



社区卫生工作实用丛书

丛书总主编 汪华 副总主编 吴红辉 姜仑 周明浩

社区医用辐射 防护手册

SHEQU WEISHENG GONGZUO SHIYONG CONGSHU



余宁乐 朱宝立 主编



苏州大学出版社
Soochow University Press



社区卫生工作实用丛书

丛书总主编 汪华 副总主编 吴红辉 姜仑 周明浩

社区医用辐射 防护手册

主 编：余宁乐 朱宝立

编 者：（按姓氏拼音排序）

曹兴江 陈 群 杜 翔 马加一

秦永春 王福如 王 进 徐小三

杨春勇 杨小勇 张乙眉 周献锋



苏州大学出版社
Soochow University Press

图书在版编目(CIP)数据

社区医用辐射防护手册 / 余宁乐, 朱宝立主编. —
苏州: 苏州大学出版社, 2016. 1
(社区卫生工作实用丛书 / 汪华主编)
ISBN 978-7-5672-1466-8

I. ①社… II. ①余… ②朱… III. ①放射医学—辐
射防护—手册 IV. ①R142-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 237914 号

书 名: 社区医用辐射防护手册

主 编: 余宁乐 朱宝立

责任编辑: 童丽慧 李寿春

出版发行: 苏州大学出版社

社 址: 苏州市十梓街 1 号(邮编: 215006)

印 刷: 苏州工业园区美柯乐制版印务有限责任公司

开 本: 700 mm×1 000 mm 1/16 印张: 11.75 字数: 216 千

版 次: 2016 年 1 月第 1 版

印 次: 2016 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5672-1466-8

定 价: 30.00 元

凡购本社图书发现印装错误, 请与本社联系调换。

服务热线: 0512-65225020

《社区卫生工作实用丛书》

编委会

总主编 汪 华

副总主编 吴红辉 姜 仑 周明浩

编 委 (按姓氏拼音排序)

曹 俊 陈晓东 褚宏亮 姜 仑

李箕君 李小宁 陆耀良 马福宝

汤奋扬 汪 华 吴红辉 武 鸣

徐 燕 羊海涛 余宁乐 张 宁

甄世祺 周明浩 周永林 朱宝立

朱凤才



序

社区是宏观社会的缩影。开展社区卫生服务是社区建设的重要内容。社区卫生服务是在政府领导、社会参与和上级卫生机构指导下,以基层卫生机构为主体、以全科医师为骨干、合理使用社区资源和适宜技术,向社区居民提供综合性、主动性、连续性的基层卫生服务。社区卫生服务以社区居民健康为中心,以家庭为单位,以社区为范围,以需求为导向,以解决社区主要卫生问题、满足居民公共卫生服务和基本医疗服务需求为目的,是基层卫生工作的重要组成部分,是深化医药卫生综合改革的交汇点,也是实现“人人享有基本卫生保健”目标的基础环节。

改革开放以来,我国社区卫生事业有了很大发展,服务规模不断扩大,医疗条件明显改善,疾病防治能力显著增强,为增进人民健康发挥了重要作用。随着经济社会快速发展和居民生活水平的显著提高,社区卫生工作的质与量都发生了根本性的变化,但社区卫生工作者的专业素质与居民健康需求相比,目前仍存在较大差距。因此,加强基层社区卫生队伍的教育和培训,提高他们对社区卫生工作重要意义的认识,全面掌握社区卫生工作的目的、理论、知识和技能,成为当前极为紧迫和重要的工作。

这套《社区卫生工作实用丛书》就是为了适应现代社区卫生与文明建设的需要而设计的,注重实践、注重技能,全面反映了社区卫生工作实际情况,符合新时期和谐社区、文明社区、健康社区建设的新要求。《社区卫生工作实用丛书》由江苏省卫生和计划生育委员会策划,组织江苏省疾病预防控制中心、江苏省血吸虫病防治研究所、南京脑科医院等单位的几十位专业对口、经验丰富的专家精心编撰,历时一年多时间,把社区卫生工作者必须了解和掌握的“三基”知识撰写成册,力求打造成一套既是社区卫生工作者必备的实用指导工具书,又是基层社区公共服务人员喜爱的卫生知识参考书。

《社区卫生工作实用丛书》共有 10 个分册,涉及社区健康教育指导、社区心理健康服务、社区环境卫生、社区常见传染病预防与治疗、社区消毒与有害生物防控、社区常见寄生虫病防治、社区预防接种、社区营养与食品安全、社区灾难危机中的疾病控制与防护、社区卫生中辐射防护等内容。本丛书内容有别于教科书,没有介绍繁杂的基础理论,而是从基层卫生防护、疾病预防与控制工作的实际需要出发,力求内容新颖实用,通俗易懂,可操作性强,给广大社区卫生工作者以实际可行的指导,引导他们迅速掌握现代卫生防病保健的新理论、新技术,密切结合社区工作实际,把社区卫生工作做得更好、更加扎实。

希望本丛书成为基层卫生工作者开展社区卫生工作的一本实战手册,并能在实际工作中进一步修正和完善。同时,希冀通过本丛书的出版,带动开展“文明·卫生·健康社区行”活动,送卫生知识到社区,进万家,在社区中掀起全民“讲文明卫生,保社区平安”的热潮,从而提高社区全体居民的健康水平,为建设文明和谐的健康社区服务。

江苏省卫生和计划生育委员会副主任



二〇一五年八月

前言

医用辐射防护是辐射防护的重要组成部分,产生和深化于人类对核技术的研究应用和对放射损伤的不断认识,在 20 世纪末得到了前所未有的重视和发展,形成了在总的辐射防护体系下独立的防护系统。医用辐射防护涵盖医学放射工作人员的照射防护,受检者与患者的医疗照射防护,还有公众照射的防护,包括保障医用辐射工作场所周围环境的安全以及合理减少医疗照射所致公众剂量负担。同时,医用辐射防护还涉及潜在照射的防护。

1895 年,伦琴发现了 X 射线(简称 X 线),开始了电离辐射技术的医学应用。当时人们还用 X 线治疗不治之症,如强直性脊柱炎、顽固性皮炎、胸腺肥大症等良性疾病。1928—1952 年间,世界上一些国家广泛地应用二氧化钍作为肝、脾、血管、支气管等器官组织的 X 线造影剂。在放射性技术医学应用的过程中,人们发现皮肤大剂量照射后会产生红斑,严重的甚至出现水疱和溃疡;强直性脊柱炎的症状虽然有所改善,但随后是病理性骨折;颈胸部良性疾病 X 线治疗造成甲状腺癌、白血病、肺癌和乳腺癌的高发;二氧化钍用作造影剂,结果造成肝癌、肝血管内皮肿瘤、白血病等效应。人们开始意识到放射线的危害。

1925 年,美国学者 Mutschlerh 和瑞士学者 Sievert 分别提出以 30 d 内接受不超过“皮肤红斑剂量”的百分之一为身体的耐受剂量,相当于每天 2 mSv (0.2 rem),医用辐射防护应运而生。

早期医用诊断 X 线机状况差,X 线机球管外铅防护层缺乏或不足,荧光屏为无铅玻璃,工作人员检修机器时用肉眼看灯丝是否通电,工作中无个人防护用品;做胃肠检查时,工作人员徒手直接在射线下按压病人腹部;放射治疗中医生徒手使用镭管或镭模直接贴敷肿瘤,或用镭针插入肿瘤进行组织间放疗,导致急慢性放射损伤时有发生,这时医用辐射防护主要针对职业人群。

直至 1977 年,国际辐射防护委员会(ICRP)26 号出版物较系统地阐述了医用辐射防护的含义和应遵从正当性与最优化的控制原则。此后发布了《放射诊断中患者的防护》(34 号报告)、《放射治疗中患者的防护》(44 号报告)和《核医学中患者的防护》(52 号报告),成为配套系列指南。

从医用辐射三大分支学科的蓬勃发展发展到影像医学的形成,以及介入放射学的崛起,无疑为人类防病治病带来了巨大利益。与此同时也提出了日益突出的医用辐射防护课题。医用辐射防护已成为辐射防护领域影响面最广的重点之一。1990 年 ICRP60 号出版物明确提出“医疗照射的防护体系”的概念,进一步强调医疗照射实践的正当性和防护最优化,重申剂量限值不适用于医疗照射。特别是在防护最优化中建议考虑剂量约束,还进一步强调注意保护胚胎和胎儿。医用辐射防护的重点转向医疗照射防护。2007 年 ICRP103 号报告提出,在医疗中的放射防护不仅包括患者的防护,也包括照顾和抚育者以及参与生物医学研究的志愿者的防护。所有这些人员的防护都需要特殊考虑。

UNSCEAR 报告书揭示,医用辐射是不断增加的最大的人工电离辐射来源,因此医用辐射防护已经成为涉及所有公众成员及其后代健康的重要公共卫生问题,正越来越引起社会各界普遍关注。加强医用辐射防护是放射防护领域新进展的显著特点。

随着计算机技术、网络技术、材料科学等学科技术的发展,医用辐射三大分支空前发展, γ 刀、X 刀开创了立体定向放疗技术,适形放射治疗、调强放射治疗(IMRT)开创了精确放疗新技术。CT 不断更新换代和迅速普及,其应用占医疗照射的比重持续上升,成为医用辐射防护关注的热点。此外,新兴的介入放射学使临床诊断及治疗技术更趋于微创、快速、安全及有效,其发展和应用几乎遍及各个临床学科。鉴于其操作的特殊性,介入放射学中工作人员和患者的防护成为医用辐射防护的又一个热点课题。

目 录

第一章 基础知识 /1

- 第一节 电离辐射的医学应用及发展 /1
- 第二节 原子结构 X 线核素与原子核的衰变 /7
- 第三节 辐射剂量学基础 /12
- 第四节 电离辐射与物质的相互作用 /15
- 第五节 电离辐射的生物学效应 /19
- 第六节 影响辐射生物效应的因素 /21

第二章 医用放射防护相关标准 /25

- 第一节 防护标准演变的历史回顾 /25
- 第二节 电离辐射防护与核安全基本标准 /28
- 第三节 我国现行的医用辐射防护标准体系 /33

第三章 医用 X 线放射诊断的放射防护 /37

- 第一节 医用 X 线放射诊断发展历史 /39
- 第二节 医用 X 线放射诊断工作场所与设备的防护措施 /40
- 第三节 医用 X 线放射诊断的患者防护 /44
- 第四节 医用 X 线放射诊断工作场所与设备质量控制检测 /47

第四章 介入放射学的放射防护 /56

第一节 介入放射学防护概述 /56

第二节 介入放射学工作场所与设备的防护措施 /60

第三节 介入放射工作者与患者的防护措施 /62

第四节 介入放射学工作场所与设备的检测 /66

第五章 核医学诊断和治疗中的防护 /68

第一节 核医学诊断和治疗防护概述 /68

第二节 核医学诊断和治疗场所的防护措施 /72

第三节 核医学诊断和治疗的质量控制与质量保证措施 /78

第四节 操作非密封源的防护措施 /80

第五节 核医学诊断和治疗的患者防护 /81

第六章 肿瘤放射治疗中的放射防护 /86

第一节 肿瘤放射治疗防护的特殊性 /90

第二节 肿瘤放射治疗工作场所的防护措施 /93

第三节 肿瘤放射治疗的质量保证与质量控制 /98

第四节 肿瘤放射治疗中的患者防护 /103

第五节 肿瘤放射治疗中的事故预防 /105

第七章 医用辐射防护管理 /109

第一节 放射诊疗许可 /109

第二节 放射诊疗项目辐射安全许可 /114

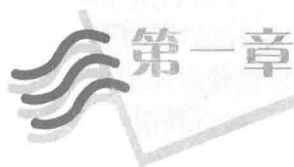
第三节 职业病危害放射防护管理 /118

第四节 医用辐射事故卫生应急 /124

第八章 放射工作人员的职业健康管理 /134

第一节 放射工作人员职业健康管理的法律依据 /135

第二节	放射工作人员的从业条件 /136
第三节	放射工作人员的防护知识培训 /137
第四节	个人剂量监测与管理 /140
第五节	职业健康监护管理 /143
第六节	职业性放射性疾病的诊断与鉴定 /148
第九章	辐射监测 /153
第一节	工作场所监测 /153
第二节	个人剂量监测 /155
第三节	实验室监测 /158
第四节	常用监测仪器及原理 /160
第五节	测量方法实例 /165
附录	/167
参考文献	/171



基础知识

第一节 电离辐射的医学应用及发展

一、电离辐射的来源

自从地球形成以来,电离辐射就与生物形成与进化并存,这部分主要包括宇宙射线和地壳陆地辐射以及室内外环境中的氡等,这种天然存在的电离辐射也称为天然本底辐射。宇宙射线包含来自银河系称为初级宇宙射线的各种高能粒子,以及初级宇宙射线进入地球大气层后,与大气层中原子核相互作用产生级联效应或次级核反应而形成的次级宇宙射线。大气层为我们阻挡了许多高能的宇宙射线。地球上的天然放射性核素分为宇生放射性核素和原生放射性核素。宇生放射性核素主要是由于宇宙射线与大气层和地球表层原子核相互作用而产生的,如宇生放射性核素 ^3H 、 ^7Be 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 等。原生放射性核素是自地球存在以来就存在于地壳里的放射性核素,地壳陆地表面的土壤、岩石、水、大气乃至包括人体在内的生物组织和植物组织中,都存在天然的原生放射性核素,对人体照射影响较大的原生放射性核素主要有铀系、钍系、锕系核素及 ^{40}K 、 ^{87}Ru 等。随着社会的进步,人们接受天然电离辐射照射会因人为活动的时空变化而增加。例如,越来越多的人乘坐飞机,增加了受宇宙射线的照射机会;地下空间的开发利用增加了受地壳 γ 辐射和氡的照射的可能;建筑材料、室内装修材料(天然石材)以及室

内滞留时间的增加也加大了人类接受氡和其他原生放射性核素照射的份额。

近一个多世纪以来,随着科学技术发展,人类陆续在医疗、能源、工业、农业、地质、考古、军事等领域乃至日常生活中不断开发利用电离辐射技术,给人类带来了人工电离辐射照射。人工电离辐射包括医疗诊断与治疗、核技术研究及教学、核反应堆及其辅助设施、核试验沉降物污染、核工业职业照射、一般工业应用(工业探伤、料位计等)、核与辐射事故意外照射、国民经济中民用产品(显像管电视机、烟雾探测器等)、装饰性建筑材料等。

医疗照射是全球公众接受的最大人工电离辐射的来源,并且还在不断增加。因此,医疗放射学、介入放射学、核医学、放射肿瘤学等医用辐射所致受检者与患者的医疗照射防护越来越引起全社会的关注。

据 UNSCEAR 2008 年报告,环境中各种辐射来源所致的全球人均年有效剂量约为 3.0 mSv,其中 80% (2.4 mSv) 来自天然辐射,19.6% (约 0.6 mSv) 来自医疗照射,其余的 0.4% (约 0.01 mSv) 来自其他人工辐射源(图 1-1)。表 1-1 给出了全球天然和人工电离辐射源所致公众的人均年有效剂量及其典型范围。医疗照射来源中,每年约有 31 亿人次接受放射诊断检查(人均年有效剂量 0.62 mSv),4.8 亿人次接受牙科放射学检查(人均年有效剂量 0.0018 mSv),3 270 万人次接受核医学检查(人均年有效剂量 0.031 mSv),510 万人次接受治疗性照射。

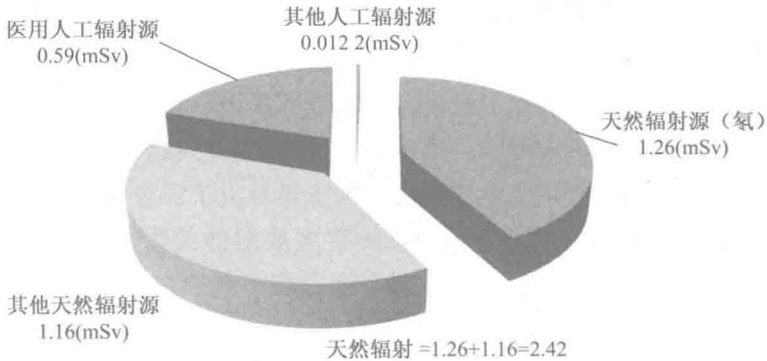


图 1-1 电离辐射所致全球居民人均年有效剂量及其分布

表 1-1 全球天然和人工电离辐射源所致公众的人均年有效剂量

照射来源	人均年有效剂量(mSv)	范围
天然本底辐射	2.4	典型范围 1 mSv ~ 13 mSv, 高本底地区可达 10 mSv ~ 20 mSv, 天然本底辐射占全球公众平均年剂量: 79%
诊断性医疗照射	0.62	不同保健水平国家与地区: 0.03 mSv ~ 2.0 mSv, 不包括治疗
牙科	0.001 8	占全球公众平均年剂量: <0.1%
核科学	0.031	占全球公众平均年剂量: 1.1%
诊断性医疗照射(Σ总计)	0.66	占全球公众平均年剂量: 20%
大气层核试验沉降物	0.005	1963 年高达 0.11 mSv, 北半球高于南半球
切尔诺贝利核事故	0.002	已从最大的 1986 年北半球平均值 0.04 mSv 逐渐下降, 事故现场附近较高
核燃料循环	0.000 2	随核电站的增加而升高, 又随技术的改进而降低

二、医用辐射的发展

X 射线的发现标志着现代物理学时代的到来, 而 X 射线的应用使医学发生了巨大变革, 在过去的 100 多年里, 电离辐射技术以其独特的作用在生命科学、医学诊断与治疗上做出了重要贡献。图 1-2 简要概括了各种辐射在医学中的应用及各分支学科的内在联系与主要内涵。

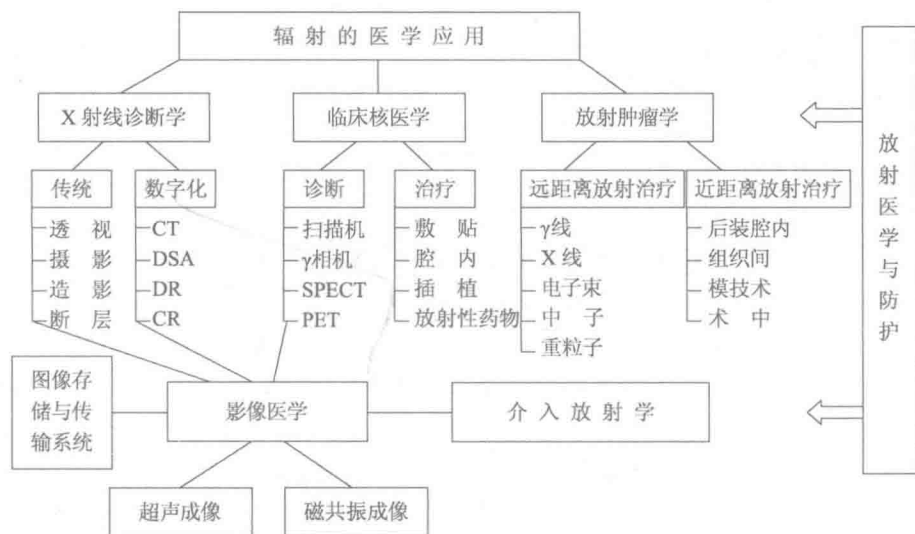


图 1-2 电离辐射的医学应用

(一) 放射诊断学

人体医学 X 线检查包括普通 X 线检查(X 线摄影和 X 线透视)、X 线造影和 X 线特殊检查,如乳腺摄影、体层摄影等。

20 世纪初,人们利用 X 线的穿透性、能激发荧光物质产生可视影像以及能使胶片感光形成黑白影像的特性,在医用诊断 X 线设备上实现了透视和摄影,用以疾病的检查诊断,先后开发了断(体)层 X 线摄影、移动式 X 线透视和摄影、X 线电视、车载 X 线机、C 形臂 X 线机等医用诊断设备,在影像接收器方面研发出影像增强器以及摄影胶片的各种片屏组合增感屏等。

20 世纪 70 年代,随着计算机技术和网络技术的发展,X 线计算机断层(CT)扫描机的出现标志着医学诊断的又一次革命。自此以后,数字化 X 线设备不断涌现,CT 也在短短 20 年间经历了五代更新,随后问世的多排(层)螺旋 CT 又迅猛发展,加上数字减影血管造影(DSA)、数字胃肠点片(DSI)、计算机摄影(CR)、数字摄影(DR)以及双 X 射线源 CT 等新设备、新技术和新方法接连涌现,显著地提高了临床医学中的放射诊断质量。

(二) 放射肿瘤学(放射治疗学)

放射治疗(简称“放疗”)是肿瘤治疗的重要手段之一,从早期的镭针、⁶⁰Co 治疗机、深部 X 线治疗机,到现在的医用电子加速器、 γ 刀、中子刀、质子加速器、放射性粒子植入等新技术方兴未艾。

在肿瘤放疗中,一般处方吸收剂量高达几十戈瑞(Gy),由于放射线在杀伤肿瘤组织的过程中不可避免地损伤了周围的健康组织,如何加强肿瘤放疗的防护与安全,实现放疗的最优化与质量保证,保护接受放疗患者的正常组织等,已经成为放射肿瘤学的重要研究课题,因此在肿瘤放疗中出现了立体定向放疗、三维适形放疗、调强适形放疗、图像导引放疗等新技术的应用,这些新技术的目的是:在同一台治疗设备上做到精确计划(TPS)、精确定位(IG-RT)和精确治疗(IMRT)。

(三) 临床核医学

反应堆和加速器的问世引发了人工制备放射性核素新时代的到来,随着放射性核素标记和示踪技术用于人体脏器的显像及功能测定,放射性核素与医学相结合产生了核医学学科。临床核医学既有各种核素显像与功能测定的诊断检查,又有不断发展的放射性核素标记药物的靶向治疗(俗称“生物导弹”)。

1940 年,放射性核素制剂在临床上开始使用;20 世纪 50 年代,先后研制出扫描机和 γ 照相机;60 年代,^{99m}Tc 发生器和^{99m}Tc 标记显像剂相继用于临床;70 年代,电子计算机的应用把核医学推进到定量与动态核医学的新阶段,

单光子发射计算机断层显像(SPECT)装置问世,使许多功能性的疾病可以通过 SPECT 得以诊断。

20 世纪 90 年代,分子核医学崛起,开创了核医学的新篇章,PET 运用人工生产的正电子发射体的核素标记生理性化合物或代谢底物、氨基酸、受体的配体及水等,可以显示人体脏器或组织的代谢活性及受体的功能与分布,PET 的出现使得医学影像技术达到了一个崭新的水平,它能够无创伤性、动态、定量评价活体组织或器官,并在生理状态下及疾病过程中根据细胞代谢活动的生理、生化改变,获得分子水平的影像信息,这是目前其他任何方法所无法实现的,它为疾病的早期诊断开创了新纪元。

核医学的不断发展同样要求加强与之相适应的放射防护与安全,尤其是核医学中既有外照射又有复杂的内照射放射防护问题,需要重视和加强。

(四) 其他医学应用

(1) 介入放射学 从单一的 X 射线诊断到影像医学的发展,近代医学放射学不仅在疾病诊断上显现出独特的优势,而且随着生物医学、材料科学以及导管、导丝和各种检查技术的发展,已跨越诊断范畴延伸到介入放射学诊疗的时代。

介入放射学(intervemional radiology)是在影像学方法的引导下,采用经皮穿刺插管等方法对患者进行血管造影,采集病理学、生理学、细胞学、生物化学等检查资料,开展药物灌注、血管栓塞或扩张成形、体腔引流以及临床疾病等微创伤的方法进行诊断和治疗。

介入诊断与治疗的领域日益扩大,几乎涉及各个临床学科,尤其是在心血管、脑血管、外周血管以及肿瘤等方面,它的诊治优势越来越凸显,介入医学的发展将与内科学、外科学并列为现代临床医学的三大支柱。但是,介入放射学是近台放射性操作,对患者和有关工作人员所致的照射剂量较大,已成为辐射防护学最难的课题之一。

(2) 非电离辐射应用 医学上非电离辐射的应用包括磁共振成像(MRI)、电磁辐射治疗(如射频消融技术、高频电疗等)、超声波成像与碎石、激光治疗与美容、红外线治疗等。

(3) 医学影像学的融合 影像融合技术是利用计算机将多种影像学检查的图像信息进行数字化综合处理,将多源数据进行空间配准后,产生一种全新的信息影像,以获得对研究对象的一致性描述,同时融合各种检查的优势,以达到辅助诊断的目的。影像融合技术采用医学检查优势互补的方法,集成了传统放射学、数字化放射学、核医学显像、超声波成像、磁共振成像五大类医学成像方法。

21 世纪的医学影像学将成为医学和生物学中发展最快的学科之一,影像学的诊断方法将由以大体形态成像为主向生理、功能代谢成像转变,其对比增强由一般性向组织、疾病特异性转变,图像分析由定性向定量方向发展,诊断模式也由原来的胶片采像与阅读逐渐向数字采像和电子传输的无胶片方向转变。

由于电子学、计算机等信息学科的飞速发展,医学图像的存储和传输通信系统、远程传输、介入放射学与微创外科学的相互融合,在临床医学诊疗中相继出现了 PET-CT、SPECT-CT、PET-MR,以及三种图像融合和区域性图像技术融合处理中心的建立,一个新的“网络影像学”时代已经到来。

三、医学辐射防护学的发展

在 X 射线被发现的第二年,就有个别从事该项研究的人员出现皮炎和眼部炎症,却没有引起人们的重视。早期简陋的 X 射线机以及不当的使用,先后发生了一系列放射损伤案例,如无防护条件的 X 线影像学检查、用 X 线照射治疗强直性脊柱炎引起的放射伤害等,后来人们才开始关注放射线的安全与防护。

1913 年,德国首先成立伦琴学会并发布了有关指南;1920 年后,美国和英国成立 X 线和镭放射防护委员会;1925 年,召开了第一届国际放射学大会,提出以 30 d 内接受 X 线照射出现“红斑”剂量的 1/100 作为“耐受标准”。1928 年,成立了国际 X 线和镭防护委员会(IXRPC),此后由于战争的原因停止了工作,直到 1950 年才恢复工作,并正式改名为国际放射防护委员会(ICRP)。

早期的放射防护从关注明显的躯体效应到进一步考虑突变效应、致癌效应和遗传危险而不断演进,当时人们一直致力于寻求一个能区分危险与安全界限的剂量限值,先后出现过红斑剂量、耐受剂量、容许剂量等现在认为是不够严谨的概念。

1977 年,ICRP 出版第 26 号出版物,淘汰了沿用数十年的“最大容许剂量”概念,提出放射实践的正当性、放射防护的最优化和个人剂量限值三项原则构成的放射防护体系。1990 年,ICRP 以第 60 号出版物取代了 26 号出版物;2007 年,ICRP 的基本建议书又再次更迭,以 103 号出版物取代第 60 号出版物,更新了辐射权重因数和组织权重因数的数值,但放射防护的指导思想依然是不断充实和完善放射实践的正当性、放射防护的最优化和个人剂量限值等三项基本原则构成的放射防护体系。

回顾放射防护的发展历史,放射防护经历了四个阶段的发展历程。第一个阶段是早期提出的“红斑剂量、耐受剂量和最大容许剂量”等;第二个阶段