

【剂量·防护】

谈医用 X 射线影像诊断机房防护监测与评价

夏科英 廖 彤

中图分类号: T142 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2012)01-0041-02

【摘要】 目的 正确理解医用 X 射线影像诊断机房防护监测结果。方法 用现行国家防护标准对检测结果进行分析、评价。结果 低于国家防护标准的检测结果其防护是安全的。结论 辐射防护监测必须按国家防护标准评价。

【关键词】 医用 X 射线; 剂量; 防护

随科技进步,人们生活水平提高,医疗保健成为公众追求健康与生命质量的主要手段,促进了医用 X 射线诊断机的普及应用,医用辐射已成为人类最大的辐射来源。

依照国家卫生部令^[1]规定,把放射诊疗工作按照风险和技术难度程度分为四类:即放射治疗、核医学、介入放射学和包括: X 射线 CT、CR、DR、牙科、乳腺与普通 X 射线与诊断在内的 X 射线影像诊断的第四类。相对来说, X 射线影像诊断属于风险和技术难易程度最低一类,所以这一类机房的屏蔽防护只要按国家标准^[2-4],对工作人员或公众都是安全的。但实际仍有相当部分 X 射线影像诊断工作人员,对他们的工作环境辐射水平不放心,总认为受到的照射会超过国家规定的剂量限值。只要在工作环境中的操作位,或防护门或观察室窗,防护墙外 30cm 处测出剂量率,即使是远低于国家标准要求也认为是漏辐射线而不可接受,认为这是不符合防护与安全的最优化;有的甚至认为 X 射线机关机后在机房内仍有 X 射线残留。这些认识不仅影响了工作人员的积极性,给他们在思想上留下严重的恐惧感,甚至会给他们的健康造成辐射危害。为此,本文试图用国家防护标准,从防护与受照剂量有大小谈谈看法。

1 医用 X 射线诊断机房防护

对医用 X 射线影像诊断机房防护,国家已针对性制定了国家标准,从机房的设置位置、面积与高度、通风、特别是机房辐射屏蔽防护都作出了具体的要求。“摄像机房中有用射线束朝向的墙壁应有 2mm 铅当量的防护厚度。其他侧面应有 1mm 铅当量的防护厚度;透视机房侧壁应有 1mm 铅当量的防护厚

度,设于多层建筑中的机房天棚、地板应视为相应侧墙壁考虑^[2]”。“机房的建筑材料以普通砖墙为宜,一般 24cm 厚实心砖墙只要灰浆饱满、不留缝隙,即可达 2mm 铅当量”^[2]。也就是说 X 射线诊断机房的屏蔽防护,只要达到上述要求,机房外的空气比释动能率应符合国家标准^[2]要求。而现实是绝大多数医用 X 射线诊断机房的屏蔽防护几乎都超过国家标准^[2]规定的屏蔽厚度。几乎所有的工作人员都是在机房外通过含铅玻璃的观察窗的操作位对机房内的患者进行摄影或透视诊断的。或者说都在机房建造前已经职能部门对项目的辐射危害进行了职业病危害(放射防护)预评价和核技术应用项目环境影响评价,对机房位置、环境、布局、特别是四面墙与防护门、观察窗及地板、天棚都按国家标准作了防护评价。故此,在防护检测中,医用 X 射线诊断机据“医用 X 射线诊断各种操作位置辐射防护水平(包括透视防护区测试平台空气比释动能率、摄影操作区辐射水平检测等),可作为评价工作人员所受职业照射提供一部分依据,但具体评价应结合工作人员实际工作负荷”^[3]的要求,保证工作人员的受照射剂量不仅低于国家规定的剂量限值,还要低于剂量限值设定的剂量约束值(或称剂量管理目标值)。所以在防护设计中,应用“X 射线机房的防护厚度,应保证在预计的每周最大工作负荷条件下,其周围区域的人员之受照射剂量,不超过其相应的有效剂量限值,根据这一原则,其导出限值是①如果公众中的个体成员在邻近地区可能度过任何连续的时间(如在居室或病房内),则每周的剂量限值为 20 μ Sv;②其他公众成员为 100 μ Sv^[5]。

如以此防护要求对工作人员和公众的受照射剂量进行估算:以通常的工作时间按每天 8 小时、每周 5 天、每年 50 周计,以公众中在机房邻近地区可能度过任何连续时间要求的周剂

作者单位:广东省环境辐射监测中心,广东 广州 510305

作者简介:夏科英,女,研究生,工程师。

表 3 2010 年个人剂量盲样比对热释光系统
测量值以及不确定度计算结果

编号	1 [#] (mSv)	2 [#] (mSv)	3 [#] (mSv)	本底(mSv)
1	0.889	0.525	2.366	0.249
2	0.815	0.493	2.550	0.242
3	0.897	0.515	2.372	0.249
4	0.816	0.477	2.341	0.256
5	0.913	0.531	2.559	0.259
6	0.456	0.509	2.577	0.256
7	0.856	0.535	2.459	0.258
8	—	0.531	2.493	0.254
平均值	0.806	0.515	2.465	0.253
标准偏差	0.042	0.021	0.095	0.006
不确定度(k=2)	0.046	0.022	0.082	—

3 结论

通过以上两次盲样比对,本实验室的热释光个人剂量系统符合 GBZ128-2002《职业性外照射个人监测规范》的要求,并由中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所颁发全国职业性外照射个人剂量监测盲样比对合格证书。这也为呼和浩特市疾病预防控制中心今后开展个人剂量检测提供了质量保证,同时也说明该仪器在测量热释光剂量方面具有优良的性能。我们的体会是在放射工作人员个人剂量监测过程中除了要有熟练的操作技术和精准的仪器外,筛选良好的剂量元件是一个很重要的步骤。这些都直接体现在对工作认真负责的态度和爱岗敬业的精神,也是我们做好辐射防护工作的质量保证。

参考文献:

[1] GBZ128-2002 职业性外照射个人监测规范[S].

[2] GB10264-88 个人和环境监测用热释光剂量测量系统[S].

(收稿日期:2011-05-09)

量为 $20\mu\text{Sv}$ 为例,则年剂量为:

$$20\mu\text{Sv}/\text{周} \times 50 \text{ 周} / a = 1\,000\mu\text{Sv} = 1\text{mSv}。$$

如把 $20\mu\text{Sv}$ /周剂量均分配至每一天,即 $20\mu\text{Sv}/\text{周}/5\text{d} = 4\mu\text{Sv}/\text{d}$,如再分配至每天的 8h,即为 $4\mu\text{Sv}/\text{d}/8\text{h}/\text{d} = 0.5\mu\text{Sv}/\text{h}$,也就是说在此条件下,公众所受照射的年剂量为 1mSv 。按①叙述条件,不仅是符合此条件的公众中的个体成员,也适用于进行隔室操作的 X 射线诊断工作人员的受照射实际,也是把此种条件下的居留因子当作 1、且把束定向因子(利用因子)也当作 1 的结果。对公众中的个体成员而言,居留因子和束定向因子并非都是 1。而一般是 $1/4 \sim 1/16$,似有理由相信,即使每天 8h 都受到 $0.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的 X 射线照射,每周工作 5 天,全年 50 周受到的年剂量不考虑居留因子和利用因子条件下估算为 1mSv ,如考虑居留因子和利用因子的实际,那么工作人员受照射年剂量显然小于 1mSv 。

再者从工作人员实际负荷来进行剂量估算:如以 X 射线影像诊断摄影或透视一次时间按 1 秒钟计,每天 8h 内为 600 名患者诊断,则每天诊断时间为 $1\text{s}/\text{名} \times 600 \text{ 名} = 600\text{s} = 10\text{min}$,也就是说每天工作的实际工作负荷为 10min,而 8h 内的其他时间因没有进行诊断(或没开机)就没有受到 X 射线照射,受照射的时间仅为 8h 中的 10min($10\text{min}/480\text{min} = 1/48$)。

若从理论上将 10min 受到照射按①的每天 $4\mu\text{Sv}$ 计,那么换算成受照射剂量率应为 $4\mu\text{Sv}/10\text{min} \times 60\text{min} = 24\mu\text{Sv}/\text{h}$,即若 X 射线照射剂量率为 $24\mu\text{Sv}/\text{h}$ 条件下受到 10min 照射,那么这一天工作人员受照射剂量为 $4\mu\text{Sv}/\text{d}$,当然这只是一种假设,实际上是不允许这种剂量率条件下的照射。

而对医用 X 射线诊断机房的现场实际监测结果,一般的水平为 $1\mu\text{Sv}/\text{h}$ 左右,有的更低。若现以控制水平不超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 为例,则每天 10min($1/6\text{h}$)的受照射时间里将会受到 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 里的 $1/6$,即 $0.42\mu\text{Sv}$ 的照射,也远低于把 $20\mu\text{Sv}$ 周剂量限值均匀分配至每天的 $4\mu\text{Sv}$ 。由此有理由相信,如对 X 射线诊断机房屏蔽防护监测结果低于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$,如工作人员的居留因子和利用因子都为 1,公众的居留因子取 $1/16$,利用因子取 $1/4$ 的条件下,工作人员与公众成员的受照射剂量不仅低于国家标准规定的剂量限值,也低于相应的剂量约束值,符合防护与安全的最优化要求,把“个人受照射剂量的大小,以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平”^[6]。

若利用其它公众成员为 $100\mu\text{Sv}$ 的导出周限值,同理,若将周剂量均匀分配至每天,考虑到公众成员的居留因子为 $1/16$,即使不考虑利用因子,用上述方法可估算出每天的受照射剂量,进而估算出年剂量。不难看出,公众成员所受年剂量不仅低于国家标准规定的剂量限值,也低于相应的剂量约束值。表明,这样的结果也是符合“防护与安全的最优化”^[6]要求。

2 医用 X 射线 CT 机房防护

对 X 射线 CT 诊断机的屏蔽防护。要求是“机房的辐射屏蔽应同时满足:机房外的人员可能受到的受照射的年有效剂量小于 0.25mSv (相应的周有效剂量小于 $5\mu\text{Sv}$);在距机房表面 0.3m 处空气比释动能率小于 $7.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”^[4]。对机房的屏蔽要求“一般工作量下的机房屏蔽: 16cm 混凝土(密度 $2.35\text{t}/\text{m}^3$)或 24cm 砖(密度)或 2mm 铅当量。较大工作量时的机房屏蔽: 20cm 混凝土($2.35\text{t}/\text{m}^3$)或 37cm 砖(密度 $1.65\text{t}/\text{m}^3$)或 2.5mm

铅当量。”^[4]

也就是说,如 CT 机房的屏蔽防护达到上述 $2 \sim 2.5\text{mm}$ 铅当量的防护要求,那就同时满足机房外的人员年剂量小于 $0.25\mu\text{Sv}$ (相应的周有效剂量小于 $5\mu\text{Sv}$)和距离机房表面 0.3m 处空气比释动能率小于 $7.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求。而现实中 X 射线 CT 机房的屏蔽防护的实际厚度几乎都超过标准^[4]规定的要求,据此,我们用同样的保守条件,假设一台 CT 机每天诊断 100 例患者,且以每例 4s 计,那么工作人员每天的工作负荷,即每天实际接收 X 射线照射的时间应是 400s,相当于 6.7min。如以标准规定的“距机房表面 0.3m 处空气比释动能率小于 $7.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”^[4]估算出每天的受照射剂量应该是 $7.5\mu\text{Sv}/60\text{min} \times 6.7\text{min} = 0.84\mu\text{Sv}$,明显小于按标准规定的“机房外人员可能受到的受照射的年有效剂量小于 0.25mSv (相应的周有效剂量小于 $5\mu\text{Sv}$)”分配至一周内的每一天的剂量 $1\mu\text{Sv}$ 。而我们假设的每天诊断 100 例患者的工作负荷,在我们对 CT 机工作人员工作负荷的调查中几乎不可能出现,而据我们对 CT 机房屏蔽防护监测的结果,在距离机房表面 0.3m 处的空气比释动能率几乎都小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$,且绝大部分都在 $1\mu\text{Sv}/\text{h}$ 水平。如按相同的每天诊断 100 例的 6.7min 的工作负荷,接受空气比释动能率为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的 X 射线照射,那么工作人员每天接受的 X 射线受照射剂量应为 $0.28\mu\text{Sv}$;如接受的是 $1\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的照射,那么工作人员每天的受照射剂量将低至 $0.11\mu\text{Sv}$ 。可看出,只要 CT 机房的屏蔽防护同时满足“机房外的人员可能受到的受照射年有效剂量小于 0.25mSv (相应的周有效剂量小于 $5\mu\text{Sv}$);在距机房外表面 0.3m 处空气比释动能率小于 $7.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”^[4]的要求,对机房外的工作人员与公众的健康与安全是有保障的。

3 结论

由此可以有理由认为,若医用 X 射线影像诊断的启用只要经过职业病危害(放射防护)预评价和核技术应用项目环境影响评价的,其机房的屏蔽防护效果监测结果:空气比释动能率只要不超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$,工作人员和公众成员受 X 射线照射的年剂量不仅低于国家规定的剂量限值,也低于由审管部门认可的剂量限值的 $1/4$ 的剂量约束值。做到了把“个人受照射剂量的大小,受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平”^[7]。因为符合了“这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件”,是实施“防护与安全的最优化”的结果。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部令第 46 号,放射诊疗管理规定[S].
- [2] GBZ130-2002 医用 X 射线诊断卫生防护标准[S].
- [3] GBZ138-2002 医用 X 射线诊断卫生防护监测规范[S].
- [4] GBZ180-2002 医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范[S].
- [5] 张丹枫,赵兰才.辐射防护技术与管理 第一卷[M].南宁:广西民族出版社,2003.
- [6] GBZ18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [7] 李德平,潘自强.辐射防护手册 第二分册 辐射防护监测技术[M].北京:原子能出版社,1988.

(收稿日期:2011-11-31)