

放射诊断中的 医疗照射防护

RADIOLOGICAL PROTECTION FOR
MEDICAL EXPOSURE IN DIAGNOSTIC AND
INTERVENTIONAL RADIOLOGY

主编◎刘长安 陈肖华



军事医学科学出版社

放射诊断中的医疗照射防护

**RADIOLOGICAL PROTECTION FOR MEDICAL EXPOSURE
IN DIAGNOSTIC AND INTERVENTIONAL RADIOLOGY**

主编 刘长安 陈肖华

军事医学科学出版社

· 北 京 ·

内容简介

本书系统论述了诊断放射学和介入放射学实践中医疗照射防护的基本要求和实用方法,旨在为医疗照射防护责任各方提供实践指南。

主要内容包括:辐射剂量与健康效应;医疗照射的正当性判断;医疗照射防护最优化;诊断参考水平(医疗照射指导水平);涉及电离辐射人体实验的伦理与防护要求;事故性医疗照射的预防与调查;常规X射线检查受检者的辐射防护;孕妇接受X射线检查的特殊辐射防护;儿科放射学的辐射防护;筛查性X射线乳腺摄影的辐射防护;CT检查中的患者辐射防护;牙科放射学中的患者辐射防护;介入放射学中的患者辐射防护。

本书可供临床医师、放射科医师和技师、介入医师、口腔医师、医院管理人员、医学生和医学辐射防护工作者参阅,也可作为专题培训的试用教材。

图书在版编目(CIP)数据

放射诊断中的医疗照射防护/刘长安,陈肖华主编.

-北京:军事医学科学出版社,2014.9

ISBN 978-7-5163-0483-9

I. ①放… II. ①刘… ②陈… III. ①放射诊断-辐射防护
IV. ①R814②R14

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第197137号

策划编辑:李俊卿 杨红

责任编辑:曹继荣

出版:军事医学科学出版社

地址:北京市海淀区太平路27号

邮编:100850

联系电话:发行部:(010)66931049

编辑部:(010)66931039,66931104,66931038

传真:(010)63801284

网址:<http://www.mmsp.cn>

印装:三河市双峰印刷装订有限公司

发行:新华书店

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:13.75

字数:335千字

版次:2014年9月第1版

印次:2014年9月第1次

定价:40.00元

本社图书凡缺、损、倒、脱页者,本社发行部负责调换

《放射诊断中的医疗照射防护》

编委会

主 编 刘长安 陈肖华

副主编 李宝欣 梁 莉 毛军文 刘巧维

编 委 (按姓氏笔画排序)

于 磊 毛军文 朱卫国 刘长安

刘巧维 李小娟 李宝欣 李峰生

张 庆 张 珂 陈尔东 陈肖华

高 玲 梁 莉 董 波 焦 剑

薛 茹 鞠金欣

主 审 尉可道 强永刚 燕树林

序

作为 20 世纪科学技术进步标志之一的核能和核技术的研究成果已广泛地应用于医学领域,取得了巨大的经济效益和社会效益,为人类的健康作出了重大贡献。当人类社会已迈入 21 世纪十多年间,这些研究的新成果进一步应用于医学领域,推动了医学诊断和治疗的深入发展。与此同时,人们进一步认识到,电离辐射的医学应用为人类健康作出重大贡献的同时也对人体产生了有害的影响,为了趋利避害,医用辐射防护逐渐形成了一门交叉学科,它的发展加深了人们对医用电离辐射防护与安全的认识,为电离辐射在医学中的应用提供了有力的安全保障,使两者相互促进,彰善癉恶。

医用电离辐射所涉及的医学领域相当广泛和多样,包括了基本要求、实用方法和受到照射的各类人员。就其所涉及的领域有放射诊断学、介入放射学、核医学和肿瘤放射治疗学;就其包括的基本要求和实用方法有职业照射、医疗照射和公众照射,这些受到照射的人员分别为放射工作人员、患者(包括照顾和抚慰患者的人员和生物医学研究中的志愿者)和任何其他社会公众成员。如上所述,本书仅系统地论述了放射诊断学和介入放射学中的医疗照射中的患者(包括照顾和抚慰患者的人员和生物医学研究中的志愿者)的辐射防护的基本要求和实用方法,而没有包括核医学和肿瘤放射治疗学中辐射防护的相关内容,也没有涉及到放射工作人员职业照射和公众成员照射中的防护问题。因此,作者将本书命名为《放射诊断中的医疗照射防护》,不仅体现了书中全部内容,而且这个名称也是十分恰当的。

本书共分为 13 章,较系统地阐述了各种不同的临床成像检查程序,包括普通 X 射线摄影和透视、CT 扫描、介入放射学程序、乳腺 X 射线摄影和牙科 X 射线摄影中的辐射防护,同时对辐射防护两项基本原则在医疗照射中的具体应用——实践正当性和防护最优化,作了全面深入的描述,介绍了医疗照射中诊断参考水平的概念、目的、应用和具体实例。此外,作者也对医疗照射中特殊群体(如孕妇和儿童)的辐射防护作了重点阐述。

《放射诊断中的医疗照射防护》一书是基于科学文献的综述性专著。作者阅读了国内外大量文献资料,为保持内容的相对完整和方便读者扩展阅读,在每一章结束后列出了参考文献出处。在当今医用 X 射线设备不断更新和一些高科技的应用中,作者收集了一些近期文献,经过融会贯通,加以整理而编写成这本著作,体现了作者的辛勤劳动、认真细致的治学作风。更为可贵的是,作者在书中对我国现行的一些法规和标准中的相关问题提出了建议,为今后修订这些文件提供了很好的思路。至目前为止,在国内尚未见到能如此翔实阐述放射诊断中医疗照射防护的类似专著问世。

该书资料新颖,内容丰富,体现了理论与实际结合、基础与应用结合、全面与重点结合,对于从事临床、教学、科研和防护工作的相关专业人员是一本有参考价值的专著。我相信,这部书的出版对于医用辐射防护与安全知识的普及和提高,将会起到促进作用。

尉迟道

2014年3月27日

前 言

医疗照射是指患者(包括不一定患病的受检者)因自身医学诊断或治疗所受的照射、知情但自愿照料和抚慰患者的人员(不包括施行诊断或治疗的医务人员)所受的照射,以及生物医学研究计划中的志愿者所受的照射。

诊断放射学又称放射诊断学,是使用外部射线束(通常是 X 射线束)来产生用于诊断、排除或评价疾病过程或病理状况的影像的实践。介入放射学是在 X 射线透视或 CT 影像系统引导、定位、监控和记录下,经皮穿刺或通过人体固有孔道将特制的导管或器械插至病变部位,对各种疾病进行侵入性诊断或微创治疗操作的一系列技术。应当强调,患者在介入诊断或介入治疗程序中受到的 X 射线照射均为诊断性医疗照射, X 射线本身并非用于治疗目的,仅仅是作为引导、定位、监控和记录程序实施的一种影像工具。

根据联合国原子辐射影响问题科学委员会(UNSCEAR)2008 年报告,在世界范围内,1997~2007 年调查与 1991~1996 年调查数据相比,诊断放射学程序的年频率及其年集体剂量分别增长了约 50% 和 70%;一些发达国家由诊断放射学所造成的年集体剂量和人均个人剂量首次超过先前剂量贡献最大的辐射源(天然本底辐射)。

根据《中国辐射水平》(原子能出版社,2010),1998 年我国有 2.45 亿人次接受诊断放射学检查,比 1980 年代的 1.6 亿人次增加约 53%,年频率、年集体剂量和人均有效剂量分别增加约 35%、186% 和 139%;CT 检查成为诊断放射学程序所致患者剂量的最大贡献者,是中国医疗照射中最显著的变化。

介入放射学近年来得到日益广泛的应用,程序种类、应用范围、设备数量和诊疗频率都在迅速增长,已成为放射学的一个重要分支;一些接受介入放射学程序的患者出现了放射性皮肤损伤,而儿童或较年轻患者将来罹患癌症的风险也有所增加。作为一种高辐射剂量的医学影像手段,需要高度重视介入放射学程序的正当性判断、防护最优化和患者剂量管理。

医疗照射防护与安全是一个复杂的系统工程,需要监管机构、学术团体、医疗机构和医务工作者各司其职、携手合作并相互制约,应当作为医疗安全和医疗质量管理的一个不可分割的有机组成部分。

本书系统论述了诊断放射学和介入放射学中医疗照射防护的基本要求和实用方法,旨在为医疗照射防护责任各方提供一个初步的指南。核医学和放射治疗程序中的患者辐射防护不属于本书的讨论范围。

全书正文共分13章:辐射剂量与健康效应;医疗照射的正当性判断;医疗照射防护最优化;诊断参考水平(医疗照射指导水平);涉及电离辐射人体实验的伦理与防护要求;事故性医疗照射的预防与调查;常规X射线检查受检者的辐射防护;孕妇接受X射线检查的特殊辐射防护;儿科放射学的辐射防护;筛查性X射线乳腺摄影的辐射防护;X射线计算机断层摄影(CT)检查中的辐射防护;牙科放射学中的患者辐射防护;介入放射学中的患者辐射防护。其中第1章~第6章为总论,第7章~第13章为各论。附录为《放射诊疗管理规定》(卫生部令第46号)。本书可供临床医师、放射科医师和技师、介入诊疗医师、口腔医师、医院管理人员、医学生和医学辐射防护工作者参阅,也可作为相关培训项目的试用教材。

就覆盖内容而言,更为确切的中文书名为《诊断放射学和介入放射学中的医疗照射防护》,对应的英文书名为 *Radiological Protection for Medical Exposure in Diagnostic and Interventional Radiology*。为“简洁”目的,经斟酌选择现有书名。各章均为可独立成篇的科学文献综述或述评,为保持相对完整性和阅读的流畅性,对少数交叉重复的内容未予刻意删减。为方便读者扩展阅读和进一步查证,各章末均列出全部参考文献,其中许多文献可免费在线获取,读者可根据工作需要阅读全书或部分感兴趣的章节。

本书编委会由中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、军事医学科学院放射与辐射医学研究所、北京市卫生监督所、北京大学第三医院、中国人民解放军第二炮兵总医院的辐射防护工作者、卫生监督员和临床医师组成。全书由刘长安研究员和陈肖华研究员共同主编和统稿,其他同仁不同程度参与了编写大纲确定、内容讨论、资料搜集整理和修改定稿工作。

中国疾病预防控制中心尉可道研究员、广州医科大学强永刚教授和北京同仁医院燕树林主任技师耐心细致地审校了全部书稿。尉可道研究员为本书作序。周舜元研究员、白光研究员、何玲主任医师、钱春健工程师、牛延涛博士提出许多中肯的修改意见。孙卓惠研究员和钱春健工程师提供了有关资料。参编人员所在单位有关领导和专家惠予支持鼓励。借此方寸之地,一并致以诚挚的感谢!

念兹在兹的这本小书,从酝酿到成形历时十载,也只能算作一次有益(至少无害)但远非成熟的尝试,不妨称之为“学步集”。借用梁文道先生的几句话,“本书所集,卑之无甚高论,多为常识而已。若觉可怪,是因为此乃一个常识稀缺的时代”。常识也是

不容轻视的。国际放射防护委员会(ICRP)第84号出版物编者按的标题是“回到基本(Back to Basics)”,亦可解读为“回归常识”。

由于编者学术素养、实践经验和认识水平的局限性,书中难免有疏漏或错误。恳请您将阅读中发现的问题随时反馈给我们,以便我们知错改错,在可能的重印或再版时予以纠正。意见反馈专用电子邮箱为:rpop_radiology@163.com。

刘长安 陈肖华

2014年6月6日

目 录

第1章 辐射剂量与健康效应	(1)
1.1 患者照射评价所涉及的剂量学量	(1)
1.1.1 概述	(1)
1.1.2 吸收剂量	(1)
1.1.3 组织或器官平均吸收剂量	(2)
1.1.4 当量剂量与辐射权重因数	(3)
1.1.5 有效剂量和组织权重因数	(4)
1.1.6 患者的医疗照射	(5)
1.2 辐射健康效应	(6)
1.2.1 辐射诱发生物学损伤的可能机制	(6)
1.2.2 辐射健康效应的分类	(6)
1.2.3 确定性效应(组织反应)	(7)
1.2.4 随机性效应	(10)
参考文献	(14)
第2章 医疗照射的正当性判断	(16)
2.1 引言	(16)
2.2 医疗照射正当性的三个层次	(16)
2.2.1 概述	(16)
2.2.2 一个确定的放射诊疗程序的总体正当性(第二层次)	(17)
2.2.3 某一医疗程序用于单个患者的正当性(第三层次)	(17)
2.3 正当性判断的责任	(17)
2.4 正当性判断的基本原则与要求	(18)
2.4.1 一般原则	(18)
2.4.2 对患者照射的正当性判断	(19)
2.4.3 无症状人群检查的正当性判断	(20)
2.4.4 关于生物医学研究中志愿者的照射	(20)
2.4.5 与临床指征无关的放射学检查的控制	(21)
2.5 医学影像检查合理应用指南	(21)
2.6 过度检查的可能原因	(23)

2.7 避免不必要的检查	(24)
参考文献	(25)
第3章 医疗照射防护最优化	(27)
3.1 引言	(27)
3.2 总体要求	(28)
3.3 设备与设施	(28)
3.3.1 医用辐射设备的通用要求	(28)
3.3.2 放射诊断设备的专用要求	(29)
3.3.3 X射线设备机房防护设施的技术要求	(29)
3.3.4 个人防护用品和辅助防护设施	(31)
3.4 操作技术和规程要求	(32)
3.4.1 一般要求	(32)
3.4.2 指导规程	(33)
3.4.3 胎儿受照的管理	(33)
3.5 辐射源和剂量测定系统的校准	(34)
3.6 患者剂量测定	(35)
3.6.1 要求	(35)
3.6.2 单个放射科室的患者照射评估	(35)
3.6.3 患者剂量调查	(35)
3.6.4 患者照射评估所用的量	(36)
3.7 医疗照射质量保证和质量控制	(36)
3.7.1 质量保证	(36)
3.7.2 质量控制检测	(37)
3.8 诊断参考水平(医疗照射指导水平)	(39)
3.9 在放射学程序中照料或抚慰患者的人员的剂量约束	(39)
3.10 教育培训	(40)
参考文献	(41)
第4章 诊断参考水平(医疗照射指导水平)	(43)
4.1 引言	(43)
4.2 术语和定义	(43)
4.3 诊断参考水平的实际应用	(44)
4.4 诊断参考水平的制修订原则和方法	(45)
4.4.1 原则	(45)
4.4.2 诊断放射学程序	(45)
4.4.3 诊断核医学程序	(46)

4.5 对于介入放射学的特殊考虑	(47)
4.6 可达到剂量	(48)
4.7 经验教训	(48)
4.8 我国的诊断参考水平(医疗照射指导水平)	(49)
4.8.1 诊断放射学程序	(49)
4.8.2 诊断核医学程序	(50)
4.9 讨论与建议	(50)
参考文献	(51)
 第5章 涉及电离辐射人体实验的伦理与防护要求	(53)
5.1 引言	(53)
5.2 伦理要求	(53)
5.3 辐射防护要求	(54)
5.3.1 实践的正当性	(54)
5.3.2 防护最优化	(55)
5.3.3 个人剂量约束	(55)
参考文献	(56)
 第6章 事故性医疗照射的预防与调查	(57)
6.1 事故性医疗照射的界定	(57)
6.2 事故性医疗照射的可能起因	(57)
6.3 事故性医疗照射的预防	(58)
6.3.1 一般要求	(58)
6.3.2 安全文化	(58)
6.3.3 事故预防	(59)
6.4 事故性医疗照射的调查	(59)
6.5 事故性医疗照射的记录	(61)
参考文献	(61)
 第7章 常规 X 射线检查受检者的辐射防护	(62)
7.1 引言	(62)
7.2 剂量学表征量与典型患者剂量	(63)
7.2.1 剂量学表征量	(63)
7.2.2 典型患者剂量	(64)
7.3 正当性判断	(67)
7.3.1 概述	(67)
7.3.2 合理应用指南	(67)

7.3.3	儿童	(68)
7.3.4	育龄妇女	(68)
7.3.5	孕妇	(68)
7.3.6	无症状人群的 X 射线检查	(69)
7.3.7	医用 X 射线检查的合理应用原则	(69)
7.4	设备要求	(71)
7.4.1	X 射线设备防护性能的通用要求	(71)
7.4.2	透视用 X 射线设备防护性能的专用要求	(72)
7.4.3	摄影用 X 射线设备防护性能的专用要求	(73)
7.4.4	介入放射学、近台同室操作(非普通荧光屏透视)用 X 射线设备 防护性能的专用要求	(73)
7.4.5	移动式和携带式 X 射线设备防护性能的专用要求	(73)
7.4.6	随机文件	(73)
7.4.7	信号和标记	(73)
7.4.8	照射开关	(74)
7.4.9	照射时间的控制	(74)
7.4.10	常规 X 射线诊断设备影像质量控制检测要求	(74)
7.5	X 射线检查过程中的患者防护最优化	(79)
7.5.1	避免不必要的剂量	(79)
7.5.2	胶片与增感屏	(80)
7.5.3	辐射质	(80)
7.5.4	照射野大小和准直	(80)
7.5.5	患者摆位	(81)
7.5.6	器官屏蔽	(81)
7.5.7	散射线的控制	(82)
7.5.8	焦皮距和摄影距离	(82)
7.5.9	降低患者与影像接受器之间的衰减	(83)
7.5.10	胶片冲洗技术	(84)
7.5.11	减少重复摄片次数	(84)
7.5.12	质量保证计划	(84)
7.5.13	X 射线透视	(84)
7.5.14	X 射线摄影	(85)
7.5.15	胸部 X 射线摄影	(85)
7.5.16	移动式设备的使用	(87)
7.5.17	孕妇	(87)
7.5.18	儿童	(87)
7.6	数字放射学中的患者剂量管理	(88)

7.7 诊断参考水平(医疗照射指导水平)及其应用	(89)
参考文献	(92)
第 8 章 孕妇接受 X 射线检查的特殊辐射防护	(95)
8.1 引言	(95)
8.2 低剂量辐射宫内照射的生物学效应	(95)
8.2.1 概述	(95)
8.2.2 确定性效应(组织反应)	(95)
8.2.3 出生前照射的癌症危险	(96)
8.2.4 遗传效应	(96)
8.3 常用 X 射线检查所致胎儿典型剂量	(96)
8.4 关于育龄妇女的 X 射线检查	(97)
8.5 孕妇 X 射线检查的辐射防护	(98)
8.6 对胎儿宫内照射后是否终止妊娠的考虑	(99)
8.7 国际基本安全标准 2011 年暂行版的相关要求	(100)
8.8 结语	(101)
参考文献	(101)
第 9 章 儿科放射学的辐射防护	(103)
9.1 引言	(103)
9.2 儿童低剂量照射的健康风险	(103)
9.3 常用 X 射线检查所致的儿童典型剂量	(103)
9.4 正当性判断	(106)
9.5 防护最优化	(107)
9.5.1 总则	(107)
9.5.2 人员和设备要求	(107)
9.5.3 检查前应考虑的重要事项	(108)
9.5.4 制动措施	(108)
9.5.5 屏蔽防护	(109)
9.5.6 可有效降低儿童剂量的重要技术条件	(109)
9.5.7 质量保证和诊断参考水平	(111)
9.6 质量标准的实施与核查	(112)
9.7 结语	(112)
参考文献	(112)
第 10 章 筛查性 X 射线乳腺摄影的辐射防护	(114)
10.1 引言	(114)

10.2	筛查性 X 射线乳腺摄影的正当性判断	(115)
10.2.1	公共卫生方面的正当性	(115)
10.2.2	辐射防护方面的正当性	(116)
10.3	乳腺癌筛查方案	(117)
10.3.1	一般人群	(117)
10.3.2	乳腺癌高危人群筛查	(117)
10.4	设备要求	(118)
10.5	X 射线乳腺摄影操作规程	(120)
10.5.1	摄影前准备	(120)
10.5.2	内外斜位(MLO)	(120)
10.5.3	头尾位(CC)	(121)
10.5.4	补充摄影体位和摄影技术	(122)
10.5.5	良好摄影技术的示例	(122)
10.5.6	阅片与诊断报告	(122)
10.6	X 射线乳腺摄影的质量控制	(122)
10.7	患者剂量管理	(124)
10.7.1	剂量学表征量	(124)
10.7.2	患者剂量管理	(124)
10.7.3	诊断参考水平(医疗照射指导水平)	(125)
	参考文献	(126)
第 11 章	CT 检查中的辐射防护	(129)
11.1	引言	(129)
11.2	剂量学表征量	(130)
11.2.1	CT 剂量指数和剂量长度乘积	(130)
11.2.2	器官剂量和有效剂量	(131)
11.2.3	CT 剂量学的进展	(132)
11.3	患者典型剂量	(133)
11.4	健康风险评估	(136)
11.4.1	确定性效应(组织反应)	(136)
11.4.2	辐射致癌的风险	(137)
11.4.3	遗传效应	(138)
11.5	诊断参考水平(医疗照射指导水平)及其应用	(139)
11.5.1	概念及必要性	(139)
11.5.2	国家诊断参考水平(NDRLs)	(139)
11.5.3	本地诊断参考水平(LDRLs)	(139)
11.5.4	DRLs 对具体患者的适用性	(140)

11.5.5	对具体患者可采取的行动	(140)
11.5.6	对 CT 室的简易指南	(141)
11.5.7	诊断参考水平和可达到剂量	(141)
11.5.8	关于我国的诊断参考水平	(142)
11.6	CT 检查的正当性判断	(144)
11.6.1	概述	(144)
11.6.2	CT 检查的选择标准	(144)
11.6.3	育龄妇女和孕妇	(145)
11.6.4	儿童	(145)
11.6.5	关于无症状个人的 CT 筛查	(146)
11.6.6	重复检查	(146)
11.6.7	合理申请 CT 检查的十大要诀	(147)
11.7	影响影像质量和患者剂量的因素和行为	(147)
11.7.1	概述	(147)
11.7.2	mA 和 mAs	(148)
11.7.3	自动曝光控制(AEC)	(148)
11.7.4	管电压(kVp)	(150)
11.7.5	扫描长度	(150)
11.7.6	层厚	(150)
11.7.7	层间距	(150)
11.7.8	螺距	(151)
11.7.9	线束宽度	(151)
11.7.10	非对称屏蔽采集技术	(151)
11.7.11	重建算法	(152)
11.7.12	敏感器官的屏蔽防护	(152)
11.7.13	CT 机型号	(152)
11.7.14	影像质量与剂量之间的折中	(153)
11.8	CT 检查患者防护十大要诀	(153)
11.9	PET/CT 实践中的辐射防护通用导则	(154)
11.10	设备质量控制检测要求	(155)
11.11	结语	(156)
	参考文献	(156)
第 12 章	牙科放射学中的患者辐射防护	(160)
12.1	引言	(160)
12.2	典型患者剂量	(160)
12.3	正当性判断与患者选择标准	(161)

12.4 有助于减少患者剂量的设备和技术条件	(162)
12.4.1 具有口腔内底片牙科放射学设备	(162)
12.4.2 全景摄影和头影测量设备	(163)
12.4.3 牙科专用 CBCT 设备	(163)
12.4.4 数字影像接受器	(163)
12.4.5 胶片冲洗技术	(163)
12.4.6 诊断参考水平(医疗照射指导水平)	(164)
12.4.7 质量保证	(164)
12.5 患者屏蔽防护设备的使用	(164)
12.6 结语	(165)
参考文献	(165)
 第 13 章 介入放射学中的患者辐射防护	(167)
13.1 引言	(167)
13.2 剂量学表征量	(167)
13.3 典型患者剂量水平	(170)
13.4 辐射健康效应	(173)
13.4.1 确定性效应(组织反应)	(173)
13.4.2 随机性效应	(175)
13.5 机构、设备和人员要求	(177)
13.5.1 机构	(177)
13.5.2 设备	(177)
13.5.3 人员	(179)
13.6 正当性判断	(179)
13.7 术前规划准备	(180)
13.7.1 知情同意	(180)
13.7.2 诊疗方案规划	(181)
13.7.3 术前倒计时	(182)
13.8 术中患者剂量管理与控制	(183)
13.8.1 术中患者剂量监测与通知	(183)
13.8.2 术中辐射水平信息的应用	(183)
13.8.3 术中患者剂量控制措施	(184)
13.9 术后管理	(186)
13.9.1 剂量记录	(186)
13.9.2 患者随访	(186)
13.10 质量保证	(187)
13.11 FGI 程序患者辐射防护十大要诀	(188)