

环境保护部电离辐射安全与防护培训系列教材

电离辐射

医学应用的防护与安全

DIANLI FUSHE YIXUE YINGYONG DE FANGHU YU ANQUAN

郑钧正 主编



原子能出版社

环境保护部电离辐射安全与防护培训系列教材

电离辐射医学应用的 防护与安全

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

电离辐射医学应用的防护与安全/郑钧正主编. —北京:原子能出版社,2009.2
ISBN 978-7-5022-4457-6

I. 电… II. 郑… III. 放射医学—辐射防护 IV. R14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 010452 号

内 容 简 介

本书从我国亟待加强医用辐射防护的迫切需要出发,较系统全面地阐述了医用辐射防护问题。全书共分三篇,第一篇“X射线诊断和介入放射学的放射防护与安全”;第二篇“放射治疗的放射防护与安全”;第三篇“核医学的放射防护与安全”。

本书是环境保护部组织编撰出版的全国放射防护与安全培训的统一教材,可供从事放射诊疗各分支的医学放射工作人员和各科临床医师,各级电离辐射防护与安全的监督管理人员,以及相关单位的行政管理干部等学习和培训使用,同时也可作为相关专业院校的教学用书和参考读物。

电离辐射医学应用的防护与安全

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 张关铭

责任校对 徐淑惠

责任印制 丁怀兰

印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20.75

字 数 508 千字

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-4457-6

印 数 1~5 000 定 价 70.00 元

版权所有 侵权必究

网址: <http://www.aep.com.cn>

电离辐射安全与防护培训教材

编审委员会

主任 刘 华
委员 (按姓氏笔画排列)

王建龙	王晓涛	卢金祥	刘 伟	刘怡刚
许玉杰	李 静	杨 春	杨仲田	杨朝文
肖雪夫	肖德涛	吴丽萍	吴其反	何仕均
张家利	周启甫	周剑良	郑钧正	涂 彧
黄国夫	彭立新	潘 苏		

《电离辐射医学应用的防护与安全》

编委会

主 编 郑钧正
编 委 涂 彧 许玉杰 孙 亮 万 骏 李君利
吴其反 曹 毅

总 序

中国是核技术利用大国,随着经济技术的发展,核技术在工业、农业、医学、资源、环保、军事以及科学研究等方面得到了广泛的应用,取得了瞩目的成就,同时,也发生了一些辐射事故。为了保护放射工作人员和公众的安全与健康,国家对核技术利用的安全与防护实施监督。从1960年颁布《放射性工作卫生防护暂行规定》以来,核技术利用的安全与防护管理已走过了近50个春秋。其间,积累了丰富的管理经验,也有不少挫折与教训。2005年国务院颁布了449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,核技术利用的安全与防护监管工作得到了进一步的加强。

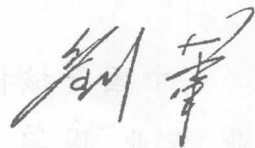
为了适应核技术利用和辐射安全监管的发展要求,快速提高从业人员和监管人员的专业水平,提高培训质量和规范培训工作,环保部辐射安全管理司委托清华大学牵头负责,组织7家电离辐射安全与防护培训机构(清华大学、中国原子能科学研究院、中国辐射防护研究院、四川大学、苏州大学、南华大学、浙江省辐射环境监测站)有关专家结合我国实际,参考国际原子能机构(IAEA)有关培训资料,编撰出版一套全国统一的培训教材。我相信,这套培训教材的使用,将对提高我国电离辐射安全与防护水平,促进核技术在各行各业的安全有着积极意义。

值此培训教材即将问世之际,谨向所有参加此套培训教材

编写、审稿和出版等工作的各有关单位领导和专家表示诚挚的感谢。

时间匆匆,加之作者学识有限,历经两年努力完成的此套培训教材仍有许多不尽如意之处,敬请读者批评指正。

总工程师 环境保护部辐射安全管理司司长



2009年1月22日

前 言

《电离辐射医学应用的防护与安全》分册是国家环境保护部整套电离辐射防护与安全培训教材的重要组成部分。本分册参考国际原子能机构(IAEA)相应培训教材,并紧密结合我国实际,坚持科学实用的原则进行编撰。培训教材旨在具体贯彻实施我国放射防护新基本标准 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》,以及现行有效的相关次级标准。所借鉴的 IAEA 培训教材,其中有关医学应用防护的三部分共占其全套培训教材总量的 52 %。充分凸显影响面广泛的医学应用防护的重要性,这是国际放射防护领域新进展的体现。因为不断普及的 X 射线诊断和介入放射学、肿瘤放射治疗、临床核医学等电离辐射医学应用所引起的医疗照射,已经成为公众所受最大的并且是不断增加的人工电离辐射照射来源。同时,大力加强电离辐射医学应用的防护与安全,又是适应我国放射诊疗事业迅速发展的迫切需要。

众所周知,辐射包括电离辐射和非电离辐射两大类,二者生物学效应的作用机制各不相同,其防护原理与技术方法很不一样。本套培训教材只涉及电离辐射的防护与安全,即我国放射防护新基本标准 GB 18871—2002 所界定的术语“放射防护与安全”。医学应用防护分册也就不包括激光、超声、核磁共振等各种非电离辐射医学应用的防护问题。

本分册由三篇组成,第一篇“X 射线诊断和介入放射学的放射防护与安全”;第二篇“放射治疗的放射防护与安全”;第三篇“核医学的放射防护与安全”。而三篇中较突出的医用辐射防护共性问题,由第一篇的第一章和第四章中相应节段统一具体交代与铺垫。

每篇框架都是分四章阐述:第一章为概述;第二章为相关设备的

主要放射防护与安全性能要求;第三章为医用辐射三大分支各自应用中的放射防护与安全;第四章为医用辐射三大分支各自相应的事
故防范与应急准备等。各篇内容根据自身特点在章的范围内有所调
整。通过多次编写工作会议协调和分册统稿,力求统一书稿的内容
框架、名词术语和体例格式等规范。但限于水平,加上多位作者撰
写,又时间紧,任务重,仍有诸多不尽如人意之处,甚至存在不当或者
错误。祈请广大读者多予以批评指正,以便将来再版时修改。

本分册的编撰经历了各篇提纲的多次反复洽商与协调、分头撰
写各篇书稿、开会审议与修改初稿、书稿送审与再修改、统稿汇总成
册等过程。分册书稿最后上交国家环境保护部核安全管理司组织专
家终审定稿出版。

本分册由清华大学工程物理系负责组织编写。清华大学工程物
理系和苏州大学放射医学与公共卫生学院两单位有关专家具体承担
撰稿和初审。分册主编为郑钧正教授;第一篇作者郑钧正教授;第二
篇作者涂或、孙亮、万骏老师;第三篇作者许玉杰、曹毅老师。各章撰
稿人员均按规定署实名于该章末以示文责自负。汇总统稿成册前的
审稿人第一篇是苏州大学放射医学与公共卫生学院涂或教授,第二、
第三篇是清华大学工程物理系李君利教授和郑钧正教授。国家环境
保护部核与辐射安全中心以及所有参加国家环保部编写此套培训教
材的七单位有关领导和专家给予了许多帮助,谨此一并致谢。

《电离辐射医学应用的防护与安全》

编委会

2008年6月

目 录

第一篇 X 射线诊断和介入放射学的放射防护与安全

第 1 章 概述	(1)
1.1 X 射线诊断的临床应用概述	(1)
1.2 介入放射学的临床应用概述	(6)
1.3 X 射线诊断和介入放射学中的放射危险来源	(7)
1.4 X 射线诊断和介入放射学的医疗照射评价方法	(10)
第 2 章 相关设备的主要放射防护与安全性能要求	(23)
2.1 X 射线发生器及其放射防护性能	(23)
2.2 医用诊断 X 射线设备的类型	(29)
2.3 医用诊断 X 射线设备防护性能的通用要求	(33)
2.4 X 射线透视和摄影设备防护性能的专用要求	(39)
2.5 牙科 X 射线机的特殊要求	(46)
2.6 乳腺 X 射线摄影设备的特殊要求	(49)
2.7 X 射线计算机断层扫描设备	(51)
2.8 数字化 X 射线摄影设备	(63)
2.9 数字化 X 射线透视设备	(66)
第 3 章 施行 X 射线诊断和介入放射学的放射防护	(72)
3.1 X 射线诊断和介入放射学的放射防护要点	(72)
3.2 相应放射工作场所的防护设施	(78)
3.3 医学放射工作人员的放射防护与安全	(89)
3.4 接受医疗照射的受检者与患者的放射防护与安全	(97)
3.5 有关公众照射的放射防护与安全	(111)
3.6 放射学的质量控制与质量保证概要	(115)

第4章 X射线诊断和介入放射学的事故防范与应急准备	(121)
4.1 放射防护法规与标准是医疗照射防护管理的依据	(121)
4.2 X射线诊断和介入放射学的放射防护监督管理	(128)
4.3 放射学的事故防范与应急准备	(135)
参考文献	(144)

第二篇 放射治疗的放射防护与安全

第1章 概述	(146)
1.1 肿瘤放射治疗的应用	(146)
1.2 肿瘤放射治疗的潜在危险与事故概述	(152)
1.3 肿瘤放射治疗的防护概要	(156)
第2章 放射治疗相关设备的主要放射防护与安全性能要求	(158)
2.1 远距离外照射治疗设备的放射防护与安全性能要求	(158)
2.2 近距离外照射治疗设备的放射防护与安全性能要求	(172)
2.3 肿瘤放射治疗辅助设备与防护	(177)
2.4 放射治疗场所	(182)
第3章 肿瘤放射治疗的放射防护与安全	(198)
3.1 远距离放射治疗的防护与安全	(198)
3.2 近距离放射治疗的防护与安全	(217)
3.3 医学放射工作人员的防护与安全	(221)
3.4 有关公众的防护与安全	(227)
第4章 防范肿瘤放射治疗事故	(230)
4.1 肿瘤放射治疗事故案例	(231)
4.2 肿瘤放射治疗事故的后果	(235)
4.3 肿瘤放射治疗事故原因分析	(238)
4.4 肿瘤放射治疗事故的预防措施	(242)
4.5 有关医院的责任	(250)
参考文献	(258)

第三篇 核医学的放射防护与安全

第 1 章 概述	(259)
1.1 核医学概况	(259)
1.2 核医学实践中的放射线来源	(260)
1.3 放射性核素内照射作用特点	(262)
1.4 放射性核素内照射损伤的特点	(263)
第 2 章 核医学应用的放射性药物和相关设备的防护与安全性能要求 ..	(265)
2.1 放射性药物	(265)
2.2 核医学相关设备	(274)
2.3 核医学科工作场所的设计和防护要求	(279)
第 3 章 临床核医学中的放射防护与安全	(284)
3.1 核医学实践中放射防护的基本原则	(284)
3.2 核医学实践中放射防护的基本方法	(289)
3.3 放射性废物的收集与处理	(295)
第 4 章 临床核医学的事故防范与应急准备	(299)
4.1 放射诊疗工作单位必备的条件	(299)
4.2 核医学放射防护的管理与责任	(299)
4.3 核医学实践的质量保证	(306)
4.4 核医学实践的事故与应急	(310)
参考文献	(319)

第一篇

X 射线诊断和介入放射学的 放射防护与安全

第 1 章 概 述

在电离辐射医学应用的各个分支学科中,占据最大份额的是 X 射线诊断学(亦称为放射学)。而后来兴起发展的介入放射学,由于通常较多的是依靠 X 射线透视所形成的影像来导引与实时监视而实施,所以 X 射线诊断学和介入放射学在放射防护与安全方面均有共同之处。故把 X 射线诊断的放射防护与安全和介入放射学的放射防护与安全合为一篇,列为本套培训教材《电离辐射医学应用的防护与安全》分册的第一篇。

众所周知,辐射包括电离辐射和非电离辐射两大类,二者生物学效应的作用机制不同,其防护原理与技术方法也很不一样。本套培训教材只涉及电离辐射的防护与安全,即我国放射防护新基本标准 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》所界定的“放射防护与安全”。医学应用防护分册也就不包括激光、超声、核磁共振等非电离辐射医学应用的防护问题。

读者要掌握 X 射线诊断和介入放射学中的放射防护与安全,首先必须熟悉各种 X 射线诊断和介入放射学分别在临床医学应用方面的基本概况,才能有的放矢;同时还应当进一步了解 X 射线诊断和介入放射学实践中可能引起放射危险的来源,以及有关其所产生医疗照射的国际通用评价方法等方面的基本概念和基础知识。

1.1 X 射线诊断的临床应用概述

1895 年 11 月 8 日,德国物理学家伦琴(W. C. Röntgen,图 1.1)发现了 X 射线,12 月 22 日他拍摄了其夫人左手的 X 射线影像(图 1.2),开创了揭示人的活体内部结构之先河。很

快 X 射线首先在医学上开始了越来越广泛的应用。正如《简明不列颠百科全书》所记载：“这一发现宣布了现代物理学时代的到来,使医学发生了革命。”20 世纪初产生了放射学这门新学科,开始了医学诊断与治疗的新纪元。随后放射学进一步发展形成 X 射线诊断学和放射治疗学。一个世纪多来,X 射线诊断技术迅速发展并广泛普及,为人类的疾病诊断和保健立下了丰功伟绩,并且始终占据电离辐射医学应用各个分支中的最大份额。迄今 X 射线诊断学亦同时保留放射学的名称。



图 1.1 发现 X 射线的德国物理学家伦琴

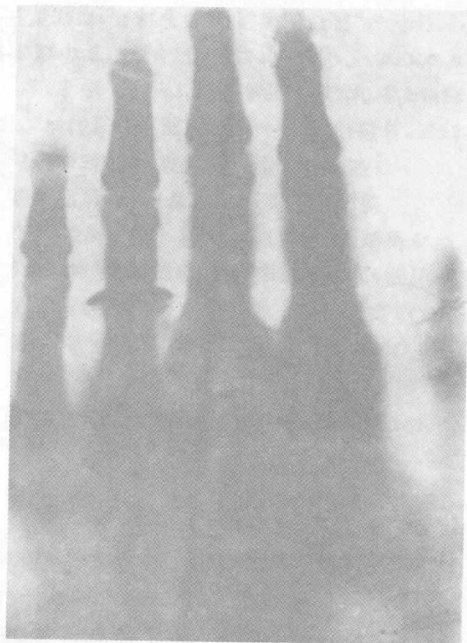


图 1.2 伦琴夫人左手的 X 射线影像(1895.12)

然而包括 X 射线在内的所有电离辐射技术都是把双刃剑,其应用中获取利益与潜在危险并存。因此在电离辐射医学应用日益广泛普及的同时,必须充分重视并切实加强其相应的放射防护与安全工作,从而实现趋利避害,促进电离辐射医学应用更好地造福于民。

1.1.1 普通 X 射线诊断

X 射线诊断是很重要的临床医学检查手段。X 射线诊断利用的是 X 射线特有的穿透作用、荧光效应和感光效应。X 射线属于波长很短(约为 0.008 nm 至 0.031 nm)的电磁辐射,具有颇强的穿透力,并被所穿透的介质吸收而衰减。因而被照射物质的不同密度与厚度就导致对所透照 X 射线能量有不同程度的衰减,这就是 X 射线成像的物理基础。X 射线又能激发诸如硫化锌镉、钨酸钙等荧光物质产生肉眼可见的荧光。于是,医用诊断 X 射线机发出的 X 射线透照人体后,可以在 X 射线机的荧光屏上形成明暗层次不同的影像,从而直接观察到人体的内部组织结构。这种用荧光屏显像的检查方法就是 X 射线透视。X 射线还具有使摄影胶片感光的特性,因此可用来进行各种形式的 X 射线摄影,形成用胶片显现黑白对比影像的检查方法,为疾病诊断提供判断依据。X 射线透视和摄影是最普通的,也是

应用最早又最广泛的 X 射线诊断类型,二者各有其优缺点。X 射线透视操作简单,费用便宜,可方便地实现直接进行人体器官组织的动态观察分析;而传统 X 射线摄影虽然要经过胶片处理过程才能读片诊断,但是能够留下客观记录便于会诊和对照,胶片上显示的影像清晰度和对比度比透视荧光屏上的显像优越,尤其是 X 射线检查所致受检者与患者的照射剂量较小。正由于 X 射线透视比起 X 射线摄影会带给受检者与患者较大的照射剂量,从尽可能减少医疗照射剂量以加强放射防护出发,除了临床医学上必要的动态观察以外,积极提倡采用 X 射线摄影检查代替传统的 X 射线透视。

1.1.2 特殊 X 射线诊断检查

人体组织结构中,有些部分不可能只依靠自身的密度与厚度差别,而在普通 X 射线透视和摄影检查中显示出清晰对比的影像。于是就发展了造影检查,即人为引入种类颇多的造影(对比)剂,在需要检查的组织器官中或周围间隙形成对 X 射线吸收衰减的明显差别,从而获得有诊断价值的影像。例如常见的消化道钡餐造影检查等。一般造影剂可分高密度和低密度造影剂两类,前者为原子序数大、密度高的钡剂和碘剂(又可分有机碘剂与无机碘剂),也称阳性造影剂;后者系原子序数小、密度低的物质,例如二氧化碳、氧气、空气等,也称阴性造影剂。造影检查显著扩大了 X 射线检查范围,既可直接通过口服、灌注或穿刺注入;也可先引入某一特定组织器官内,后经吸收并聚集于欲造影的组织器官,即间接引入使之形成对比显影(例如静脉胆道造影、静脉肾盂造影等)。显然造影检查必须注意各自的适应证和禁忌证,尤其应注意造影检查的操作安全性,避免使用不当发生意外事故。

除了造影检查外,断层(或称体层)X 射线摄影也是常用特殊 X 射线诊断检查方式。人体的三维结构在 X 射线摄影胶片上会存在一部分影像与其他前后影像重叠而无法清晰分辨显示。为了解决 X 射线投照路径上所摄取的影像存在交叉重叠等问题,传统的最简单断层(体)层 X 射线摄影检查,就是让 X 射线管与胶片做相反方向移动,并使移动的轴心固定在所选定层面上的情况下曝光。这样一来,欲检查观察部位的选定层面的结构始终投影在胶片的固定位置而清晰显示,其他前后各层结构则因曝光时不断移动而形成模糊影像。这种专门选取人体某一断层显像的检查方式,非常有利于辨别普通 X 射线摄影难于显示、重叠较多和较深部位的病变。有时还可配合造影检查以更好观察选定层面的结构与病变。近代蓬勃发展的 X 射线计算机断层扫描则是在传统断层 X 射线摄影基础上的革命性进展。

从普通 X 射线摄影检查发展起来的特殊 X 射线检查还有高千伏摄影、放大摄影、记波摄影、荧光摄影、立体摄影、电视摄影、软组织摄影等。

特殊的 X 射线诊断检查还有专门适用于推到病房施行的移动式床边 X 射线摄影,以及用于急诊室或手术中的 X 射线透视与摄影。手术用 X 射线机通常配有 X 射线电视,可进行体内异物透视定位及监视骨科整复等,也可摄影,甚至造影检查。为移动方便和适应手术需要,常采取车载式,且 X 射线管支架采用 C 形臂,能方便地从各方位接近患者。这些移动式医用诊断 X 射线机,受特殊需要的制约,在 X 射线机结构以至性能等方面有所局限,因而实际应用中必须更加注意其放射防护与安全。

1.1.3 X 射线计算机断层扫描

与 X 射线的发现荣膺 1901 年首届诺贝尔物理学奖一样,1972 年首台用于医学临床的

X射线计算机断层扫描机(X-CT)的发明也荣获1979年诺贝尔生理学 and 医学奖。计算机技术和X射线断层摄影技术的融合导致了医学诊断的又一次革命。X-CT与传统X射线摄影不同,系用X射线束对人体欲检查部位一定厚度的层面进行扫描,由探测器接收经过吸收衰减而透过该层面的X射线,先经光电转换,再经模拟与数字转换,输入计算机进行后处理重建图像。X-CT获得的是一系列清晰的断层影像,开创了医学影像数字化的新时代。短短一二十年,迅速发展的X-CT已经经历了五代更新,1992年又出现双排螺旋CT,此后多排(层)螺旋CT方兴未艾,其空间分辨力、密度分辨力、时间分辨力、纵向分辨力等性能不断提高,诸如组织或器官的蠕动以及呼吸等造成的运动伪影不断得以克服,在疾病的诊断与治疗中日益发挥出更为不可或缺的重要作用。多排螺旋CT实现连续扫描过程获得的是容积数据,把临床医学实践所格外祈盼的各向同性成像逐步得以实现。如今超宽探测器阵列的64排螺旋CT已经不断普及,可一次扫描同时采集64层亚毫米层厚的图像,旋转一周纵轴的覆盖范围可达40 mm以上,每周旋转时间缩短至0.33 s,并能应用多种后处理技术重建所需的高质量图像。这些新进展凸显的优势非常有利于过去难于观察的运动脏器解剖细节诊断,以及功能化成像等。近来256排乃至320排螺旋CT,以及双X射线源CT相继问世,在心血管影像医学等各领域大有用武之地。

X-CT的常规检查技术包括普通的平扫和增强扫描。增强扫描是向血管内注射对比剂后再进行的扫描,旨在提高病变组织与正常组织的密度差,以显示平扫未被显示或显示不清的影像。此外还有专门的造影CT检查,以及薄层扫描、重叠扫描、靶扫描、高分辨率扫描等特殊CT扫描检查技术。随着CT扫描速度以及图像重建速度的提高,又出现了CT透视技术,则可以进行实时CT引导下的穿刺和手术操作等。因此X-CT在临床医学中的应用越来越广泛,在发现病变、确定病变位置与大小等方面其优势非常突出。但X-CT也有其适应证和局限性,如在病理性质的诊断上受到一定限制;所致受检者与患者的照射剂量一般可达不可忽视的10 mGy至100 mGy左右。所以必须加强X-CT检查的正当性判断和采取防护最优化措施,切实引导X-CT的正确合理应用。

1.1.4 数字化X射线成像

传统的X射线透视和摄影是采用模拟技术成像,X射线影像一旦产生就不可能再改善其质量。随着微电子学和计算机技术的发展并融入医学影像领域,可对X射线影像进行量化、储存、处理、重建、显示和传输的数字化X射线成像技术已经成为X射线诊断的新发展方向。数字化X射线成像技术就是把X射线透射所形成的影像先转换为数字信号输入计算机进行后处理,然后再转换成模拟信号显示。既有数字化X射线摄影,也有数字化X射线透视。数字化X射线摄影包括X射线计算机摄影(CR)和X射线数字摄影(DR)等;数字化X射线透视有数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)和数字胃肠点片(digital sport imaging, DSI)等。数字化X射线成像在获得清晰影像、具有多种图像后处理功能以及存储调阅方便等方面的优势十分突出。

X射线计算机摄影CR的信息采集是由成像板(image plate, IP)代替传统的X射线感光胶片实现。可重复使用的成像板IP是由一些含铕离子的钡和卤族元素的化合物组成的新一代X射线影像接收载体,具有对X射线敏感程度高和宽容度大的优点。成像板吸收X射线后,不直接产生可见光,以潜影的形式记忆存储X射线影像而保留于成像板内。潜像

需要用光致发光方法读出,但不能直接显示。当用激光束逐行扫描激发已有潜影的 IP 成像板时,产生光激发光现象读取其存储的 X 射线影像;然后转换输入计算机进行图像处理。传统的 X 射线摄影的胶片影像特性是由拍摄条件、增感屏和胶片组合性能所决定而不能再改变。CR 则不同,对 IP 高精度扫描读取的信号通过计算机进行图像后处理,可以在大范围内调整改善图像质量。并且适合于加入到现代医学影像信息的存储与传输系统(如 PACS)。CR 的 X 射线影像也可以直接在计算机显示器上显示,并且可以通过激光相机打印出激光胶片(或者采用热敏打印胶片)而获得。

X 射线数字摄影 DR 可以有间接和直接两种方式。间接 X 射线数字摄影(IDR)是在 X 射线影像增强器与电视系统基础上,利用模拟数字转换器将模拟视频信号数字化,再接上计算机进行图像处理的。即 IDR 是先从 X 射线电视获得模拟图像再转换成数字图像。虽然基于电荷耦合器件(CCD)的摄像机性能不断提高,但 IDR 这种系统引入的对比度损失以及动态范围小等一直存在缺陷。因此采用平板探测器(FPD)为主的直接 X 射线数字摄影(DDR)迅速发展起来。直接 X 射线数字摄影 DDR 就是减少成像环节,通过 X 射线探测器直接把透射人体的 X 射线所携带的影像信息转化为数字图像数据,经计算机处理后既可以在监视器上显示,同时也可以通过网络送到激光相机打印于胶片上或存储于指定系统。目前 DDR 的 X 射线探测器有非晶态硒型的平板探测器、非晶态硅型的平板探测器以及气体电离室探测器等多种类型。DDR 与 CR 相比较,具有许多优点,例如:影像清晰度高,噪声低,摄片速度快,探测器的寿命比 IP 成像板长,转换效率高以及可有升级为透视的能力等。

数字减影血管造影 DSA 是早于 CR 和 DR 问世的典型的数字化 X 射线透视设备。DSA 是计算机与 X 射线血管造影相结合于 20 世纪 80 年代兴起的新检查方法。虽然 X 射线造影可以人为加大组织器官的对比反差形成可观察的影像,但解决不了前后影像重叠问题。如果能把人体同一部位进行造影前后的两帧影像相减,得出其差值部分的影像,就可剔除不想要的影像(例如骨骼与软组织等背景影像),而获得只与造影剂有关的清晰的血管影像。早期采用光学减影技术效果不佳,应用计算机数字化处理技术则使 DSA 在临床医学中大显身手,还是介入放射学不可缺少的手段。DSA 在血管与肿瘤性疾病的诊断及鉴别诊断,介入治疗与治疗疗效观察等方面很有优势。并且数字减影血管造影技术不断发展,涌现了心电图触发脉冲方式,数字电影减影,旋转血管造影,遥控对比剂跟踪造影,步进血管造影,双平面血管造影等,从而克服其存在的不足之处以不断提高影像质量和扩展用途。

数字胃肠点片 DSI 则是以传统胃肠透视点片装置为基础,与视频信号数字转换装置、计算机图像处理以及控制系统组合的新设备;亦称数字胃肠 X 射线机。DSI 可以把胃肠消化道造影的影像立即显示在高清晰度的显像管屏幕上,既可在检查中及时拍摄点片,也可以实时存储。DSI 能够实现每秒数张的连续摄片,对观察和记录吞咽及胃肠消化道的动态功能很有利。

1.1.5 乳腺 X 射线摄影

女性乳腺癌发病率明显呈上升趋势,已经居许多城市中女性各种肿瘤发病率的首位。国际放射防护委员会(ICRP)第 103 号出版物(2007)关于放射防护的最新基本建议书,已推荐把乳腺的组织权重因子 W_T 从 0.05 提高为 0.12。乳腺的放射危险受到较大关注。因此作为乳腺癌最基本的检查方法,乳腺 X 射线摄影技术得到越来越广泛的应用。乳腺属于软

组织,只能用产生软 X 射线的钼靶(或铑靶)专用 X 射线机施行检查。乳腺 X 射线摄影机采用小焦点的钼靶 X 射线管,一般 X 射线管电压的调节范围为 20 kV 至 50 kV,配备有能沿立柱上下移动和转换角度方向的乳腺摄影专用特殊支架。这些特点适合于对密度差别不大的脂肪、肌肉和腺体等软组织,在与增感屏匹配组合的胶片上形成对比良好的影像;同时可用能够压薄乳房并固定位置的专用支架,对不同受检者的乳腺各个方向进行摄影。近些年来,乳腺 X 射线摄影技术也朝向数字化技术发展并且不断改进,直接 X 射线数字摄影可能是发展方向,但成本较高。鉴于乳腺的放射敏感性,除了务必采用软组织专用的 X 射线摄影技术外,乳腺 X 射线摄影检查必须充分顾及到尽可能减少受检者的医疗照射剂量。此外,还应注意乳腺 X 射线摄影与超声、磁共振成像等其他医学影像检查和其他检查方法的互补组合。

1.1.6 牙科 X 射线摄影

随着经济发展和医疗卫生保健事业不断进步,口腔保健已经越来越引起社会公众的重视。全世界装备的牙科 X 射线机数量远远多于普通医用诊断 X 射线机总数。据 UNSCEAR 2000 年报告书统计,全世界 20 世纪 90 年代中期共有普通医用诊断 X 射线机 70 万台,而牙科 X 射线机装备数量达 90 万台。90 年代中期全世界平均每年的牙科 X 射线检查已经达到 5.2 亿人次,占全部 X 射线诊断检查总人次数的 21.4 %。可见牙科 X 射线摄影已经成为很重要的 X 射线诊断检查类型。拍摄牙片必须在专用的牙科 X 射线机上进行。功能较单一的普通牙科 X 射线机容量小,X 射线管电压调节范围为 50 kV 至 70 kV,管电流为 10 mA 至 15 mA。牙科 X 射线机采用可伸缩和升降的平衡曲臂支撑的组合机头调节位置,并用指向性强的集光(遮线)筒对准受检者拍摄部位投照摄片。除了只拍摄牙齿片的普通牙科 X 射线机外,还有用口腔全景摄影 X 射线机拍摄整个颌部。比较复杂的牙科全景 X 射线摄影,把人体呈曲面分布的颌部展开排列于一张 X 射线片上,实际上也是一种断(体)层摄影。牙科全景摄影 X 射线机有单轴转动式、三轴转动式、连续可变轴式等,其结构相对复杂。此外,在受检者所受医疗照射剂量的监测上也有其特殊性,特别提醒必须注意掌握正确的监测方法。

1.2 介入放射学的临床应用概述

介入放射学形成独立学科崛起于 20 世纪 80 年代,并不断发展渗透到临床医学各个领域。介入放射学是以影像诊断为基础,主要利用经血管或非经血管穿刺及导管等介入技术,在影像导引与监视下对一些疾病施行治疗,或者采集获取活体标本进行细菌学、组织学、生理和生化诊断。

介入放射学依照施行目的可分为诊断性介入放射学和治疗性介入放射学;依介入操作方式可分为血管内介入放射学和非经血管介入放射学;如果按人体器官系统划分,有心脏介入、神经介入、胃肠介入、五官系统介入、呼吸系统介入、泌尿系统介入等等;按照治疗性质区分还可有各种肿瘤介入、基因介入等。当然这些不同分类方法又都是相互交叉重叠的。例如血管内介入既有诊断性的各种活检或血管造影检查以求明确诊断,也有有别于传统外科手术的治疗性的血管成形、支架安放、药物灌注、栓塞治疗等。非经血管介入以及人体各个