

核医学与放射防护

主编 李少林



 人民卫生出版社

核医学与放射防护

主 编 李 少 林

副主编 张 永 学

编 者(以姓氏汉语拼音字头为序)

安 锐(华中科技大学同济医学院)	陈绍亮(复旦大学中山医院)
黄家君(重庆医科大学)	蒋宁一(中山医科大学)
匡安仁(四川大学华西医院)	李少林(重庆医科大学)
李 兵(重庆医科大学)	李建国(重庆医科大学)
李思进(山西医科大学)	李晓愚(重庆医科大学)
李亚明(中国医科大学)	梁柱俊(重庆医科大学)
罗 加(重庆医科大学)	庞 华(重庆医科大学)
任庆兰(重庆医科大学)	孙 军(重庆市疾病预防控制中心)
谢 娟(贵州省人民医院)	王 颖(重庆肿瘤医院)
汪 静(第四军医大学)	吴永忠(重庆医科大学)
杨东升(重庆市疾病预防控制中心)	张永学(华中科技大学同济医学院)

编写秘书 刘方欣 董孟杰 黄 晶

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

核医学与放射防护/李少林主编. - 北京:
人民卫生出版社, 2003
ISBN 7-117-05386-0

I. 核… II. 李… III. ①原子医学②放射性
物质-辐射防护 IV. ①R81②R142

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 007917 号

核医学与放射防护

主 编: 李 少 林
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)
地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼
网 址: <http://www.pmph.com>
E-mail: pmph@pmph.com
印 刷: 三河市潮河印业有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.5
字 数: 548 千字
版 次: 2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 7-117-05386-0/R·5387
定 价: 42.00 元

版权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

前 言

为什么要读这本书？当学生要学习影像学和其他放射学课程，当我们跨出校门，走上核医学和其他放射学工作岗位，当工业企业的工作人员要从事放射性工作，当病人要接受放射性诊断检查或放射治疗，首先会想到放射线究竟对人有多大害处，人会受到哪些射线照射，放射线怎样作用于人体组织，放射线为什么在各行各业又能得到如此广泛的应用，核医学诊断、治疗有什么特点、优势，怎样才能认识放射线，怎样防护放射线，怎样才能趋利避害，让射线更好地为人类服务。本书比较系统、全面地阐明这些问题。

为什么要写这本书呢？在长期的核医学和其他放射性工作实践中，会遇到这样那样的关于放射性工作的管理和防护的问题，也会遇到上述各行各业的人员来咨询有关放射防护的问题。在很多医药院校已设立预防医学系、影像系及放射医学系等，“放射防护”成为这些系科的主要专业课程之一，在我们长期的教学实践中，苦于没有一本系统的、适合教学的“放射防护”教材或图书。因此我们积多年教学之经验，组织了全国各主要院校的专业人员，编写了这本书。

这本书的特色是什么呢？①本书编写人员是长期工作在临床、教学和卫生管理第一线的中、青年专家，能根据实际工作需要及学科发展编写，并参考了国内外有关教科书及专著、法规。故本书具有先进性、适用性，能反映学科进展。②本书多数作者均刚参加过七年制临床医学专业《核医学》教材的编写工作，有编写该书的经验及体会，将使本书会更完美。③将核医学基本理论、临床实践与防护知识结合在一起，更能增加对防护原则和措施的理解和核医学诊断、治疗的正确应用。④本书首次在放射防护中增加了B型超声波对人体的影响及防护内容。

本书的读者对象是：①高等医药院校医学影像系、预防医学系及放射医学系等开设的核医学及放射防护专业可合用本书，其他专业也可选用。②医学放射学、核医学及其他各行各业放射工作人员的参考书。③各科临床医生了解核医学影像学及放射防护知识用参考书。④可作为放射卫生管理部门培训放射性工作人员用教材。

最后希望大家对本书提出宝贵意见，在使用过程中发现问题请予以指正，以便再版时更正。

李 少 林

2002 年 12 月

目 录

第一篇 基 础

第一章 射线与物质相互作用	1
第一节 原子结构	1
第二节 核的稳定性和放射性衰变	1
一、原子核的稳定性	1
二、衰变类型	2
三、衰变规律	3
第三节 射线与物质的相互作用	4
一、带电粒子与物质的相互作用	4
二、 γ 射线与物质的相互作用	4
第二章 放射性测量与核医学仪器	6
第一节 放射性探测原理	6
一、放射性探测的基本过程及分类	6
二、晶体闪烁探测器	6
三、电离探测器	7
四、其他探测器	7
五、放射性探测仪器的电子学线路	7
六、短半衰期核素测量结果的校正	8
七、放射性测量结果的统计学处理	8
第二节 液体闪烁测量	9
一、液体闪烁测量的特点	9
二、闪烁液的组成及作用	9
三、淬灭和淬灭校正	9
四、测量方式和样品制备	10
五、特殊测量方法	11
第三节 γ 、 β 射线的测量及防护仪器	12
一、 γ 射线和 β 射线的测量	12
二、活度计	13
三、污染与剂量监测仪	13
第四节 核医学显像仪器—— γ -照相机	14

一、显像发展的历史	14
二、 γ 照相机	15
第五节 发射型计算机断层	16
一、发射型计算机断层的特点	16
二、SPECT 数据采集	16
三、SPECT 显像的质量控制	17
四、正电子发射断层显像	18
五、正电子发射核素的 SPECT 显像	18
六、定量 SPECT 显像技术	19
七、SPECT 与 PET	19
第六节 脏器功能测定仪	20
第七节 图像融合技术和图像融合联机	21
第三章 放射性药物	22
第一节 基本概念	22
第二节 诊断用放射性药物	22
一、放射性核素选择	22
二、放射性药物的生物学特性	23
第三节 治疗用放射性药物	23
第四节 PET 放射性药物	24
第五节 医用放射性核素的来源	24
第六节 放射性药物的质量控制	25
一、放射性核素纯度	25
二、放射化学纯度	26
三、化学纯度	26
第四章 体外分析技术	27
第一节 放射免疫分析的基本原理	27
第二节 放射免疫分析基本试剂的制备	28
一、抗体	28
二、标记抗原	28
三、标准品的要求和其它定量分析方法相同	28
第三节 分离方法和数据处理	28
一、分离方法	28
二、数据处理	29
第四节 质量控制	29
一、质量控制的目的	29
二、放射免疫分析误差	30
三、质量控制的指标	30

第五节 免疫放射分析法	31
第六节 非放射性标记免疫分析技术	31
一、酶标记免疫分析技术	31
二、化学发光免疫分析技术	32
三、时间分辨荧光免疫分析技术	32

第二篇 核医学临床

第五章 内分泌系统	35
第一节 甲状腺功能检查	35
一、血清甲状腺激素的测定	35
二、促甲状腺激素的测定	36
三、甲状腺球蛋白抗体及甲状腺微粒抗体的测定	36
四、甲状腺吸碘试验	36
五、甲状腺激素抑制试验	37
六、促甲状腺激素 (TSH) 兴奋试验	38
七、过氯酸钾释放试验	38
八、促甲状腺激素释放激素兴奋试验	39
九、甲状腺功能测定的综合评价和临床应用选择	40
第二节 甲状腺显像	41
一、原理	41
二、显像剂	41
三、方法	41
四、正常甲状腺影像	41
五、临床应用	41
第三节 甲状旁腺显像	45
一、解剖和生理	45
二、显像剂	45
三、方法	45
四、临床应用	45
第四节 肾上腺皮质显像	46
一、原理	46
二、显像剂	46
三、方法	46
四、图像分析	47
五、临床应用	47
第五节 嗜铬细胞瘤显像	47
一、原理及方法	48
二、嗜铬细胞瘤显像	48

第六章 心血管系统	49
第一节 心肌灌注显像	49
一、基本原理	49
二、显像剂	50
三、显像方法	51
四、适应证	52
五、图像分析	52
六、临床应用	56
第二节 心肌代谢显像	60
一、葡萄糖代谢显像	60
二、心肌脂肪酸代谢显像	62
三、有氧代谢显像	63
第三节 心肌细胞活性检测	63
一、存活心肌的认识	63
二、心肌灌注显像法	64
三、心肌葡萄糖代谢显像估计心肌存活	65
第四节 放射性核素心脏功能显像	66
一、平衡门电路法心血池显像	66
二、首次通过心血池显像	70
三、非显像法测定心室功能	71
四、临床应用	71
第五节 心脏负荷试验	73
一、运动负荷试验	73
二、药物负荷试验	74
第六节 心肌梗死显像与乏氧显像	76
第七节 心脏大血管动态显像和静脉血栓探测	79
一、放射性核素心血管动态显像	79
二、大动脉显像	81
三、下肢静脉显像与深静脉血栓探测	83
第七章 脑显像	85
第一节 脑灌注显像	85
一、原理	85
二、显像剂	85
三、显像方法	87
四、正常影像	88
五、半定量分析技术	89
六、局部脑血流量的定量分析	89
七、异常影像	89

八、临床应用	90
第二节 放射性核素脑灌注显像介入试验	94
一、脑显像介入试验的基础	94
二、脑血流灌注显像介入试验的基本原理和分类	96
三、脑显像介入试验的必备条件	97
四、脑灌注显像介入试验的具体方法	101
五、脑灌注显像介入试验的临床意义	104
第三节 PET 脑代谢显像	106
一、脑组织葡萄糖和氧的供应	106
二、脑葡萄糖代谢显像	106
三、脑氧代谢显像	111
第四节 脑受体显像	113
一、原理	113
二、显像剂	113
三、显像方法	115
四、脑受体显像的临床应用	116
第五节 血脑屏障功能	117
一、放射性核素脑血管动态显像	117
二、脑静态显像	119
第六节 脑脊液间隙显像	120
一、脑池显像	120
二、脑室显像	121
三、脊髓蛛网膜下腔显像	122
第七节 脑肿瘤显像	122
一、脑肿瘤显像的方法学	122
二、脑肿瘤显像的临床应用	125
第八章 呼吸系统显像	127
第一节 肺灌注显像	127
一、显像原理	127
二、显像方法	127
三、适应证	128
四、正常影像分析	128
五、临床应用	129
第二节 肺通气和吸入显像	133
一、显像原理	133
二、显像方法	133
三、适应证	134
四、正常影像分析	134

五、临床应用	135
第三节 肺肿瘤阳性显像	138
一、 ^{67}Ga 显像	138
二、 ^{201}Tl 显像	139
三、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 显像	140
四、正电子发射计算机断层显像	141
第九章 骨、关节系统	144
第一节 骨显像	144
一、显像原理	144
二、骨显像剂	145
三、适应证	145
四、显像方法	146
五、图像分析	147
六、临床应用	149
第二节 关节显像	154
一、显像原理与显像剂	154
二、适应证	155
三、显像方法	155
四、图像分析	155
五、临床应用	156
第三节 骨密度测定	158
一、基本原理	158
二、常用方法及其原理	159
三、适应证	160
四、临床应用	161
第十章 淋巴系统	164
一、原理	164
二、适应证	164
三、显像剂	164
四、显像方法	165
五、图像分析	165
六、临床应用与评价	166
第十一章 肿瘤显像	168
第一节 放射性核素肿瘤显像基础	168
第二节 ^{67}Ga 亲肿瘤显像	168
一、 ^{67}Ga 显像方法	168

二、 ^{67}Ga 影像分析	169
三、临床应用与评价	169
第三节 ^{201}Tl 肿瘤显像	170
一、原理	170
二、显像剂	170
三、显像方法	171
四、图像分析	171
五、临床应用	171
第四节 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 肿瘤阳性显像	172
一、肿瘤细胞摄取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 的机制	172
二、临床应用	172
第五节 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (V) -DMSA 肿瘤显像	173
一、机制	173
二、方法	173
三、临床应用	173
第六节 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PPM 肿瘤显像	174
第七节 受体显像	175
一、原理	175
二、生长抑素受体显像	175
三、血管活性肠肽受体显像	175
四、受体显像	176
第八节 放射免疫显像	177
一、显像原理	177
二、显像方法	177
三、临床应用及评价	178
第九节 PET 肿瘤显像	180
一、PET 肿瘤显像的基本原理	180
二、PET 肿瘤显像常用方法	180
三、临床应用	182
第十二章 放射性核素治疗	188
第一节 概述	188
一、放射性核素治疗的原理	188
二、放射性药物的摄取和滞留	188
三、选择或评价治疗用放射性核素的主要指标	188
四、常用的治疗用放射性核素	189
五、治疗用放射性药物	190
六、放射毒性的评价	190
七、存在的问题及可能的解决办法	190

八、辐射剂量	191
第二节 甲状腺疾病的放射性核素治疗	193
一、 ^{131}I 治疗 Graves' 病	193
二、 ^{131}I 治疗自主功能性甲状腺结节	199
三、 ^{131}I 治疗非毒性甲状腺肿	200
四、 ^{131}I 治疗分化型甲状腺癌	201
第三节 肿瘤的放射性核素治疗	208
一、骨转移癌的放射性核素治疗	208
二、肾上腺素能肿瘤的 ^{131}I -MIBG 治疗	213
三、肿瘤的放射免疫治疗	217
四、肿瘤的放射性胶体腔内治疗	220
五、肿瘤的放射性核素介入治疗	222
第四节 增生性血液疾病的 ^{32}P 治疗	223
一、真性红细胞增多症的 ^{32}P 治疗	223
二、慢性白血病的 ^{32}P 治疗	225
三、原发性血小板增多症的 ^{32}P 治疗	226
四、其它疾病的 ^{32}P 治疗	227
第五节 皮肤病的放射性核素敷贴治疗	227
第十三章 肝胆显像	230
第一节 放射性核素肝胆动态显像	230
一、显像剂	230
二、显像的方法	230
三、适应证	232
四、正常影像	232
五、临床应用	232
第二节 肝血流灌注和肝血池显像	238
一、概述	238
二、放射性药物	239
三、血池显像剂浓聚机理和药代动力学	239
四、显像技术	239
五、正常影像	240
六、适应证	240
七、临床评价	240
第三节 肝脾胶体显像	241
一、显像原理与显像剂	241
二、显像方法	242
三、临床应用和评价	242
第四节 肝脏肿瘤显像	243

一、“亲”肿瘤放射性核素显像	243
二、标记药物肝肿瘤阳性显像	244
三、肝胆显像剂延迟显像诊断原发性肝癌	244
四、肝肿瘤放射免疫显像	245
五、PET 显像	246
六、与其它显像方法的比较	247
第五节 门静脉高压的评价	247
第十四章 胃肠道	249
第一节 胃肠道出血显像	249
一、显像机理	249
二、方法	249
三、临床应用	251
第二节 异位胃粘膜显像	251
一、机理	251
二、显像方法	251
三、临床应用	251
第三节 胃排空及小肠通过功能测定	252
一、胃排空显像	252
二、小肠通过功能测定	253
第四节 胃食道反流测定	254
一、机理	254
二、显像剂	254
三、检查方法	254
四、临床应用	255
第五节 食道通过功能测定	256
一、原理	256
二、方法	256
三、临床应用	256
第六节 十二指肠胃反流显像	257
一、机理	257
二、方法	257
三、临床应用	257
第七节 ^{14}C -尿素呼气试验	257
一、机理	257
二、方法	258
三、临床应用	258
第八节 唾液腺显像	258
一、机理和方法	258

二、临床应用	259
第十五章 泌尿系统	260
第一节 肾图	260
一、原理	260
二、适应证	260
三、检查方法	260
四、正常肾图及分析指标	260
五、异常肾图及临床意义	262
六、临床价值	262
七、优缺点	263
第二节 介入试验	263
一、利尿肾图	263
二、巯甲丙脯酸试验	264
第三节 肾动态显像	265
一、原理	265
二、适应证	265
三、显像剂	265
四、显像方法	265
五、正常影像	266
六、异常影像及临床意义	266
第四节 肾静态显像	270
一、原理	270
二、显像剂	270
三、适应证	270
四、方法	270
五、正常影像	271
六、异常影像及临床意义	271
第五节 膀胱显像	272
第六节 肾小球滤过率的测定	273
一、原理	273
二、适应证	273
三、方法	273
四、正常影像	273
五、临床价值	274
第七节 肾有效血浆流量测定	274
一、原理	274
二、适应证	274
三、显像剂	274

四、方法	274
五、图像分析与临床价值	275
第八节 阴囊血流及血池显像	275
一、原理	275
二、方法	275
三、正常图像	275
四、异常影像与意义	275
第十六章 炎症显像	277
第一节 放射性核素标记白细胞显像	277
一、基本原理	277
二、显像剂制备	277
三、显像方法	278
四、适应证	278
五、正常影像	278
六、异常影像及其临床价值	279
第二节 ^{67}Ga 枸橼酸盐显像	279
一、基本原理	279
二、显像剂	279
三、显像方法	279
四、适应证	280
五、正常影像	280
六、异常影像及其临床价值	280
第三节 放射性核素标记人非特异性免疫球蛋白 (IgG) 显像	281
一、基本原理	281
二、显像剂	281
三、适应证	281
四、显像方法及正常影像所见	282
五、异常影像及其临床价值	282
第四节 抗人粒细胞单克隆抗体显像	282
一、基本原理	282
二、显像剂	283
三、适应证	283
四、显像方法及正常影像所见	283
五、异常影像及其临床价值	283

第三篇 辐 射 防 护

第十七章 作用于人体的天然和人工放射源	285
----------------------------------	------------

第一节 天然本底辐射	285
第二节 建筑材料成品	286
第三节 磷肥	287
一、监督项目的采样方法	287
二、评价方法	287
第四节 人工辐射	287
一、核爆炸	287
二、医疗照射	288
三、火力发电站	289
四、其它人工辐射	289
第五节 射线装置	289
第十八章 辐射生物效应	291
第一节 辐射剂量单位	291
第二节 辐射生物效应的分类	291
一、急性效应和晚期效应	291
二、确定性效应和随机效应	291
第三节 影响辐射生物效应的因素	292
一、辐射剂量	292
二、分割次数和剂量率	292
三、照射范围	292
四、氧效应和传能线密度	292
五、相对生物效应	293
六、组织的辐射敏感性	293
第四节 放射生物效应的物理和化学基础	294
第五节 低剂量辐射的兴奋效应	295
第六节 辐射对机体组织的损伤	295
第十九章 放射防护的基本原则和措施	298
第一节 放射防护的目的和基本原则	298
一、放射防护的目的	298
二、放射防护的基本原则	300
第二节 剂量限值	301
一、剂量限值的意义	301
二、剂量限值的确定	302
三、适用于其他人员的剂量限值	303
第三节 ICRP 的新建议	304
第四节 外照射防护的一般措施	308
一、外照射防护的基本原则	308

二、 β 放射源的防护	308
三、 γ 放射源的防护	311
四、中子源的防护	313
第五节 内照射防护的一般措施	314
一、内照射防护的基本措施	315
二、使用开放源的安全防护	315
第二十章 放射卫生管理	320
第一节 射线装置的放射卫生管理	320
一、管理依据	320
二、管理内容	320
三、防护安全系统监督	321
四、射线装置工作场所监督	322
第二节 放射性废物处理	322
一、放射性废物的分类	323
二、放射性废物处理的基本原则	323
三、放射性废物处理的指标	324
四、放射性废水的治理方法	324
五、气载放射性废物的治理	326
第三节 放射事故	327
一、异常外照射人员的医学处理	327
二、放射性核素内照射的医学处理	329
第四节 健康监护	333
一、目的	333
二、健康监护规定	333
三、放射性疾病管理	335
四、放射工作人员的保健	337
第二十一章 防护监测	339
第一节 空气中放射性物质的收集与测量	339
一、放射性气溶胶	339
二、放射性气体	342
第二节 水和土壤中放射性物质的收集和测量	347
一、样品收集和处理	347
二、总放射性测量	348
三、部分放射性核素的放射化学测量方法简介	350
第三节 表面污染监测	352
一、表面污染的直接测量法	352
二、表面污染的间接测量法	353