

医用诊断 X 射线对人员的照射和防护发展趋势

中国医学科学院放射医学研究所 (天津,300192) 王燮华

摘要:伦琴发现 X 射线至今已整整 100 周年,给人类科学、医学的发展带来了巨大的贡献。在医学诊断 X 射线应用中产生的辐射问题,推动了射线防护、技术装备、屏蔽材料的发展。本文介绍国内外有关医用诊断 X 射线对人员的受照剂量、有关防护现状并展望今后辐射防护的发展趋势。

关键词:X 射线 受照剂量 射线防护

1 X 射线的发现、损伤与防护

1895 年 11 月 8 日德国维尔兹堡 (Wüzburg) 大学著名的物理学教授威廉·康拉德·伦琴 (Wilhelm Conrad Röntgen) 首先发现了 X 射线^[1]。至 1896 年末, X 射线已经成为医学界诊断的工具,仅一年内就发表了上千篇论文并出版了 49 部书籍。由于当时广泛地无限地应用 X 射线,引起了对人员难以估计的损伤。1896 年 3 月有人报道了眼睛受 X 射线照射后的刺激反应;同年 4 月见有受照后皮肤烧伤、皮炎和秃发的报告;11 月英国医学杂志刊登了急性放射综合征和放射病的文章。之后,Drury 强调应用 X 线诊断肾结石时应注意对病人的防护。人们的经验和教训对 X 射线应用中的防护问题引起普遍重视。

许多国家对辐射引起人类的危害做了长期的研究。英国学者在 1992 年重新估算了居民中白血病的 12% 是由于医用诊断 X 射线所造成的。我国学者^[2]自 1950~1990 年间对放射科医生恶性肿瘤发病情况进行调查,结果表明,肿瘤发病率明显增加的是白血病、皮肤癌、妇女乳腺癌,其 RR (相对危险) 分别为 2.3、3.9、1.5。1993 年 UNSCEAR (联合国原子辐射效应科学委员会) 报告^[3]指出:世界范围内,公众所受人造辐射源的照射主要来源于医用,年人均剂量当量为 0.3mSv。在医用

X 线诊断领域里,各国设备和防护条件不一,但都存在着 X 射线使用不够合理、胸透频率过高、特检剂量偏大等问题。综上所述,提高诊断水平、改进和更新设备、提供新的防护措施、寻找新的防护材料是防护研究中不可缺少的内容。

2 医用诊断 X 射线对医务人员的照射

医务人员是职业照射中最大的人群,其集体剂量当量超过核工业作业人员。1980 年美国共有放射科医务人员 58.4 万,其年均个人有效剂量当量为 1.5mSv,年集体剂量当量为 407 人·Sv,仅有 0.05% 的人员超过职业限值 50mSv。认为降低人员辐射的因素包括:技术的改进、超声和内窥镜的应用、采用 Imaging Receptors (影像接受器) 和 MRI (磁共振成像) 等。

心导管造影是放射诊断中医生受照剂量较大的一种作业^[4],其特点是每次手术曝光时间较长,平均 23.8 分钟,涉及人员较多。放射科医生每次手术头部受照射剂量为 238 μ Gy、胸部 293 μ Gy、性腺部位 263 μ Gy,总有效剂量当量为 0.17mSv,必须重视个人防护。加拿大学者^[5]报道全国五年内共开展心导管造影手术 1.5 万例,指出某些医生眼晶体受照每年超过 150mSv,经统计每操作 1 例平均有效剂量当量为 0.04mSv,而实习医生大于 1.5mSv,特别是医生的头部每年达

12.8~26.4mSv,这是与医生的工作路线、技术水平、手术情况和操作习惯有关。

3 X线诊断患者的受照剂量和防护

ICRP 第三专门委员会 1989 年提出放射诊断引起患者受照是公众人工辐射源照射的重要组成部分,在保证不断提高诊断质量的前提下,减少患者的吸收剂量是当前辐射防护面临的一项重要任务。

开展 X 线检查,患者各部位组织和器官其吸收剂量相差很大,最大部位是 X 射线入射处的皮肤。组织受到的吸收剂量与 X 射线的检查方式、投照条件等因素有关。当常规 X 线诊断检查时,皮肤受照剂量:胃肠检查最大,胸透次之,胸片最小,胃肠钡餐皮肤剂量是胸透的 12.8 倍,是胸片的 75 倍。从美国具有代表性的 X 线诊断检查中,胸部检查乳腺吸收剂量达 0.1mGy、头颅检查甲状腺为 2mGy、颈椎检查甲状腺为 4mGy、胸椎检查乳腺达 3mGy、腰椎检查子宫为 6mGy、肾盂造影子宫为 8mGy、钡灌肠检查使子宫达到 35mGy、乳腺摄影乳腺为 2mGy,而心导管检查患者皮肤可高达 1mGy^[6]。

3.1 常规检查对病人的照射和防护问题

英国从 1987~1988 年曾对 95 个放射科进行调查^[7],结果指出:X 线诊断对病人造成的照射剂量范围为 0.2~6.6mGy,但 85% 低于 2.4mGy。其中最高的为钡灌肠检查平均剂量当量为 7.69mSv,而胸部检查最低为 0.05mSv。英国国家辐射防护局 1992 年提出降低患者受照剂量的四点建议:①排除对临床无帮助的检查;②进一步降低 5%~10% 的重复照射率;③减少荧光透视的曝光时间;④每次检查减少拍片数目。认为执行以上四点,可使英国公众每年集体有效剂量当量有可能降低 7 800 人·Sv。

我国北京^[8]公众由于医用 X 线诊断检查造成总的集体有效剂量当量是 3 537 人·Sv 和每年每人有效剂量当量为 0.38mSv。

3.2 乳腺检查

Thilander^[9]调查了乳腺 X 线摄影时,乳房平均厚度为 50mm,其乳房表皮 X 线照射剂量为 6mGy,乳腺检查时平均乳腺吸收剂量为 1.2mGy。瑞典辐射防护研究所推荐其吸收剂量限值不超过 1.5mGy。Hammerstein^[10]研究指出,使用干板接受器拍片乳腺吸收剂量为 7.4mGy,而采用胶片/荧光增强接受器则为 0.81mGy,可有效地降低乳腺吸收剂量。

乳腺 X 线摄影越来越普遍,在欧美已成为无症状妇女的常规检查^[11]项目之一,在检查过程中使敏感的性腺受到照射,平均性腺剂量为 0.05~0.3cGy。ICRP 第三专门委员会技术报告认为:从现有的技术水平,无症状妇女从 50 岁开始每年进行乳腺 X 线摄影,则查出并得到及时治疗的乳腺癌数目会大大高于因 X 线摄影检查诱发乳腺的致癌数,从利益与代价分析这类检查是合理的。

3.3 牙科拍片与防护

法国在全国范围内进行了牙科拍片的调查^[12]。1986 年全国拍片 27.6×10^6 张,6% 是全景摄影。牙科检查时,口腔获得剂量小于 1mGy,照片时上腭部为 13.5mGy、上白齿槽骨为 7.4mGy。加拿大学者^[13]应用 LiF 元件在 70~90kVp X 射线条件下全口腔系统(全景)照片共 20 张,患者甲状腺受照剂量为 115~911 μ Gy,如应用铅屏蔽则降低到 60~377 μ Gy,如采用两段角技术(bisecting angle technique)和平行技术(paralleling technique)拍片,则甲状腺剂量可降低 64%~90%。

3.4 透环中的防护问题

由于计划生育的需要,大量采用小型机(15mA X 线机)开展节育环的透视定位检查,增加了全民的照射剂量。这种潜在的危险应引起高度重视。我国学者^[14]开展小型机的防护性能调查指出,15mA 的小型机对医务人员照射剂量较大,如手部剂量高达

4.98mGy·h⁻¹,为200mA大型机的120倍。防护方面应采取隔室透视、采用200mA大型机、开展“管、集、屏”(管:古钱式管线器,集:集光筒,屏:屏蔽防护板)防护三字原则。透环检查会使子宫受到较高的剂量照射,建议妇女每年透环次数尽量减少,最多不得超过4次,避免育龄妇女子宫受到过多的照射。

3.5 心导管检查

心导管检查^[15]使患者皮肤、乳腺、肺、骨髓受到较大的吸收剂量,在照射区皮肤受到0.01~0.79Gy照射。病人器官吸收剂量(mGy)分别为睾丸0.12、卵巢0.27、红骨髓44、肺82、骨表面48、甲状腺2、腹腔脏器19,当平均曝光时间为23.8分钟,病人背部皮肤平均受照0.27Gy。由于心导管检查总曝光时间较长,为满足诊断、保障病人安全、避免意外事故,要求医生对总曝光时间要有所控制。

3.6 CT扫描与防护

CT与传统X线机比较,具有图像清晰、分辨力高、显示断面图像、操作简单安全、资料可贮存和再现等,所以CT的发明是传统X线诊断学的重要发展。1989年英国^[16]有200台CT机,每年检查85万例病人,是公众诊断X射线辐射的重要来源,英国由于CT检查造成集体剂量当量为4500人·Sv,目前检查频率为10/10³,受检者各种检查的受照剂量当量,头部检查为3.5mSv,颈椎1.9mSv,胸椎9.1mSv,腹部8.8mSv,腰椎6.0mSv,而骨盆检查最高为9.4mSv,目前头部CT检查占全部检查的半数。

我国学者^[17]对不同型号的CT机、不同人体部位、不同扫描层次测定了CT扫描室内辐射场的分布,指出CT室剂量场中最大照射量率均出现在离机头0.5m处,各线段上所测剂量率为2.083~2.864×10⁻⁷C·kg⁻¹·h⁻¹。CT机在扫描过程中应避免一切人员留在室内,除病情特殊需陪伴,则所有人员应穿戴个人防护用品,并避开高剂量区以减少不必要的照射。

4 医用诊断X射线的防护方法

4.1 防护原则

医用诊断X射线的防护与外照射防护原则是一致的:①时间防护:提高技术,熟练掌握操作规程,避免重复性照射,尽量缩短曝光时间;②距离防护:采用影像增强器,电视等设备;③屏蔽防护:铅围裙、铅手套、铅椅,为病人设置防护片。

4.2 调整设备因子减少照射

4.2.1 X线照射野

尽可能使用小视野。投照时照射野和躯体准直以及摆正患者的体位,避开性腺部位,使患者的吸收剂量减少到原来的1/10。

4.2.2 线束的过滤

每台X线机球管的输出口必须使用线束过滤器,才能有效地减弱射束中的无用成分。在常规诊断中总过滤器相当于2.5mmAl。

4.2.3 增感屏

选用高效磷光材料制造的增感屏,诸如稀土、钨、钽等材料使增感屏有较好的影像效果。

4.3 器官屏蔽

如屏蔽不影响临床诊断,对患者性腺都应考虑屏蔽。使用铅橡皮防护片可使睾丸吸收剂量减少95%,对女性卵巢部位进行屏蔽可减少吸收剂量约一半。头部X线检查,通过对眼部屏蔽则可使眼睛吸收剂量减少50%~75%。如不采用前后位投影,可使眼睛吸收剂量减少95%。

5 放射诊断中的质量保证

ICRP第三专门委员会1989年^[18]对诊断中的质量保证提出建议:X线机应定期进行检测,花最低的费用使患者接受最小的剂量以获得最佳的诊断信息,其中医学物理学检测包括辐射场的产生、影像质量分析、辐射剂量控制等。70年代初期,一些发达国家就

开始全面实施放射诊断质量保证(QA)和质量控制(QC)计划。我国随着X射线诊断日益普及,也开始着手QC计划和执行检测和评价^[19]。检测指出,受检X线机照射野与光野一致性存在问题较多,不仅增加废片率而且使受检患者受到不必要的附加照射。

6 X射线防护新材料

医用X射线防护材料品种较多,其中效果较好的大部分是复合材料。有采用聚酯玻璃钢和氧化铅粉末复合材料制成的0.55mm Pb当量的铅橡皮,作为儿童性腺防护片,平均防护效果达90.9%^[20]。

Martin^[21]1991年设计了一种专门用于诊断X射线防护材料,采用铅、钨和钡三种原材料组成,当X射线能量在70~120kVp以下透射率为0.11%~5%,优于纯铅。该材料比常规铅围裙的重量减轻30%。我国学者曾采用废印刷锌板又称微晶锌板,其密度为7.15g/cm³,是散射线的良好防护材料,该板0.7mm厚其铅当量为0.2mm。美国学者^[22]介绍二种机房屏蔽材料:一种是废钢材加水泥,另一种是铸铁加水泥,其密度为4.8g/cm³,更适合作为医用加速器机房墙体材料。

7 新技术开发和应用

新技术的开发和推广应用使X线影像技术有了飞速发展,明显降低了患者的受照剂量。自80年代起,国外已应用数字减影血管造影(DSA)X线成像技术,该机是综合影像增强、电视摄像、数据收集和计算机处理而产生的图像。医务人员对该机的防护仍不能忽视,由于高质量的诊断效果,所以被医务界广泛接受。最近国外又推出电子计算机X线摄像术(Computer Radiography, CR)是近年来的一种新的X线成像技术,通过激发发光的磷光体影像板,利用激光扫描发光,由于其灵敏度极高,使受检者X射线照射量可减少75%~90%。印度学者^[23]发现光激发光

(PSL)现象,使X线影像技术又有更新,这是一种BaFBr:Eu²⁺的物质作为胶片材料,其敏感度为一般胶片的100倍。临床应用表明,可使病人受照剂量仅为一般胶片成像造成剂量的 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 。

参 考 文 献

- 1 Kathren RL. Radiation protection. England: Pub. by Adam Hilger Ltd, 1985: 1
- 2 全国医用诊断X线工作者剂量与效应关系研究协作组. 中华放射医学与防护杂志, 1991; 11(3):149-153
- 3 United Nations. Sources and effects of ionizing radiation. New York, United Nations, 1993:221
- 4 王燮华等. 中华放射医学与防护杂志, 1982; 2(6):34-37
- 5 Renaud L. Health Phys, 1992; 62(1): 10-15
- 6 Wall BF et al. Radiat Prot Dosim, 1992; 43(1-4):265-268
- 7 Waren-Forward HM et al. Radiat Prot Dosim, 1992; 43(1-4): 283-286
- 8 Zheng JZ et al. Health Phys, 1990; 50(6): 939
- 9 Thilander A. Radiat Prot Dosim, 1992; 43(1-4): 217-220
- 10 Hammerstein GR. Radiology, 1979; 130: 485
- 11 Prado KL et al. Health Phys, 1988; 55(1): 81
- 12 Benedittini M et al. Health Phys, 1989; 56(6): 903-910
- 13 Wood RE et al. Health Phys, 1989; 56(6): 893
- 14 张志兴. X线透环员防护知识手册. 沈阳:辽宁科技出版社, 1984:1
- 15 Ardran GM et al. Br J Radiol, 1970; 43: 391
- 16 Gray JE. Health Phys, 1993; 64(5): 556-557
- 17 林春培等. 中国辐射卫生, 1995; 4(1):29-30
- 18 王作元译. 国际放射防护委员会关于现行放射诊断中患者防护原则的概述. 北京:原子能出版社, 1991:17
- 19 尉可道等. 中华放射医学与防护杂志, 1993; 13(4):263-266
- 20 李金全等. 中国辐射卫生, 1994; 3(1):44-45
- 21 Martin JY et al. Health Phys, 1991; 60(5): 661-664
- 22 Barish RJ et al. Health Phys, 1990; 58(1): 37
- 23 Lakshmanan AR et al. Radiat Prot Dosim, 1994; 55(4): 247-255

(收稿日期:1995-05-05)