文章编号：2095-9982(2017)03-0259-05 **中图分类号：**R143 **文献标志码：**A

【论著 | 调查研究】

医用X射线诊断受检者个人防护用品使用效果研究

翟江龙[1]，陈春晖[2]，陈飚[2]，朱国英[1]

摘要：

［目的］ 探讨医疗机构开展X射线诊断时受检者个人防护用品的使用效果，以保障受检者的健康与安全。

［方法］ 在CT摄影、普通摄影和胃肠造影等诊断检查过程中，对受检者的非投照部位使用不同的个人防护用品，采用热释光剂量计在个人防护用品内侧和外侧进行布点测量，比较个人防护用品内侧和外侧的辐射剂量变化，评价其使用效果。

［结果］ CT检查、胃肠造影检查和普通摄影检查时使用个人防护用品的辐射剂量屏蔽率可达73.3%、85.2%和8.0%，铅防护帽、铅橡胶防护背心和铅橡胶防护围裙内侧的辐射剂量明显低于外侧（$P<0.05$），但胸片摄影检查时铅橡胶防护围裙内侧和外侧的辐射剂量无明显差异（$P>0.05$）。

［结论］ 个人防护用品在X射线诊断检查过程中对受检者非投照部位可起到一定的屏蔽防护作用，尤其在CT和胃肠造影检查过程中效果更为明显。但有部分布点部位个人防护用品内侧的辐射剂量反而高于外侧，可能是个人防护用品穿戴贴合不够严密和X射线的散射作用所致。

关键词：X射线诊断；个人防护用品；防护效果；受检者

引用：翟江龙，陈春晖，陈飚，等.医用X射线诊断受检者个人防护用品使用效果研究［J］.环境与职业医学，2017，34（3）：259-263.
DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16617

Effects of personal protective devices for examinees against diagnostic medical X-rays *ZHAI Jiang-long*[1], *CHEN Chun-hui*[2], *CHEN Biao*[2], *ZHU Guo-ying*[1] (1.*Radiological Health Laboratory*, *Institute of Radiation Medicine*, *Fudan University*, *Shanghai* 200032, *China*; 2.*Department of Medical Technology and Quality and Safety Supervision*, *Inspection Institute of Shanghai Municipal Commission of Health and Family Planning*, *Shanghai* 200031, *China*). *Address correspondence to ZHU Guo-ying*, *E-mail*: *Zhugy@shmu.edu.cn* · *The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.*

Abstract:

［Objective］ To evaluate the effects of personal protective devices for examinees against diagnostic medical X-rays, and protect their health and safety.

［Methods］ Thermo luminescent dosimeter was used to measure and compare the radiation doses inside and outside different personal protective devices during CT, general photography, and gastrointestinal radiography, in order to evaluate the effects of personal protective devices on indirect exposure areas.

［Results］ In CT, gastrointestinal radiography, and general photography examination, the highest radiation dose shielding rate reached 73.3%, 85.2%, and 8.0%, respectively. Meanwhile, the radiation doses inside lead caps, lead-rubber vests, and lead-rubber aprons were significantly lower than those outside ($P<0.05$), but there were no differences between the inside and outside of lead protection aprons in chest photography ($P>0.05$).

［Conclusion］ Personal protective devices are effective for shielding indirect exposure parts of examinees against diagnostic medical X-rays, especially in CT scan and gastrointestinal examination. In some detection points, however, the radiation dose of inside is higher than the outside, probably due to physically unsuited devices and the scattering effect of X-rays.

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

［基金项目］医用X射线诊断受检者防护用品配置与使用研究（编号：20124390）；上海市卫计委2015年度地方卫生标准预研制项目（X射线手术室放射卫生防护与检测评价规范，无编号）

［作者简介］翟江龙（1988—），男，学士，实验师；研究方向：辐射防护与监测；E-mail：jlzhai1917@126.com

［通信作者］朱国英，E-mail：Zhugy@shmu.edu.cn

［作者单位］1.复旦大学放射医学研究所放射卫生研究室，上海 200032；2.上海市卫生和计划生育委员会监督所医疗专项技术与质量安全监督科，上海 200031

Keywords: diagnostic medical X-ray; personal protective device; protective effect; examinee

Citation: ZHAI Jiang-long, CHEN Chun-hui, CHEN Biao, et al. Effects of personal protective devices for examinees against diagnostic medical X-rays[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(3): 259-263. **DOI**: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.16617

医疗照射是指受检者与患者接受包含有电离辐射的医学检查或治疗而受到的照射。此外还包括知情而自愿扶持帮助受检者与患者所受到的照射，以及生物医学研究中志愿者所受的照射[1]。根据联合国原子辐射效应科学委员会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation，UNSCEAR）报告，世界平均年X射线诊断检查（不包括牙科X射线检查）人群数量已从20世纪90年代初约16亿人次[2]，上升至21世纪初的约31亿人次[3]。有研究报道，上海市仅施行X射线诊断业务的医疗机构至2010年已增至1 279家，是1998年的2.1倍多；至2009年，X射线诊断的医疗照射年频率达每千人口780.44人次，比1996年增加58.3%，其中X射线计算机断层扫描（computed tomography，CT）检查更是增加了317.1%[4]。目前，医疗照射已成为最大的人工电离辐射来源。其中，医用X射线诊断检查因涉及人数众多，已成为集体剂量贡献最大者，受检者的防护问题已经不容忽视，尤其是对X射线诊断检查中受检者非投照部位的屏蔽防护。我国目前医用X射线诊断检查中对受检者非投照部位的屏蔽防护，主要是使用个人防护用品，包括铅橡胶防护服、铅橡胶防护背心、铅橡胶防护围裙、铅防护帽、铅橡胶防护围脖、铅橡胶防护手套、铅玻璃防护眼镜和铅屏风等。国际原子能机构（International Atomic Energy Agency，IAEA）在其《实用辐射技术手册：个人防护器具》中专门对个人防护用品的应用方法进行了阐述[5]，我国国家职业卫生标准GBZ/T 147—2002《X射线防护材料衰减性能的测定》给出了X射线防护材料衰减性能的测定方法[6]，GBZ 176—2006《医用诊断X射线个人防护材料及用品标准》对不同规格个人防护用品的尺寸和铅当量做出了明确规定[7]，GBZ 130—2013《医用X射线诊断放射防护要求》在2013年修订后增加了X射线诊断个人防护用品和辅助防护设施配置要求[8]。但由于对不同医用X射线诊断工作场所配备个人防护用品的实际使用效果并不清楚，受检者个人防护用品配置和使用受到制约。本研究对受检者使用的常见个人防护用品，如铅橡胶防护背心、铅橡胶防护围裙和铅防护帽等在正常穿戴时的使用效果进行了调查。

1　材料与方法

1.1　布点部位

铅橡胶防护背心、铅橡胶防护围裙和铅防护帽等个人防护用品标称铅当量均为0.35 mm铅当量。根据临床不同扫描部位选择合适个人防护用品进行非投照部位的屏蔽。在受检者正常使用个人防护用品时，将热释光剂量片布置在个人防护用品的内侧和外侧，监测防护用品内、外侧辐射剂量。各防护用品布点部位分别为：铅防护帽——颅顶、头颅右侧、头颅左侧、前额、头颅后侧，铅防护背心——右前胸（上、下）、左前胸（上、下），铅防护围裙——腹部、右下肢、左下肢。

1.2　检测仪器与方法

1.2.1　主要检测仪器　采用RGD-3B型热释光测读仪（北京康科洛电子有限公司，中国）进行检测，经上海市计量测试技术研究院校准，并在校准有效期内。采用不同能量（60~150 kV）X射线的校准因子，将热释光读出值换算成个人剂量当量。

1.2.2　热释光剂量片筛片　筛片用照射装置为Gammacell 40型^{137}Cs辐照仪（Nordion，加拿大），放射源出厂活度为1.27×10^{14} Bq，热释光剂量片所用材料为氟化锂（镁，铜，磷），形状为圆片状，筛片使用剂量为15.6 mGy，选择分散度<3.0%的热释光剂量片用于测试。

1.2.3　检测方法　受检者非投照部位穿戴或覆盖个人防护用品，个人防护用品设计、材料与尺寸符合《医用诊断X射线个人防护材料及用品标准》（GBZ 176—2006）的要求。在防护用品内侧和外侧采用热释光剂量片进行布点检测，每一点放置3个平行热释光剂量片。诊断检查完成后，收集热释光剂量片回实验室进行检测，测量个人防护用品内侧和外侧的热释光剂量片并换算成个人剂量当量，计算辐射剂量屏蔽率［（个人防护用品外侧剂量 - 个人防护用品内侧剂量）/个人防护用品外侧剂量］，以评价个人防护用品使用的实际防护效果。

1.2.4　不同厚度铅当量屏蔽性能的实验验证　将6150AD5/H（6150AD-b/H）型X射线辐射剂量测量仪（Automation und Messtechnik GmbH，德国）放置在距离标准X射线照射装置（上海市计量测试技术研究院

提供）焦点的9.6 m处，在辐射剂量测量仪的正前方放置不同厚度铅用作屏蔽材料，采用管电压30、40和60 kV，管电流1 mA进行曝光测试。将放置屏蔽材料后的仪器示值与未放置屏蔽材料的仪器示值进行对比，以计算不同铅当量的辐射剂量屏蔽率［（未放置屏蔽材料的仪器示值 - 屏蔽材料后仪器示值）/ 未放置屏蔽材料的仪器示值］。

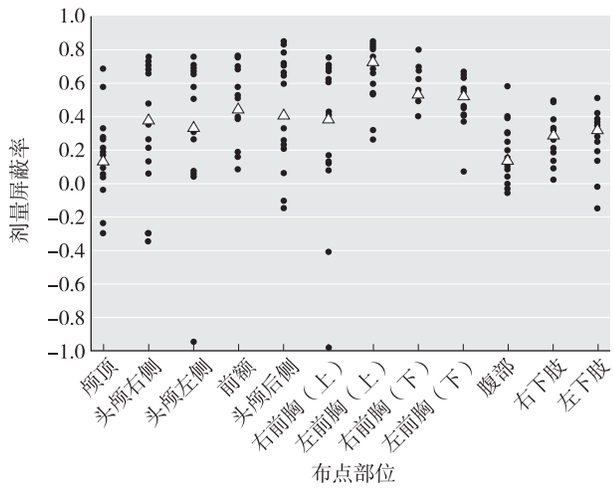
1.3 分析方法

各布点部位辐射剂量屏蔽率均值用中位数（M）表示。个人防护用品内侧和外侧辐射剂量监测数据呈非正态分布，平均值用M表示，离散趋势用四分位数（P_{25}与P_{75}）表示；采用SPSS 19.0软件进行统计分析，防护用品内侧和外侧辐射剂量原始数据经对数转换后采用t检验进行统计分析。检验水准α=0.05。

2 结果

2.1 个人防护用品的辐射剂量屏蔽率

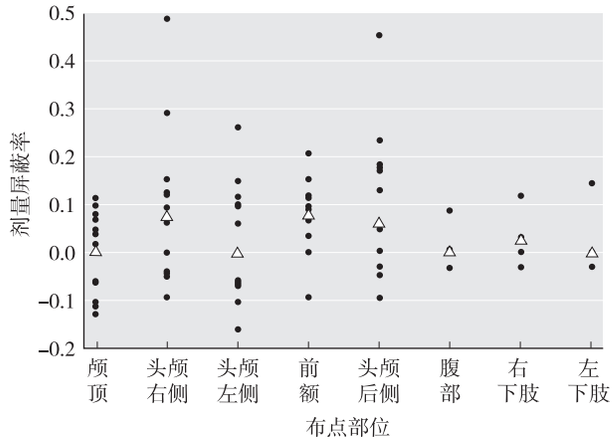
CT检查时使用的个人防护用品主要包括铅橡胶防护背心、铅橡胶防护围裙和铅防护帽。由图1知，铅防护帽、铅橡胶防护背心和铅橡胶防护围裙各布点部位辐射剂量屏蔽率均值均为正数，最大为73.3%，最小为14.2%。部分部位的辐射剂量屏蔽率可达85.4%，但部分布点部位辐射剂量屏蔽率出现负值，即该布点部位防护用品内侧辐射剂量反而高于防护用品外侧，负值出现频率为7.1%。



［注］△：中位数。

图1 CT检查时个人防护用品使用效果测量结果

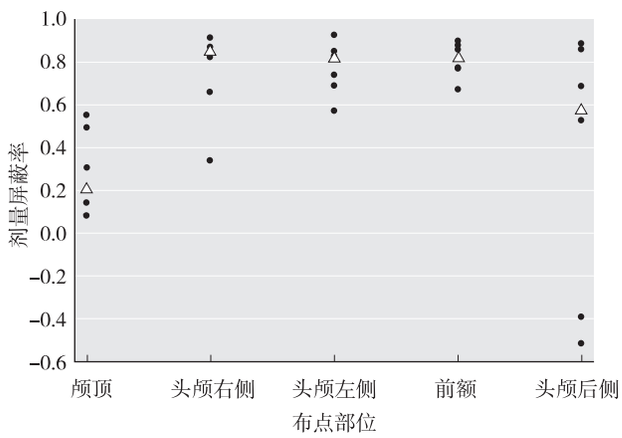
普通X射线摄影检查时，使用的个人防护用品主要包括铅橡胶防护围裙和铅防护帽。由图2知，铅防护帽和铅橡胶防护围裙各布点部位辐射剂量屏蔽率均值最大为8.0%，最小为0.1%。部分布点部位辐射剂量屏蔽率可达48.7%，但部分布点部位辐射剂量屏蔽率出现了负值，且普通X射线摄影检查中防护用品内侧辐射剂量高于防护用品外侧的出现频率明显高于CT检查，为27.6%。



［注］△：中位数。

图2 普通X射线摄影检查时个人防护用品使用效果测量结果

胃肠造影检查中，需对食道和腹部进行照射成像诊断，主要使用的防护用品是铅防护帽。由图3知，铅防护帽各布点位置辐射剂量屏蔽率均值均为正数，最大为85.2%，最小为20.9%。部分布点部位辐射剂量屏蔽率可达92.6%，部分布点部位辐射剂量屏蔽率出现了负值，与前面两种诊断检查相比，胃肠造影检查中防护用品内侧辐射剂量高于防护用品外侧的出现频率最低，为5.7%。



［注］△：中位数。

图3 胃肠造影检查时个人防护用品使用效果测量结果

2.2 个人防护用品内外侧辐射剂量分布

对医用X射线诊断个人防护用品内侧和外侧

辐射剂量分布情况进行分析时发现，在CT检查（包括CT胸部、腰腹部和头颅扫描）时，铅防护帽、铅橡胶防护背心和铅橡胶防护围裙内侧辐射剂量明显低于外侧（$P<0.05$）；胸片和腰腹部摄影检查时，铅防护帽内侧辐射剂量明显低于外侧（$P<0.05$）；胃肠造影检查时，铅防护帽内侧辐射剂量明显低于外侧（$P<0.05$）。见表1。

表1　医用X射线诊断中个人防护用品内外侧辐射剂量（μSv）比较

诊断方式	个人防护用品	检测点数	个人防护用品外侧		个人防护用品内侧		t	P
			M	P_{25}~P_{75}	M	P_{25}~P_{75}		
CT检查								
CT胸部扫描	铅防护帽	30	128.8	72.2~225.7	75.3	31.9~94.0	3.823	0.001
CT腰腹扫描	铅防护帽	55	19.2	14.5~57.2	14.0	11.6~21.5	3.299	0.002
CT头颅扫描	铅防护背心	64	35.8	23.7~99.4	17.7	11.5~36.5	4.208	0.000
	铅防护围裙	48	15.1	13.2~17.9	10.5	9.1~14.3	9.379	0.000
普通X射线摄影检查								
胸片摄影	铅防护帽	30	6.4	6.0~7.4	6.1	5.6~6.6	2.718	0.011
	铅防护围裙	12	6.1	5.9~6.6	6.2	5.9~6.4	0.225	0.826
腰腹摄影	铅防护帽	45	2.1	1.9~3.5	2.1	1.9~2.5	2.731	0.009
胃肠造影检查	铅防护帽	35	25.8	11.8~40.2	5.2	3.7~10.8	4.886	0.000

2.3　不同铅当量的X射线屏蔽效果

利用上海市计量测试技术研究院的标准X射线照射装置，对0.20、0.25、0.35、0.50 mm铅当量屏蔽材料的剂量屏蔽率（即屏蔽效果）进行了测量，结果见表2。由表2可知，对于40 kV及以下管电压，0.20 mm铅或0.25 mm铅即可达到很好的屏蔽效果，剂量屏蔽率约为98%。但60 kV以上时，0.25 mm铅的剂量屏蔽率约为80%，0.35 mm铅的剂量屏蔽率约为87.4%。

表2　不同铅当量的X射线剂量屏蔽率（%）

铅当量（mm）	管电压（kV）		
	30	40	60
0.20	97.5	95.0	74.2
0.25	98.8	95.8	79.5
0.35	100.0	98.3	87.4
0.50	100.0	100.0	91.7

3　讨论

本文对CT、普通X射线摄影和胃肠造影等医用X射线诊断检查过程中受检者使用的常见个人防护用品，如铅橡胶防护背心、铅橡胶防护围裙和铅防护帽等在正常穿戴时的使用效果进行了调查。结果显示，各布点部位辐射剂量屏蔽率均值均为正数，最大为85.2%，最小为0.1%，表明医疗机构常规使用的个人防护用品在X射线诊断检查（CT检查、普通X射线摄影检查和胃肠造影检查）时对受检者可起到一定的屏蔽防护效果，尤其在CT检查和胃肠造影检查中能有效降低受检者非投照部位的受照剂量；但在普通X射线摄影检查时，防护用品内侧辐射剂量高于防护用品外侧的出现频率明显高于另外两种检查，表明个人防护用品使用在普通X射线摄影检查中屏蔽防护效果较差。

由不同铅当量的X射线剂量屏蔽率实验测量数据可知，0.35 mm铅当量防护材料对X射线屏蔽效果良好，但CT检查、普通X射线摄影检查和胃肠造影检查中均出现部分布点位置剂量屏蔽率为负数，该现象产生可能是由于受检者体形、检查时的体位和个人防护用品穿戴的嵌合度，导致防护用品穿戴或覆盖时与受检者防护部分贴合不够产生缝隙，影响屏蔽防护效果；同时，由于受检者体型和体位也可影响射线的散射作用，出现部分布点部位的辐射剂量屏蔽率出现负值。因此，在进行临床X射线诊断检查时，应注意个人防护用品的佩戴方式，尤其是佩戴时需注意防护用品与身体尽量贴合，以保证个人防护用品的使用能达到良好的屏蔽效果。此外，在考虑屏蔽部位时，除了邻近照射野的敏感组织和器官，还需考虑散射线的可能影响作用。

根据GBZ 176—2006《医用诊断X射线个人防护材料及用品标准》，将个人防护用品按材料厚度分为轻型（铅当量不小于0.25 mm）和重型（铅当量不小于0.35 mm）。本研究进一步利用上海市计量测试技术研究院的标准X射线照射装置，对0.20、0.25、0.35、0.50 mm铅当量屏蔽材料的剂量屏蔽率（即屏蔽效果）进行了

研究。结果表明，对于40 kV及以下管电压，0.25 mm铅（轻型）即可达到很好的屏蔽效果，剂量屏蔽率约为98%；但60 kV及以上时，0.25 mm铅的剂量屏蔽率约为80%，0.35 mm铅的剂量屏蔽率才可达到约90%。而对于临床医用X射线诊断，乳腺钼靶检查常采用25~35 kV管电压，其他诊断检查均采用60 kV及以上。由上述结果可知，不同能量X射线对铅等屏蔽材料的剂量屏蔽率有明显影响。因此，在进行临床X射线诊断检查时，应根据不同检查类型的常用或/和实际工作条件，选择合适铅当量的个人防护用品，以更好保护X射线诊断受检者的健康与安全。根据本次调查结果，医疗机构使用的个人防护用品（对成人）均为0.35 mm铅当量，能满足GBZ 176—2006和GBZ 130—2013对医用X射线诊断检查受检者的屏蔽防护要求。

本研究仅调查了CT检查、普通X射线摄影检查和胃肠造影检查中铅防护帽、铅橡胶防护背心和铅橡胶防护围裙正常穿戴过程中的使用效果，对X射线诊断过程中使用的铅防护方巾、铅屏风等防护用品屏蔽效果仍有待进一步调查。

参考文献

[1] 医疗照射放射防护名词术语：GBZ/T 146—2002 [S]. 北京：法律出版社，2002.

[2] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation：UNSCEAR 1993 Report [R]. New York：UNSCEAR，1993.

[3] UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation：UNSCEAR 2000 Report [R]. New York：UNSCEAR，2000.

[4] 郑均正，高林峰，卓维海，等. 上海市放射诊疗发展趋势与医疗照射防护研究 [J]. 辐射防护，2014，34（5）：265-273.

[5] IAEA. Practical radiation technical manual，Personal protective equipment：IAEA-PRTM-5 [R]. Vienna：IAEA，2004.

[6] X射线防护材料衰减性能的测定：GBZ/T 147—2002 [S]. 北京：法律出版社，2002.

[7] 医用诊断X射线个人防护材料及用品标准：GBZ 176—2006 [S]. 北京：人民卫生出版社，2006.

[8] 医用X射线诊断放射防护要求：GBZ 130—2013 [S]. 北京：中国标准出版社，2014.

（**收稿日期**：2016-09-18；**录用日期**：2016-12-26）

（英文编辑：汪源；编辑：王晓宇；校对：丁瑾瑜）

【告知栏】

有关《慢性砷暴露致人体生物样品*p53*、*p16*启动子区甲基化的改变》一文的更正

《环境与职业医学》2017年第2期第138页《慢性砷暴露致人体生物样品*p53*、*p16*启动子区甲基化的改变》一文，作者误将“［基金项目］国家自然科学基金（编号：81302394，81430077）”写作“［基金项目］国家自然科学基金（编号：81430077，81302394）”。特此更正，并向读者致歉。

《环境与职业医学》编辑部

2017年2月27日