤——小鼠 $LD_{50/15}$ 的测定 (112)

一、实验目的	(112)
二、基本原理	(112)
三、照射条件和注意事项	(113)
四、操作步骤	(113)
五、结果处理与讨论题	(115)

第四节 细胞剂量存活曲线的测定 (115)

一、实验目的	(115)
二、小鼠骨髓多能造血干细胞剂量存活曲线	(115)
三、小鼠肠腺剂量存活曲线	(117)

第五节 电离辐射对胸腺细胞凋亡和细胞周期进程的影响 (120)

一、实验目的	(120)
二、基本原理	(120)
三、实验材料	(121)
四、操作步骤	(121)

五、结果处理与讨论题	(121)
第六节 电离辐射引起 DNA 链断裂的测定	(122)
一、实验目的	(122)
二、基本原理	(122)
三、实验材料	(122)
四、操作步骤	(123)
五、结果处理与讨论题	(124)
第七节 DNA 修复酶对电离辐射所致 DNA 损伤修复的作用	(124)
一、实验目的	(124)
二、基本原理	(125)
三、实验材料	(125)
四、操作步骤	(126)
五、结果处理与讨论题	(126)
第八节 电离辐射对小鼠胸腺细胞 p16 基因表达的影响	(127)
一、实验目的	(127)
二、基本原理	(127)
三、实验材料	(128)
四、操作步骤	(128)
五、结果处理与讨论题	(130)
第九节 小鼠骨髓多能造血干细胞辐射敏感性的测定	(130)
一、实验目的	(130)
二、基本原理	(131)
三、实验材料	(131)
四、操作步骤	(132)
五、结果处理与讨论题	(132)
第十节 急性放射损伤时外周血细胞数的变化	(133)
一、实验目的	(133)
二、基本原理	(133)
三、实验材料	(133)
四、操作步骤	(134)
五、结果处理与讨论题	(135)
第十一节 电离辐射对小鼠胸腺细胞增殖能力的影响	(136)
一、实验目的	(136)
二、基本原理	(136)
三、实验材料	(136)
四、操作步骤	(136)
五、结果处理与讨论题	(137)
第十二节 电离辐射对家兔抗体形成的影响	(138)
一、实验目的	(138)

二、基本原理	(138)
三、实验材料	(138)
四、操作步骤	(138)
五、结果处理与讨论题	(139)
第十三节 电离辐射对巨噬细胞吞噬消化能力的影响	(140)
一、实验目的	(140)
二、基本原理	(140)
三、实验材料	(140)
四、操作步骤	(140)
五、结果处理与讨论题	(141)
第十四节 电离辐射对小鼠脾细胞丝裂原刺激反应的影响	(141)
一、实验目的	(141)
二、基本原理	(141)
三、实验材料	(142)
四、操作步骤	(142)
五、结果处理与讨论题	(143)
第十五节 电离辐射对淋巴细胞转化(形态法)的影响	(143)
一、实验目的	(143)
二、基本原理	(143)
三、实验材料	(144)
四、操作步骤	(144)
五、结果处理与讨论题	(145)
第十六节 电离辐射对 E 玫瑰花环形成的影响	(146)
一、实验目的	(146)
二、基本原理	(146)
三、实验材料	(146)
四、操作步骤	(146)
五、结果处理与讨论题	(147)
第十七节 电离辐射对垂体促滤泡激素合成和分泌功能的影响	(148)
一、实验目的	(148)
二、基本原理	(148)
三、实验材料	(148)
四、操作步骤	(149)
五、结果处理与讨论题	(149)
第十八节 电离辐射对肾上腺皮质功能的影响	(150)
一、实验目的	(150)
二、基本原理	(150)
三、实验材料	(151)
四、操作步骤	(151)

五、结果处理与讨论题	(152)
第十九节 电离辐射对睾丸间质细胞功能的影响	(153)
一、实验目的	(153)
二、基本原理	(153)
三、实验材料	(154)
四、操作步骤	(154)
五、结果处理与讨论题	(154)
第二十节 电离辐射对细胞克隆形成的影响	(155)
一、实验目的	(155)
二、基本原理	(155)
三、实验材料	(155)
四、操作步骤	(155)
五、结果处理与讨论题	(156)
第二十一节 电离辐射对小鼠组织超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量的影响	(157)
一、实验目的	(157)
二、基本原理	(157)
三、实验材料	(157)
四、操作步骤	(158)
五、结果处理与讨论题	(160)
第二十二节 组织细胞培养技术	(160)
一、组织细胞培养的基本概念	(160)
二、组织细胞培养室条件	(163)
三、清洗和消毒	(165)
四、培养用液和培养基	(167)
五、组织细胞培养的基本操作技术	(170)
第二十三节 流式细胞术的基本原理和应用	(176)
一、流式细胞仪部件	(176)
二、基本原理	(176)
三、主要特点	(177)
四、应用范围	(177)
五、样品制备	(178)
参考文献	(179)
 第五章 辐射细胞遗传学	 (181)
第一节 辐射细胞遗传学实验基础	(181)
一、淋巴细胞培养方法	(181)
二、确保分析第一次有丝分裂中期细胞的方法	(182)
三、固定时间的选择	(182)
四、染色体制片方法	(182)

五、畸变分析方法	(182)
第二节 X射线照射人离体血淋巴细胞染色体标本的制备	(182)
一、实验目的	(182)
二、基本原理	(182)
三、实验材料	(183)
四、操作步骤	(183)
五、注意事项与讨论题	(184)
第三节 姊妹染色单体差别染色技术	(184)
一、实验目的	(184)
二、基本原理	(184)
三、实验材料	(185)
四、操作步骤	(185)
五、注意事项与讨论题	(186)
第四节 染色体畸变分析	(186)
一、实验目的	(186)
二、基本原理	(187)
三、实验材料	(187)
四、操作步骤	(187)
五、注意事项与讨论题	(187)
第五节 辐射剂量效应关系	(188)
一、实验目的	(188)
二、实验材料	(188)
三、操作步骤	(188)
四、注意事项与讨论题	(189)
附件 各数学模型的计算	(189)
一、直线拟合	(189)
二、幂指数曲线拟合	(190)
三、二次多项式曲线拟合	(190)
四、剩余方差一般用代入法计算	(191)
第六节 生物剂量估算及受照均匀性评价	(191)
一、实验目的	(191)
二、计算步骤	(191)
三、注意事项与讨论题	(193)
附件 染色体畸变分析估计生物剂量	(193)
附录 A 剂量估计中的实例(补充件)	(197)
附录 B 染色体畸变的分类(参考件)	(199)
第七节 正常人染色体显带技术	(201)
一、实验目的	(201)
二、基本原理	(201)

三、实验材料	(201)
四、操作步骤	(201)
五、注意事项与讨论题	(204)
第八节 人外周血淋巴细胞微核的制备	(205)
一、实验目的	(205)
二、基本原理	(205)
三、实验方法	(205)
四、注意事项与讨论题	(207)
附件 淋巴细胞微核估算受照剂量方法	(208)
附录 A 正确使用本标准的说明(提示的附录)	(210)
第九节 多核细胞法检测人外周血淋巴细胞 HPRT 基因位点突变	(211)
一、实验目的	(211)
二、基本原理	(212)
三、实验材料	(212)
四、操作步骤	(212)
五、结果处理与讨论题	(213)
第十节 哺乳动物染色体标本制备方法	(213)
一、家兔外周血染色体标本制备	(213)
二、小鼠骨髓细胞染色体标本制备	(215)
三、小鼠骨髓嗜多染红细胞微核实验	(216)
四、雄性小鼠生殖细胞染色体标本制备	(217)
五、雌性小鼠生殖细胞染色体标本制备	(220)
附件 小鼠染色体畸变类型分析	(221)
一、体细胞染色体畸变	(221)
二、生殖细胞染色体畸变类型	(223)
第十一节 电离辐射致精子畸形实验	(224)
一、实验目的	(224)
二、基本原理	(224)
三、实验材料	(225)
四、操作步骤	(225)
五、注意事项与讨论题	(225)
第十二节 电离辐射致畸的大鼠胎仔检查方法	(226)
一、实验目的	(226)
二、基本原理	(226)
三、实验材料	(226)
四、操作步骤	(227)
五、注意事项与讨论题	(229)
第十三节 ^{32}P 内照射诱发染色体畸变	(230)
一、实验目的	(230)

二、基本原理	(230)
三、实验材料	(230)
四、操作步骤	(230)
五、结果处理与讨论题	(231)
第十四节 ^{32}P 所致外周血淋巴细胞微核	(232)
一、实验目的	(232)
二、基本原理	(232)
三、实验材料	(232)
四、操作步骤	(232)
五、结果处理与讨论题	(233)
第十五节 ^{32}P 所致骨髓细胞微核	(233)
一、实验目的	(233)
二、基本原理	(233)
三、实验材料	(233)
四、操作步骤	(234)
五、结果处理与讨论题	(234)
参考文献	(235)
第六章 放射毒理学	(236)
第一节 放射毒理学实验基础	(236)
一、放射毒理学概述	(236)
二、放射毒理学实验设计的选择	(236)
三、毒理学实验设计的统计学原则	(237)
四、放射毒理学实验要求及注意事项	(237)
第二节 放射毒理学的基本研究方法	(238)
一、液体闪烁测量方法	(238)
二、放射自显影方法	(238)
三、致突变、致畸和致癌的实验方法	(239)
四、比较放射毒理学方法	(240)
第三节 放射性核素溶液的配制	(240)
一、实验目的	(240)
二、基本原理	(240)
三、实验材料	(240)
四、操作步骤	(241)
第四节 ^{89}Sr 、 ^{147}Pm 和 ^{134}Cs 在小鼠体内的分布	(242)
一、实验目的	(242)
二、基本原理	(242)
三、实验材料	(243)
四、操作步骤	(243)