

• 防护技术研究 •

介入放射学个人防护用品的研制

张丹枫 李桂秋 张为民

【摘要】 目的 为介入放射学提供符合辐射防护最优化的个人防护用品。方法 模拟介入放射手术条件,测量不同厚度的铅胶板对介入手术者身体主要部位散射线的防护效果,确定最佳防护厚度;根据安全、轻便、舒适、方便的原则,通过对国内外产品的对比分析,征求介入放射学者的意见,设计防护用品的理想结构形式。结果 研制出防护帽、防护颈套、防护眼镜、防护面罩和防护服等可供介入放射学选用的系列防护用品。结论 应用这些防护用品,能确保介入放射学者的安全,并可减轻其不必要的负重,有利于介入手术操作。

【关键词】 介入放射学;辐射防护;个人防护用品

Study and manufacture of individual protective articles for radio interventional operators ZHANG Dan-feng, LI Guiqiu, ZHANG Weiming Shandong Province Academy of Medicine and Science Jinan, 250062

【Abstract】 Objective To provide the possible finest individual protective articles dealing with the radiation protection for the radio interventional operators. Methods Methods of the study include (1) establishing the virtual conditions of radio interventional operations; (2) measuring the protective efficacy of the lead rubber of different depths for different parts of the radio interventional operators; (3) determining the most rational protective depths; and (4) designing probably the most perfect structure of the protective articles on the basis of analyzing the corresponding products both at home and abroad, collecting the opinions of the radio interventional operators and other specialists, and in line with the principle of safety, lightness, comfortability & convenience. Results Series of protective articles including protective hat, neck scarf, glasses, and other clothings were manufactured. Conclusions These protective articles could ensure safety for the radio interventional operators, reduce the operators' load and, facilitate radio interventional operations.

【Key words】 Interventional radiology; Radiation protection; Individual protective articles

介入放射学发展迅速,应用日益广泛。介入手术者在无防护条件下进行操作,其身体主要部位的受照剂量可能超过国家标准规定的剂量限值^[1,2]。因此,介入手术者需要穿戴个人防护用品,例如防护帽、防护颈套、防护眼镜或面罩和防护服等来保护自身。目前市售进口或国产的个人防护用品,形式多样,防护面积和防护厚度大小不一。但其防护厚度多在 0.35mm 铅当量以上。一件前身与后身均有防护的防护服,无论进口或国产者,均重达 7kg 以上。手术医生如此负重连续工作数小时,实难承受,特别在夏季。为了给介入手术医生提供符合辐射防护最优化的防护用品,减轻其不必要的负重,我们对屏蔽介入手术医生身体主要部位散射线的最佳防护厚度以及防护用品的理想结构形式进行了研究,报道如

下。

材料与方法

一、测试条件

(一) 射线装置 甲院应用德国 Siemens 公司 Polydors 80 型数字减影 X 射线机;乙院应用德国 Siemens 公司 ANGIOKOP A33 型 800mA 血管造影机;丙院应用美国产 OEC-9600 型 C 型臂 X 射线机。

(二) 体模 乙院采用标准水模,外径 300mm × 250mm × 150mm,内装自来水;甲院及丙院均采用直径 250mm 之塑料桶;内盛 180mm 深自来水代替。

(三) 照射条件 床下球管,正位投照,照射野 200mm × 200mm, kV、mA 自动调节,甲院为 74kV, 2.4mA;乙院为 70kV, 2mA;丙院为 70kV, 2.1mA。

(四) 测试仪器 西安二六二厂生产 FJ-347A 型 X、γ 剂量仪(新出厂标定产品)。

作者单位: 250062 济南 山东省医学科学院(张丹枫);济南市市中区红杏时装制做部(李桂秋 张为民)

二、材料来源
不同厚度铅胶板及铅胶制品由山东医学科技服务部提供。

三、研究方法
(一) 最佳防护厚度的测试 模拟介入手术者进行右侧股动脉穿刺插管的操作位置, 按 170cm 高的中等身材, 其身体主要部位距地面的高度分别为头部 160cm, 胸部 130cm, 腹部 90cm, 下肢 60cm, 分别测量在有、无防护条件下身体各部位的剂量率, 计算其屏蔽效率。计算公式: $P = \frac{H_0 - H_1}{H_0} \times 100\%$, 式中, P—屏蔽效率(%), H_0 —无防护时仪器读数($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$), H_1 —有防护时仪器读数($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$)。
(二) 理想结构形式的确定 根据安全、轻便、舒适、方便的原则, 通过对国内外产品的对比分析,

广泛征求介入放射学者的意见, 博采众长, 亲身体验, 对不同防护用品或同一件防护用品的不同部位, 设计最佳防护厚度和穿戴舒适方便的结构形式。

结 果

最佳防护厚度测试内容与结果。在有、无介入防护装置和不同厚度铅胶板的条件下, 对介入手术者身体前面、后面、侧面以及头顶部的散射线分别进行了测试, 结果见表 1~ 表 3。
将表 1 中的数值, 以铅胶板的铅当量为横坐标, 与铅当量相应的屏蔽效率为纵坐标, 绘制屏蔽效率曲线图(见图 1)。
在介入手术者头胸部的前面用防护屏遮挡, 后面用 0.4mm 铅当量的铅胶板遮挡, 中间留 200mm 的空隙, 将仪器探头置于中间并朝向左侧方, 测得

表 1 不同厚度铅胶板对介入手术者身体前面主要部位散射线的防护效果

铅胶板厚度 (mm)	铅当量 (mmPb)	防护效果[仪器读数($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$) 和屏蔽效率(%)]							
		头部		胸部		腹部		下肢	
		读数	效率	读数	效率	读数	效率	读数	效率
无防护		170		250		150		480	
0.4	0.10	15	91.2	30	88.0	18	88.0	40	91.7
0.6	0.15	7	95.9	13	94.8	8	94.7	13	97.3
0.8	0.20	4	97.6	6	97.6	7	95.3	10	97.9
1.0	0.25	2	98.8	4	98.4	4	97.3	6	98.8
1.2	0.30	2	98.8	3	98.8	2	98.7	2	99.6
1.4	0.35	1	99.4	1.5	99.4	1.0	99.3	1.5	99.7
1.8	0.45	1	99.4	1.0	99.6	1.0	99.3	0.5	99.9

表 2 不同厚度铅胶板对介入手术者身体后面反向散射线的防护效果

铅胶板厚度 (mm)	铅当量 (mmPb)	防护效果[仪器读数($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$) 和屏蔽效率(%)]							
		头部后面		胸部后面		腹部后面		下肢后面	
		读数	效率	读数	效率	读数	效率	读数	效率
医生身后无防护 ^①		3(1) ^④		3		3		3	
0.4	0.1 ^②	0.5	83	0.5	83	0.5	83	0.5	83
0.6	0.15 ^②	0.5	83	0.5	83	0.5	83	0.5	83
0.8	0.20 ^③	—		—		—		—	

①医生身穿铅胶衣站在操作位置, 测其身后的反向散射线; ②在医生身后用铅胶板屏蔽反向散射线, 即将测试仪器的探测器放在铅胶板与医生背后之间; 0.1 和 0.15mm 铅当量的铅胶板屏蔽后, 仪器读数略有显示; ③仪器指针基本上未动。④括号内的数值是医生头顶部的反向散射线, 测量时, 用 0.35mm 铅当量的铅胶板将下面封闭, 测量头部位置来自天花板的反向散射线为 $1\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

表 3 在有防护装置条件下, 不同厚度铅胶板对医生操作位置前身散射线的防护效果

铅胶板厚度 (mm)	铅当量 (mmPb)	防护效果[仪器读数($\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$) 和屏蔽效率(%)]							
		头部		胸部		腹部		下肢	
		读数	效率	读数	效率	读数	效率	读数	效率
有防护装置		7		5		0.5		0.5	
0.4	0.1	0.5	92.9	0.5	90	—		—	
0.6	0.15	< 0.5		< 0.5		—		—	

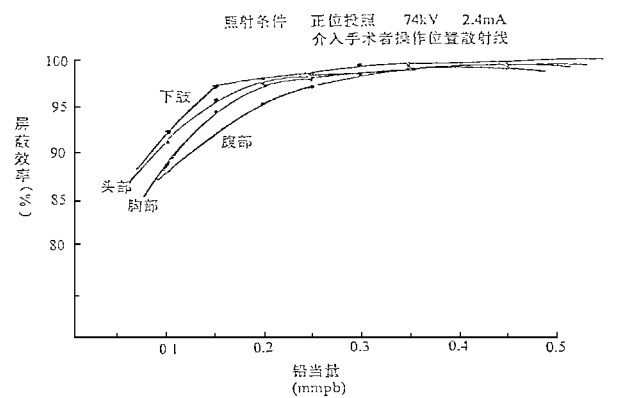


图 1 不同防护厚度铅胶板屏蔽效率曲线

侧的散射线为 $20\sim 30\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。将左侧方的空隙分别用 0.1、0.2 和 0.3mm 铅当量的铅胶板遮挡,则仪器读数依次下降至 9、4 和 $1.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。说明身体侧面(靠近 X 线球管和患者照射区的一面)也需要防护。

为了验证试验结果的可靠性,我们分别在 3 家医院的介入手术条件下,测试了不同厚度铅胶板对介入手术者身体主要部位散射线的防护效果,结果列于表 5。

表 5 中的数据表明,用 1mm 厚相当于 0.25mm 铅当量的铅胶板屏蔽介入手术者操作位置的散射线,在 3 家医院测试的仪器读数比较接近,均在 $6.2\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下,而其屏蔽效率均在 94% 以上,说明上述测试方法与结果是可信的。

上述测试结果表明,在 X 射线机无介入防护装置的情况下,介入用防护用品的最佳防护厚度,防护服前身、防护帽帽墙、防护颈套以及防护眼镜等为 0.25~ 0.3mm 铅当量。防护服后身及帽顶为 0.1~ 0.15mm 铅当量;对已有“+”字封闭型介入防护装置的单位,所需个人防护用品的防护厚度,可减少到 0.1~ 0.15mm 铅当量,而腹部和下肢的前面可不必防护,因介入防护装置对腹部及下肢的屏蔽效率已达到 99% 以上。

讨 论

一、最佳防护厚度的确定

本文对防护厚度与屏蔽效率关系的测试,是在管电压 70~ 74kV 的条件下进行的,所得结果是否也适用于对 80~ 100kV 的 X 射线的吸收规律? 张丹枫等^[4]报道了标准铅片对 80kV 和 100kV 直射线的吸收曲线,则 80kV 的吸收曲线与本文基本一致,0.25mmPb 即可吸收 94%,而对 100kV 者,0.32mmPb 可吸收 90% 以上,另据方杰介绍,在计算散射线的屏蔽厚度时,对管电压 < 500kV 的 X 射线,可认为 90° 散射线与初级射线(直射线)具有相同的减弱特性。据此,可以认为,介入手术所用管电压在 80kV 以下时,介入手术者身前防护用品的最佳防护厚度可选取 0.25mm 铅当量;对 80kV 以上的 X 射线,以及使用床上球管 X 线机进行介入手术时,由

表 4 在有防护装置条件下,医生操作位置身后反向散射剂量及屏蔽效率

防护条件	防护效果[仪器读数($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$) 和屏蔽效率(%)]							
	头部后面		胸部后面		腹部后面		下肢后面	
	读数	效率	读数	效率	读数	效率	读数	效率
有防护装置,医生站在操作位置,测其身后的反向散射线	3		3		3		3	
在医生身后加 0.4mm 厚、相当于 1.0mm 铅当量的铅胶板屏蔽反向散射线	1.5	50	0.5	83.3	0.5	83.3	0.5	83.3

表 5 在 3 家医院测试结果比较

防护条件	测试地点	测试结果[仪器读数($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$) 和屏蔽效率(%)]							
		头部		胸部		腹部		下肢	
		读数	效率	读数	效率	读数	效率	读数	效率
无防护	甲院	170		250		150		480	
	乙院	98		120		100		330	
	丙院			250					
用 1mm 厚、相当于 0.25mm 铅当量铅胶板屏蔽	甲院	2.0	98.8	4.0	98.4	4.0	97.3	6.0	98.8
	乙院	1.8	98.2	6.2	94.8	5.8	94.2	6.0	98.2
	丙院			6.0	97.6				

对手术医生身后反向散射线在 3 家医院的测试结果均相近。如头顶部的反向散射线,甲、乙丙院均为 $1\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。胸部后面的反向散射线,甲、乙、丙 3 院分别为 3、4.2 和 $4\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

于手术医生身前受照剂量较大,则可选取 0.3~0.35mm 铅当量。对介入手术者身后的散射线,因剂量较小,选取 0.1~0.15mm 铅当量足以将剂量降至 $1.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 以下。

二、铅胶板物理厚度与防护厚度的关系

本文实验所用铅胶板系 0.4mm 和 0.6mm 厚的柔软型产品,其胶铅比为 1:0.75,对医用诊断 X 射线(60~120kV 范围内)的吸收,1mm 厚的铅胶板约相当于 0.25mm 铅当量。如果将橡胶与铅粉的比例提高到 1:0.9,则铅当量可提高到 0.3 左右,但铅胶板的物理性能降低,硬度增加,手感柔软度较差,不适合于制作介入防护用品。为了进一步验证上述关系,我们用 0.4mm 和 0.6mm 厚的上述铅胶板叠加成 1.0、1.2、1.4、1.6、1.8mm 厚,与德国进口标称 0.35mm 铅当量的防护颈套,在同一张 X 射线胶片上用 60kV、5mA s 的直射曝光,肉眼观察胶片的黑度,结果显示,1.4mm 厚铅胶板的黑度与德国 0.35mm 铅当量的防护颈套基本相当。说明 1mm 厚铅胶板约相当于 0.25mm 铅当量。而且,照片上黑度所显示的铅胶板的均匀度以及手感柔软度均不次于进口产品。

三、铅围裙的使用价值

本文监测数据表明,介入手术者身前、身后、体

侧及头顶部均有散射线照射,只是剂量大小不同而已。特别是机房面积较小,手术者背后与墙壁之间的距离较近者,其身后散射线的剂量较大,如乙院上述距离仅 1 米左右,身后散射线为 $4.2\sim 10.2\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$,甲院之距离有 2 米左右,身后散射线仅 $3\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

一般铅围裙,无论进口或国产品,其防护面积均较小,胸前裸露部位太大,一般防护颈套难以将其全部覆盖,而且对身后及体侧均无防护。从辐射防护最优化的角度考虑,而将受照剂量降至可以合理达到的尽可能低的水平,笔者认为传统式的铅围裙,不宜用于介入放射学的防护。

参 考 文 献

1. 袁志强,林秀华,刘晓虹,等.介入诊疗技术的放射防护问题.中国辐射卫生,1999,8:48.
2. 于夕荣,何顺升,杨柯,等.82 例介入放射学工作者剂量与效应分析.中华放射医学与防护杂志,1999,19:216-217.
3. 胡芳芳,许晓红.介入治疗操作者受照剂量监测与分析.中国辐射卫生,1996,5:112-113.
4. 张丹枫,李学成,宋玉芳主编.中国射线防护器材的生产与管理,上海:上海医科大学出版社,1991,50.
5. 方杰主编.辐射防护导论.第 1 版.北京:原子能出版社,1991,117.

(收稿日期:2000-04-05)

• 消息 •

全国肿瘤和血管疾病介入治疗学术研讨会征文通知

经研究决定,《介入放射学杂志》编辑部与泰山医学院附属医院于 2000 年 10 月底在山东泰安市举办一次全国性介入放射学学术会议,会议内容以肿瘤介入和血管疾病介入为主,除大会交流外,届时将邀请国内著名专家进行专题讲座手术示范。并向参会者授予中华医学会继续教育学分。优秀论文将分期刊登于《介入放射学杂志》。

会议征文截止 2000 年 9 月 10 日。征文请寄:山东省泰安市泰山大街泰山医学院附属医院放射科,尹化斌医师收,邮政编码:271000。

《介入放射学杂志》编辑部
泰山医学院附属医院