

# 眼晶状体新剂量限值对介入放射工作人员辐射防护的影响

薛茹, 陈尔东, 鞠金欣

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 北京 100088

**摘要:** 目的 对完善我国介入放射工作人员辐射防护给出适当建议。方法 结合现行相关标准内容和国内外研究结果, 分析探讨眼晶状体剂量限值改变对介入放射工作人员防护的影响。结果 对于介入工作人员, 眼晶状体剂量监测应作为常规监测内容, 应配给相应的防护设备, 并对辐射防护相关知识技能进行培训。结论 我国介入放射工作人员职业照射的防护需进一步完善。

**关键词:** 眼晶状体; 介入放射; 放射防护; 剂量限值; 培训

**Implications for Occupational Radiation Protection of the Interventional Radiology Staff of the New Dose Limit for The Lens of The Eye.** XUE Ru, CHEN Er-dong, JU Jin-xin. *National Institute for Radiological Protection, China CDC, Beijing 100088 China.*

**Abstract:** **Objective** To provide appropriate advice on improving the radiation protection of the interventional radiology staff. **Methods** Synthesizing the relevant standards and the results of related researches to analyze and discuss the potential implications. **Results** For interventional radiology staff, the monitoring of the dose to the lens of the eye should be routine. Personal protective equipment should be provided properly, as well as the necessary training. **Conclusion** The occupational radiation protection of the interventional radiology staff in our country needs to be improved.

**Key words:** The Lens of The Eye; Interventional Radiology; Radiological Protection; Dose Limit; Training

中图分类号: R818.72 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2015)03-04-0213

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.03.013

2011 年 4 月, 国际放射防护委员会( ICRP) 在对新的流行病学研究证据评议后认为: 对于眼晶状体吸收剂量阈值从辐射防护角度考虑为 0.5 Gy。据此, 建议降低计划照射情况下职业照射的眼晶状体剂量限值<sup>[1]</sup>。同年 7 月, 国际原子能机构( IAEA) 经成员国磋商并征求成员国意见后发布的《国际辐射防护和辐射源安全的基本安全标准( 暂行版) 》( IBSS 暂行版) 中完全采纳了 ICRP 修订后的眼晶状体剂量限值。即连续 5 年期以上眼晶状体接受的年平均当量剂量不超过 20 mSv( 5 年内不超过 100 mSv), 并且任何单一年份内当量剂量不超过 50 mSv。欧盟根据 IBSS 暂行版与 ICRP 的建议, 于 2013 发布修订后的欧盟基本安全标准, 对眼晶状体剂量限值给出与 IBSS 暂行版一致的要求<sup>[2]</sup>。2014 年, IAEA 正式发布 IBSS, 维持了前述修订后的眼晶状体剂量限值。我国的国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》( 基本安全标准) 等效采用 IAEA 在 1996 年发布的 IBSS, 其规定对任何工作人员职业照射的眼晶状体年当量剂量限值为 150

mSv<sup>[3]</sup>。由上述情况可预见, 根据 IAEA 新的 IBSS 修订我国国家标准, 降低职业照射的眼晶状体剂量限值是必然趋势。

## 1 介入放射工作人员眼晶状体受照现状

介入放射学近年来发展迅速, 对其的使用呈指数增长。在医疗行业, 介入放射工作人员是因职业原因而接受 X 射线照射的最大人群来源。对于采用 X 光透视的介入放射程序, 因其是近台操作, 操作人员和辅助人员距离主射束较近, 诊疗过程需要的曝光时间较长, 工作人员可能会在其职业生涯中接受相对较高的眼部 X 射线剂量<sup>[1, 4-5]</sup>。在实际工作中, 相当一部分工作人员眼晶状体年当量剂量超过新的眼晶状体年剂量限值<sup>[5-6]</sup>。在欧洲的调查<sup>[5]</sup>中, 有 24% 的介入放射工作人员眼晶状体受照剂量超过了新的剂量限值, 实际情况可能要高于这一数值。同时, 介入放射工作人员放射性白内障的病例报道并不鲜见<sup>[5, 7]</sup>。对于介入放射工作人员, 如采取适当的辐射防护措施, 可以有效地降低眼晶状体受照剂量, 在正常工作负荷情况下, 其眼晶状体年当量剂量不会超过新的眼晶状体剂量限

作者简介: 薛茹( 1985 - ), 男, 研究实习员, 硕士, 从事放射卫生法律法规和标准研究与管理工作。

值<sup>[1,5,7]</sup>,以肺动脉造影为例,不使用防护设备,单次眼晶状体所受剂量为 0.19 mSv ~ 1.5 mSv。恰当使用防护设备后,单次眼晶状体剂量为 0.011 mSv ~ 0.045 mSv<sup>[7]</sup>。辐射防护不足时,可能产生放射性白内障<sup>[1]</sup>。然而,防护设备的使用情况并不乐观,在欧洲的调查<sup>[5]</sup>中,仍有 2% 的介入放射工作人员不使用任何个人防护设备,铅眼镜的使用率只有 30% ~ 35%。同时,仍有 24% ~ 46% 的介入放射工作不使用任何附加防护设施。此外,众多影响介入放射工作人员眼晶状体受照剂量的因素,如 X 射线管位置(床上、床下、双向)、患者体重(躯干厚度)、照射野面积、防护设备的应用等,以及其脉冲场的特点、多样的术型等都会对介入放射工作人员辐射防护产生影响。

由此可见,眼晶状体新的剂量限值的应用,将对我国介入放射工作人员的辐射防护工作提出很大的挑战,如何应对这一挑战就是非常值得关注的。

## 2 加强介入放射工作人员辐射防护

### 2.1 防护用品和防护设施的应用

大部分开展介入放射工作的医院都配备了基本的防护设备,主要包括以铅围裙和铅围脖与帽子为主的个人防护用品和包括固定式或移动式铅屏风、天花板悬吊式铅屏风等在内的附加防护设施两类<sup>[8]</sup>。

研究证明<sup>[5]</sup>,X 射线管分别位于床下、操作人员左前方 90°(LAO 90°)、右前方 90°(RAO 90°)、右肩位 40°(CRA 40°)时,正确使用铅眼镜可以降低 83% ~ 90% 的眼晶状体受照剂量。因此,在包括天花板悬吊式铅屏风等防护设施不便使用或不能满足眼晶状体防护要求时,佩戴铅眼镜就是非常必要的。针对目前用于眼晶状体防护的铅眼镜的配备与使用率较低,在个人防护设备中应加强铅眼镜的配置和应用。应使用镜片较大、眼部覆盖良好、有侧边防护的铅眼镜。考虑到工作人员头部的个体差异(如瞳距、头围等),建议针对不同的工作人员配置其个体适宜的铅眼镜。此外需注意,铅眼镜的配备不能仅考虑操作人员,对于助手及护士也应配置并应用。欧洲的研究认为<sup>[5]</sup>,0.5 mm 铅当量的铅眼镜即有非常好的防护性能,在铅当量更高时,其防护性能并未随铅当量的升高而有显著的提高。

正确使用天花板悬吊式铅屏风可以有效降低介入放射过程中工作人员眼晶状体的当量剂量<sup>[5-7,9]</sup>。由于使用天花板悬吊式铅屏风时,其位置的差异造成其防护效果差异很大。因此,在配置和使用此种铅屏风时,应考虑铅屏风与术者相对于 X 线束的位置关系,

建议将其置于患者上方、散射源与操作者之间,并尽量靠近散射源<sup>[10]</sup>。需注意的是,对于 LAO 90°,天花板悬吊式铅屏风置于操作人员的左侧时的防护效果明显优于将其置于患者正上方<sup>[5]</sup>。此外,使用移动式铅屏风可以有效地降低介入过程中其他辅助工作人员的受照剂量<sup>[5]</sup>。

### 2.2 提高介入放射工作人员的操作水平

优化介入流程,包括术前认真仔细研究患者病情及影像资料、必要时进行术前讨论、构思手术步骤、有良好的计划,合理使用介入设备、通过培训提高操作人员技能等都可以有效地缩短手术过程,从而减少工作人员的受照时间,降低受照剂量<sup>[5,8]</sup>;此外,可应用一些能够有效缩短透视时间,降低透视剂量的方法,如脉冲透视<sup>[11]</sup>、低剂量透视技术和路图<sup>[12]</sup>等。

## 3 加强介入放射工作人员眼晶状体剂量监测

在原有的剂量限值下,常规的个人剂量监测基本不考虑眼晶状体。但眼晶状体新的剂量限值应用后,对于介入放射工作人员,常规的个人剂量监测应当包括眼晶状体剂量监测<sup>[7]</sup>。目前通行的介入放射学工作人员职业照射监测方法可归结为如下两种:①单剂量计法:在左胸前佩戴 1 只个人剂量计;②双剂量计法:在铅围裙内外各佩戴 1 只剂量计<sup>[13]</sup>。IAEA 建议,对于介入工作人员,如使用了铅眼镜、悬吊式铅屏风等眼部防护设备,应在防护设备内或与防护设备相同的材料下,近眼处进行剂量监测,并应使用适当的相关修正因子;如使用了其他个人防护设备,如铅围脖等,应注意防护设备是否覆盖眼部,如未覆盖眼部,应单独对眼晶状体剂量进行监测<sup>[7]</sup>。由此可见,介入放射工作人员的剂量监测应至少使用 2 个剂量计。但实际工作中执行情况并不好<sup>[13]</sup>。

对于眼晶状体当量剂量测量,最准确的方法是测量  $H_p(3)$ ,剂量计尽可能的靠近眼睛佩戴,并通过模体进行换算<sup>[7]</sup>。由于测量  $H_p(3)$  的剂量计尚未广泛应用,也没有统一的测量评估方法,直接测量  $H_p(3)$  目前困难很大。因此,在国内、外介入放射工作人员眼晶状体剂量相关研究中,大多采用热释光剂量计(TLDs),通过在近眼部佩戴测量  $H_p(0.07)$  计算  $H_p(3)$ <sup>[5,7]</sup>。

对于个人剂量计的佩戴位置,一般有两眼中间和一侧眼外侧 2 个位置。在 EURADOS<sup>[5]</sup> 调查的所有介入放射过程中,在操作者靠近 X 射线管一侧测得的剂量最大,因此建议,用于监测眼晶状体剂量的个人剂量计应佩戴在靠近 X 射线管一侧。对于通过  $H_p(0.07)$

来测量眼晶状体剂量的方法,目前国外已有较为深入细致的研究,也有较为成熟方法<sup>[5-9]</sup>可供国内借鉴。如 Behrens R 等<sup>[14]</sup>通过模拟介入工作人员实际工作环境,使用蒙特卡罗计算特定光子或电子能量下的粒子注量后,再根据质量能量吸收系数、空气比释动能与眼晶状体剂量转换系数等计算得到眼晶状体剂量。

此外,对于有源式个人剂量计(APDs),因为其在脉冲场的表现并不令人满意,IAEA 并不推荐在介入放射工作人员眼晶状体剂量监测中使用 APDs<sup>[7]</sup>。

#### 4 加强辐射防护管理

4.1 促进法规标准修订 我国放射卫生相关法律法规和作为其有效技术补充与支撑的放射卫生标准在职业照射防护方面,始终以预防、控制和消除职业放射性疾病危害,防治职业放射性疾病,保护劳动者健康及其相关权益,促进经济社会发展为目标。因此,在技术层面应根据目前的国际共识,结合我国国情,综合考虑社会经济的发展,修订我国基本安全标准,降低眼晶状体剂量限值。国家卫生标准委员会放射卫生标准专业委员会组织制定国家标准《介入放射学患者的放射防护要求》,现已上报待批,应针对介入放射职业人员制定相关的放射卫生标准。在规范管理方面,应出台或修订介入放射工作管理相关的法规文件。通过法规标准推动和提升我国介入放射工作人员的辐射防护水平,保护介入放射工作人员的身心健康,促进行业健康发展。

4.2 加强放射防护监督 根据新的眼晶状体剂量限值,放射防护监督检查一方面应该关注医疗机构是否配备了足够的放射防护设备,特别是对于眼晶状体的防护设备,以及这些设备的质量是否符合辐射防护的要求;另一方面也应关注从业人员是否经过培训掌握了足够的辐射防护知识和专业技能、是否开展个人剂量监测,特别是眼晶状体的剂量监测。对于用人单位,在配置个人防护设备后,应建立有效的监管机制,保证防护设备能够得到有效的利用,而不是闲置。

4.3 完善剂量监测评估 眼晶状体剂量限值的降低,要求对介入放射工作人员的眼晶状体受照剂量进行常规监测。但是,一方面,既往并未开展眼晶状体剂量的常规监测,缺乏支持监测评估的数据积累,同时也没有统一的眼晶状体监测和评价方法;另一方面,在介入放射过程中,工作人员眼晶状体剂量受很多因素影响,这为将来相关监测评估工作的开展提出了巨大的挑战。因此,结合国内外已有的研究成果,根据介入放射学工

作的具体特点,有计划、有针对性地开展介入工作人员眼晶状体剂量监测与评价方法的研究,建立符合我国实际工作情况的监测评价体系,应当是一项需要开展的重要工作,其有利于保护介入放射工作人员的身心健康、促进我国放射卫生工作的顺利开展。

4.4 促进介入放射工作人员的健康监护 注册者、许可证持有者和用人单位应按照有关法规的规定,安排相应的健康监护<sup>[3]</sup>。职业健康监护应当以职业医学的一般原则为基础,其目的是评价工作人员对于预期工作的适任程度<sup>[3,7,15]</sup>。

眼晶状体新的剂量限值基于 0.5 Gy 的眼晶状体剂量阈值。因此职业健康监护还应注意<sup>[7]</sup>: ①对于从业期间眼晶状体受照剂量平均一年不超过 20 mSv 的工作人员,不需进行任何高于职业医学一般要求的额外检查; ②对于眼晶状体累积受照剂量已超过 0.5 Gy 的工作人员和那些目前未超过新剂量限值,但几年后眼晶状体累积受照剂量可能超过 0.5 Gy 的工作人员,需要进行常规视力检查来评价其视力能否适应预期工作的需要。③对于那些已经发现晶状体浑浊的工作人员,如仍适合承担该工作的,不应将其从放射工作调离。④用人单位应当确保那些眼晶状体累积受照剂量可能达到或超过 0.5 Gy 的工作人员充分的了解工作相关的健康风险,并对其进行剂量监测。

4.5 积极开展介入放射工作人员培训 《中华人民共和国职业病防治法》<sup>[16]</sup>第三十五条规定,“用人单位应当对劳动者进行上岗前的职业卫生培训和在岗期间的定期职业卫生培训,普及职业卫生知识,督促劳动者遵守职业病防治法律、法规、规章和操作规程,指导劳动者正确使用职业病防护设备和个人使用的职业病防护用品”。而对于非放射专业背景的介入放射工作人员,如心血管专业等,由于其相对较为薄弱的辐射防护相关知识,强化对其的培训必然是管理部门、用人单位和从业者自身应当十分重视的管理措施。

根据 ICRP<sup>[17]</sup>给出的建议,对介入放射工作人员的防护培训可从介入放射学的质量保证及设备工作原理、防护设备与防护用品、防护性能及检测方法、工作人员、受检者与患者的防护、个人剂量监测、针对辐射剂量的介入放射过程优化、事故预防和处理、以及相关的法规标准等多方面开展。更应将眼晶状体防护的相关内容加入介入放射工作人员辐射防护的培训内容。

#### 参考文献

- [1] ICRP. ICRP Statement on Tissue Reactions/Early and Late Effects of

Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context [J]. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 2012.

[2] European commission. The Basic Safety Standards Directive [S]. Brussels: Official Journal of the European Union. 2013.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 18871 – 2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 [S]. 北京: 中国标准出版社 2002.

[4] 李海亮, 李福生, 李全太. 介入放射学职业人员眼晶状体受照剂量研究进展 [J]. 中国辐射卫生 2014 23(1): 94 – 96.

[5] EURADOS. ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff [R]. Braunschweig: EURADOS 2012.

[6] 彭建亮, 娄云, 冯泽臣, 等. 3 种介入术中工作人员的辐射剂量水平分析 [J]. 中华放射医学与防护杂志 2011 31(4): 395 – 397.

[7] IAEA. Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye [M]. Vienna: IAEA 2013.

[8] 李家平, 范文哲, 向贤宏, 等. 介入放射医护人员的辐射防护现状分析 [J]. 影像诊断与介入放射学 2010 19(6): 348 – 350.

[9] 薛娴, 岳保荣, 尉可道. 介入放射学职业人员眼晶状体剂量的测量与评估 [J]. 中华放射医学与防护杂志 2013 33(1): 108 – 110.

[10] Kim KP, Miller DL. Minimising radiation exposure to physicians per-

forming fluoroscopically guided cardiac catheterisation procedures: a review [J]. Radiation protection dosimetry ,2009 ,133(4): 227 – 233.

[11] Nikolic B, Spies JB, Campbell L, et al. Uterine artery embolization: reduced radiation with refined technique [J]. Journal of vascular and interventional radiology : JVIR 2001 ,12(1): 39 – 44.

[12] Pecher G, Koenig H, Pecher S, et al. [Reduction of radiation exposure for patient and investigator in interventional radiography] [J]. RoFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin ,1998 ,169(5): 505 – 509.

[13] 孔燕, 卓维海, 陈波. 介入放射学工作人员个人剂量监测方法研究进展 [J]. 中华放射医学与防护杂志 2011 31(5): 614 – 616.

[14] Behrens R, Dietze G. Monitoring the eye lens: which dose quantity is adequate [J]. Physics in Medicine and Biology 2010 55(14): 4047.

[15] IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards [S]. Vienna: IAEA 2014.

[16] 中华人民共和国第 52 号主席令. 中华人民共和国职业病防治法 [S]. 2011.

[17] ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection [J]. ICRP Publication 113, Ann. ICRP 2009.

收稿日期: 2015 – 01 – 18 修回日期: 2015 – 03 – 14

(上接第 222 页) 由于市级医疗机构对放射诊疗工作重视程度较高, 能够按照放射诊疗相关卫生法律法规要求开展放射诊疗工作, 因此各项指标合格率较高, 而县乡两级医疗机构各项指标合格率相对较低。因此各级医疗机构在放射卫生防护方面都应进一步加强, 特别是县(乡)级医疗机构更应加大力度, 在放射工作场所设置有效的放射卫生防护设施并建立健全放射卫生制度, 卫生防护设施的配置与使用要合理, 要定期开展放射工作人员职业健康检查和个人剂量监测工作, 建立健全放射卫生档案, 加强对放射工作人员的放射诊疗防护知识培训, 使其掌握科学的防护技能, 提高自我防护意识, 从而保障放射工作人员健康。

表 2 放射工作人员调查情况

医院级别	人数 (人)	持证率 (%)	职业健康检查率 (%)	职业健康建档率 (%)	个人剂量监测率 (%)	个人剂量建档率 (%)	防护知识知晓率 (%)
市级	80	98.7	98.7	95.2	97.5	95.2	85
县级	63	87.3	82.5	66.6	79.3	73.3	61.9
乡级	11	54.5	36.3	33.3	27.2	33.3	36.3

3.2 问题分析 无论从制度上, 还是从情理上, 医院都应当是保护医生安全的第一责任人, 因此, 面对职业暴露隐患, 医院更需要审视并自检, 是否为医务人员提供了防护用品? 是否制定了防护细则并保障落实? 是不是应该建立更人性化的制度, 提供更可靠的保障? 倘若这些问题得不到解决, 放射防护就成了一句空话, 直接影响到放射工作人员的职业健康, 此外

放射工作人员一定要不断提高业务水平、职业素质, 增强防护意识, 否则也会造成不必要的职业照射, 增加剂量负担。

由此可见, 不论是院方还是医务人员自己, 对待职业防护都存在一定程度的侥幸心理。在医疗服务需求不断增加、设备使用率高的情况下, 能从简就从简, 只要能提高设备利用率, 置职业健康和放射防护于不顾。于是, 法律法规就在侥幸心理下被忽略和遗忘, 医疗安全也就同时被忽略和遗忘。

3.3 整改措施 卫生部门要加强执法力度, 督促医院对放射防护的重视。医院要不断加强对医生进行卫生防护知识培训, 提高他们对放射危害的了解, 使他们更加懂得保护自己和患者。医疗机构依法进行放射诊疗活动, 强化放射诊疗防护意识, 落实责任, 切实维护好患者和医务人员的健康权益。

参考文献

[1] 中华人民共和国卫生部. GBZ 138 – 2002 医用 X 射线诊断卫生防护监测规范 [S]. 北京: 中国标准出版社 2002.

[2] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 180 – 2006 医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范 [S]. 北京: 中国标准出版社 2006.

[3] 中华人民共和国卫生部. GB 18871 – 2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 [S]. 北京: 中国标准出版社 2002 .

[4] 中华人民共和国卫生部. GBZ 130 – 2002 医用 X 射线诊断卫生防护标准 [S]. 北京: 中国标准出版社 2002.

收稿日期: 2014 – 09 – 16 修回日期: 2015 – 01 – 23