

医用放射源防护的现状与进展

石二为

中图分类号: R147 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2007)02-0255-02

放射医学的发展使更多新技术和新方法在放射诊断和治疗领域得到了广泛的应用,与此同时,这些新技术的应用也可能导致医务人员、受检者和公众的照射剂量的增加。比如放射介入治疗技术可以延长患者的生命或提高生命质量,但也有可能导致患者的皮肤损伤。同时,介入治疗的工作人员也成为受到职业照射剂量较高的人群。为保护医护人员,公众和患者受到不必要的照射,放射防护工作人员要帮助医务人员在实践新技术和新方法过程中采取合理手段,为防止和降低危害程度而提供建议或采取防护措施,其中既包括技术方面的研究如建筑屏蔽的计算,个人防护用品的研制,也包括管理方面的控制如对患者受照剂量的监控等方面。在医用诊断放射学、核医学和肿瘤放射学领域中不同类型的辐射及不同的剂量水平,对防护的要求不同。为达到防护最优化的目的,应采取不同的防护方法和措施。

1 医用诊断放射学的辐射防护

医用诊断放射学是为了获得用于诊断影像而使患者接受一定剂量的辐射。这一方面的辐射防护已经发展的比较成熟,但随着放射诊断新技术技术和方法的出现,进一步开展放射防护的研究是必要的。既可以通过对医务人员进行放射防护知识的培训及对患者的受照剂量的进行监测等方法来降低患者和医务人员的受照剂量,也可以通过改进射线装置来达到防目的。比如放射介入治疗中采用先进的脉冲图像采集透视模式可以显著降低医生和患者的受照剂量。做放射介入的医务人员每天穿戴防护服的时间最长可达到几个小时,工作人员在做心脏中消融过程中在铅围裙下的剂量大约在 $2\mu\text{Sv h}^{-1[1]}$ 。通

作者单位:辽宁省疾病预防控制中心,辽宁 沈阳 110005
作者简介:石二为(1967-),男,辽宁阜新,主任技师,主要从事放射卫生防护检测工作

过研制更加轻便的并具有相同的防护效果的防护服材料,可以使医务人员在长时间的工作下更舒适。

近年来,CT引导也已应用到介入放射学中,工作人员受到的照射剂量也很高。比如在给患者做检查过程中工作人员的手部剂量可达到 $0.6\sim 1.5\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ 。铅手套只降低手部剂量的10%~40%,而且操作不方便。采用断续的图像获取模式可以显著降低受照剂量,当必须要使用连续图像获取模式时,建议使用辅助工具尽量保持手部不在主射线束内。对高速大输出量的CT机,也应考虑在对头部位地面地的屏蔽。地面屏蔽可降低对身体94%到99%的散射线^[2]。照射室的屏蔽设计充分保护了医务人员和公众受到的危害。虽然对公众的推荐年有效剂量限值从 5mSv 改为 1mSv 对射线的屏蔽还是足够的,由于放射防护人员在设计时经常使用保守的假设,比如忽略了石膏墙板对射线的防护作用。石膏墙可以有效屏蔽低能辐射,如屏蔽乳腺机产生的散射线^[3]。在计算屏蔽厚度时,实际工作的管电压值比防护设计的管电压要小很多。新型设备的漏射线辐射也在逐步减少,但由于球管固定装置硬化了射线,使射线的穿透力更强。主射线束在到达主屏蔽墙之前的衰减也应予以考虑。

2 临床核医学的辐射防护

核医学发展经历了不同阶段,现已发展成多个分支学科,包括如心脏核医学,正电子发射应用学,放射性单克隆抗体治疗学。核医学工作人员在制备注射放射性药物时,如淋洗 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器过程要处理大量放射性物质,由于他们的受到照射的可能性很大,通常需要屏蔽来降低全身和手部剂量。使用不同的注射屏蔽物可显著降低手部剂量,其中,铅袖式注射屏蔽可以最大程度地降低手部剂量。操作人员的熟练程度也影响防护效果。在诊断过程中也可能对仪器和周围人群带来放射性污染,如患者在吸入气溶胶过程中,患者嘴部周围的漏出可导致

1.1 法律法规意识淡薄 放射工作单位有关领导及工作人员,对国家关于放射卫生防护的法律法规知之甚少。因此,法律意识淡薄,法制观念不强的现象普遍存在。《放射性同位素与射线装置放射防护条例》,颁布实施已经十多年了,给放射防护监督管理工作提供了法律依据,对保障放射性工作人员及公众的人身安全起了重要作用。但在具体工作中,由于一些工作人员对应当履行法律赋予的职责不清,不能自觉地接受放射防护的监督管理和监测。甚至有些单位仍不经有关部门批准而私自购进、使用放射性同位素和含X射线装置的设备,为日后的工作埋下了重大的安全隐患。

1.2 工作人员的专业素质偏低 在众多从业人员中,有很多工作人员没有经过系统的专业培训,业务水平很难胜任本职工作,加上对防护及有关法律法规知识贫乏,难于保证放射工作达到防护要求,某些医疗单位片面追求经济效益,鼓励工作人员过多使用照射仪器而造成大量的非正当照射。

2 解决问题的措施

2.1 宣传卫生法规,普及防护知识 为了使放射工作人员及公众充分认识放射事故的危害性,增强自我保护意识。我们要通过培训班、宣传栏、广播电视等形式多样的宣传,使各放射工作单位领导及放射工作人员深刻领会《条例》精神,重视放射

防护工作,增强守法意识,自觉地采取有效防护措施,提高单位的自主管理意识。

2.2 工作人员的专业培训 放射防护知识的培训,根据《条例》要求,放射工作人员必须持证上岗,所以工作人员必须在学习了《条例》及有关法律法规、放射防护知识,且经考试合格后,方可领取工作人员上岗证,否则不能上岗。

2.3 严格购置手续,依法办事 根据《条例》规定,对不经有关部门审批,而擅自购买放射源的,一经发现,要依法进行处理。对依法购买放射源的单位,也要严格审批手续。另外,还要对单位所使用的不同放射源种类,制定相应的使用制度,并做到有章可循,奖惩分明。

2.4 加强常规性的监督监测 监管部门必须认真贯彻《条例》的各项规定,强化法制管理,对管辖范围内的放射工作场所进行经常性的监测工作,做到及时发现问题,即使整改,同时检查各单位制度建立情况,放射防护工作开展情况。定期对各放射工作单位进行综合检查,促进各单位加强自主管理,自觉接受执法部门的监督。

2.5 建立健全管理档案 根据管理规定,建立健全射线防护组织制度和资料档案管理,使防护管理有章可循,问题改进及处理结果等有据可依。

(收稿日期: 2006-12-12)

放射性污染,因此佩戴口罩可以有效地控制污染的发生。工作人员的分工要明确,并对静脉注射器械及移动式废物箱等要严格检查,以减少污染的发生。注射药物后的患者在做检查前后经常在医院随意走动或被安排做其他检查,这方面的二次照射也应引起重视。对接受 ^{201}Tl 检查做血液透析患者的监测表明,这些患者没有对透析仪器造成污染,在距离患者 10m 处的剂量率低于 $3\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$,在患者做透析循环过程中排出的总活度约为 $6\times 10^3\text{Bq}$ 。透析用的试管需要贮存衰变处理。接受诊断水平放射性药物的患者带给周围人群的剂量测量可以通过佩戴TLD剂量计来估算,患者给家人和同事的剂量在到 $7\sim 20\mu\text{Sv}$ 。调查研究表明,患者接受诊断水平的放射性药物通常不会对周围的人群带来显著的辐射照射。放射性碘多年来被用于治疗良性和恶性甲状腺疾病。对一些注射治疗甲状腺疾病的 ^{131}I 的患者家庭成员的监测表明,有97%成人和89%的孩子接受的剂量小于 5mSv 。他们在旅行中给公众带来的剂量平均在 0.03mSv 。接受放射性治疗水平药物的患者可以出院的规定是可行的,患者带给公众的照射剂量低于 5mSv 。

接受治疗甲状腺机能亢进和癌症的 ^{131}I 的透析患者,其有效半衰期从 $1\sim 7\text{d}$ 这个变化受透析过程的 ^{131}I 从血液中的排出率和肾对 ^{131}I 的过滤能力的影响。在距离患者 30m 的剂量率在治疗后的42h最高($0.064\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$)。工作人员接触患者的时间较短,最长的接触时间不到 15min 。因此,接受 ^{131}I 治疗甲状腺疾病的患者在透析过程中对工作人员的辐射危害是很小的 $^{[3-5]}$ 。

对治疗用放射性废物的处理和给公众带来的照射剂量是主要关心的问题。对 ^{131}I 在排水管道中的传输的特点表明,管道内的有机物对碘的吸附使其传输的时间比其他废物的时间更长。焚烧含碘的垃圾对公众的照射剂量在22星期内约 $0.06\mu\text{Sv}$ 相当于每年 $0.14\mu\text{Sv}$ 。占公众受到的本底照射的很小一部分 $^{[6]}$ 。

正电子发射(PET)放射性药物的生产过程比 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 等其他标记性放射性核素有更大的照射危险。正电子湮没可产生 511KeV 光子。患者,剂量仪及传送系统都可以成为很强的辐射源。对接受PET放射性药物的患者要使用屏蔽防护。通过对传输管线的合理布局,使用高流量的管线,控制传输系统故障的发生可降低辐射剂量水平。生产PET药物的过程可产生含有放射性核素的气体。公众的受照剂量取决于设备的特性及与公众的相对位置等因素。通常,根据排出物浓度水平,每周生产放射性药物的次数不宜超过4次 $^{[7]}$ 。

3 肿瘤放射学的辐射防护

由于现代肿瘤放射治疗越来越多地使用高能射线及高活度放射源,保护医务人员和公众避免受到高能射线的辐射是主要关心的问题。由于直线加速器产生的高能光子能够产生中子,对高能辐射防护不仅需要增加屏蔽厚度,还要考虑选择适合的物质屏蔽中子,因此,对高能加速器的屏蔽设计是比较复杂的,一些防护设计中使用的参数也在不断的探讨和修订。比如,高能加速器主射线和漏射线的衰减情况并不相同,24MV漏射线的十分之一层厚(TVL)比主射线的十分之一层厚小 13cm 。因此如果按照主射线束的数值计算漏射线的屏蔽,就会导致设计过厚。对于由低能设备更新为高能加速器的防护,需要增加水泥墙的屏蔽厚度,但也使照射室的空间变小。如果使用金属和水泥同时进行防护的方式,可以改善这一问题,但同时在照射室外可能存在中子辐射场。如果把金属屏蔽物放在照射室的内层水泥墙外,用钢屏蔽代替铅可以减少中子辐射水平。钢的不均匀分布也可影响光子和中子的穿透性。计算中子在高密度水泥中的衰减需要按照普通水泥的计算进行修正,否则计算误差很大。加速器产生不只单一能量,在计算使用因子是要充分考虑。在临床中等中心位置的总剂量的80%来自于使用6MV的X射线,不到25%的治疗照射野超过 200cm^2 。防护人员在设计时要考虑不只一种使用因子,特别是医疗研究部门所使用的加速器。因此,如果计算的工作负荷比实际的工作负荷偏高,漏射线水平的计算也是按照规定的限值,漏射线的十分之一层厚按照主射线计算,这些影响因素都会使高能加速器的屏蔽计算过于保守 $^{[8]}$ 。

近距离放射治疗是使用密封的放射源来治疗良性和恶性疾病。包括临时性或永久性植入治疗肿瘤。对临时性植入患者,要住院治疗以防止对公众和医务人员的照射。一些医院通过增加在患者所在房间墙屏蔽厚度或使用移动式床边屏蔽可以降低相邻场所的剂量水平和医务人员的剂量,或者把患者的房间放在走廊的一端或使相邻的房间为空房间也可以减少对公众的剂量。高剂量率的近距治疗要经常使用特殊的设备把高活度的放射源从屏蔽罐中取出放在患者肿瘤部位,治疗时间相对较短,一般为几分钟。所以应严格控制以防止出现差错。美国放射物理师协会制定了对高剂量率的近距治疗建议书,包括质量保证和应急措施。高剂量率的近距治疗在屏蔽的房间,并有安全联锁装置。治疗室周围的剂量率由于有防护墙屏蔽而低于规定限值。偶而,高剂量率的近距治疗也在没有屏蔽的房间,这时要使用移动式屏蔽以保证周围场所不超过剂量限值。近年来,使用 ^{192}Ir 源、 ^{90}Sr 或 ^{32}P 源进行血管外近距离治疗。对医生和技师的剂量监测表明,在铅围裙后的平均剂量分别是 $9\mu\text{Sv}$ 和 $3.9\mu\text{Sv}$ 。腕部剂量达到 $163.2\mu\text{Sv}$ 。完成1000次治疗的技师的年受照剂量达到 $1.9\text{mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ 。心脏科医生,肿瘤医生,物理师和助手的每次治疗的最高剂量分别是 $10\mu\text{Sv}$ 、 $10\mu\text{Sv}$ 、 $7\mu\text{Sv}$ 和 $5\mu\text{Sv}$ 。因此从事血管外的近距治疗的工作人员的受照剂量低于职业照射的年剂量限值 $20\text{mSv}\cdot\text{y}^{-1}$ 。移动式屏蔽可以降低治疗室外的辐射水平,使每次治疗可以小于 $0.5\mu\text{Sv}$ 。因此对已有治疗室不必增加屏蔽也可以保证公众的剂量低于剂量限值 $^{[9]}$ 。

4 结论

放射防护工作人员对保护医务工作者、受检者和公众的安全做出很大贡献。包括对设备防护屏蔽的设计,对工作人员的剂量监测和公共场所的监测,制定操作放射源的操作程序,个人防护用品的合理使用,制定控制公众接受剂量限值,以及合理处理放射源。开展放射卫生防护方面的研究,以最低的代价最大程度地保护医务人员、患者和公众,并协助其他医务人员开发新的放射诊断和治疗技术。

参考文献

- [1] Mack L, Weerasooniya R, Jais P, et al. Radiation exposure during radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation [J]. Pacing Clin Electrophysiol 2003; 26: 288—91.
- [2] Nickoloff EL, Khandji A, Dutta A. Radiation doses during CT fluoroscopy [J]. Health Phys 2000; 79: 675—681.
- [3] Leslie WD, Havebeck J, Palser R, et al. Large-body radiation doses following radioiodine therapy [J]. Nucl Med Commun 2002; 23: 1091—7.
- [4] Siegel JA, Sparks RB. Radioactivity appearing at landfills in household trash of nuclear medicine patients [J]. Health Phys 2002; 82: 367—372.
- [5] Rutar FJ, Augustine SC, Colcher D, et al. Outpatient treatment with ^{131}I antibody: radiation exposure to family members [J]. Health Phys 2001; 42: 907—915.
- [6] Thompson MA. Radiation safety precautions in the management of the hospitalized ^{131}I therapy patient [J]. Nucl Med Technol 2001; 26: 302—5.
- [7] Methe BM. Shielding design for a PET imaging suite: a case study [J]. Health Phys 2003; 84: 83—88.
- [8] Kase KR, Nelson WR, Fasso A, et al. Measurements of accelerator-produced leakage neutron and photon transmission through concrete [J]. Health Phys 2003; 84: 180—187.
- [9] Folkers KH, Franz A, Kiefer A, et al. Radiation exposure of health personnel and patients in the heart catheterization laboratory during vascular brachytherapy [J]. Health Phys 2002; 91: 493—502.

(收稿日期: 2006—12—20)