

PCI 术中护士不同站位所受辐射剂量特征分析及防护策略

李玉芳, 李天赐, 方家, 黄旭, 杨春莲, 谢向荣

【摘要】目的 探讨经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术中护士不同站位 X 线辐射剂量分布特点及防护策略。**方法** 模拟 PCI 术中常规操作,对标准体模进行造影曝光,采集各投照角度下护士不同站位辐射强度的大小及衰减情况,绘制辐射强度分布图。对不同投照角度下患者左腕/足位置、有/无防护舱时各护士站位点辐射剂量进行分析。**结果** 在相同的采集帧数下,不同投照角度产生的辐射强度与水平站位距离呈负向相关性,所绘制的辐射强度分布图可为导管室护士提供射线辐射规避指导。患者左足处护士站位点辐射强度显著低于患者左腕处站位点,差异有统计学意义($t = 5.33 \sim 39.47, P < 0.05$);有防护舱时辐射强度显著低于无防护舱,差异有统计学意义($t = 5.31 \sim 52.96, P < 0.05$)。**结论** 辐射强度分布图可为导管室护士辐射防护提供参考,在患者左足站位点进行护理操作,可降低所受辐射剂量;防护舱对护士站立区有明显防护作用。

【关键词】 经皮冠状动脉介入治疗;辐射剂量;护士;防护

中图分类号:R472.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2026)-004-0449-05

Analysis of radiation dose characteristics and protective strategies for nurses standing at different locations during PCI LI Yufang, LI Tianci, FANG Jia, HUANG Xu, YANG Chunlian, XIE Xiangrong. Catheterization Laboratory, The First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu, Anhui Province 241000, China

Corresponding author: YANG Chunlian, E-mail: yangchunlian@yjsyy.com

【Abstract】Objective To investigate the characteristics of X-ray radiation dose distribution among nurses standing at different locations during percutaneous coronary intervention (PCI) and to propose appropriate protective strategies based on measured results. **Methods** A standard body model was used to simulate routine coronary angiography procedures. Radiation intensity and attenuation at various projection angles and nurse locations were collected, and a radiation intensity distribution map was constructed through observational analysis. Differences in radiation doses at the left wrist/foot positions of patients at varying angles and with or without a protective cabin were analyzed using a *t*-test. **Results** Under the same frame count, radiation intensity generated at different angles showed an inverse correlation with the horizontal distance from the position. The constructed radiation intensity distribution map can guide catheterization laboratory nurses in avoiding unnecessary radiation exposure. Additionally, the radiation intensity near the phantom's left foot was significantly lower than that near the phantom's left wrist ($t = 5.33 \sim 39.47, P < 0.05$). The radiation intensity with the protective cabin was significantly lower than that without the cabin, with statistically significant differences ($t = 5.31 \sim 52.96, P < 0.05$). **Conclusion** The radiation intensity distribution map serves as a reference for implementing radiation protection for nurses in the catheterization laboratory. Performing nursing operations at the left foot position of patients can significantly reduce radiation dose to nurses. The protective cabin exhibits a significant protective effect in the area where nurses stand.

【Key words】 percutaneous coronary intervention; radiation dose; nurse; radiation protection

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2026.04.019

基金项目:安徽省高校科研计划项目(2022AH051238);芜湖市科技计划项目任务书(2023rkx14)

作者单位:241000 安徽芜湖 皖南医学院第一附属医院导管室(李玉芳、李天赐、方家、杨春莲、谢向荣);皖南医学院第二附属医院手术室(黄旭)

通信作者:杨春莲 E-mail: yangchunlian@yjsyy.com

随着经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)的迅速发展,目前已成为冠心病治疗的优先选择^[1]。由于手术操作必须在 X 射线引导下进行,给医护人员及患者带来了辐射风险。已有学者围绕术者站立区域以及患者所受辐射剂量的分布展开研究,但对导管室护士在不同站位所承受辐射剂量的相关报道鲜见^[2-4]。本研究通过模拟常规 PCI 术,测量了导管室护士处于不同站位,以及在无配备辐射防护舱情况下所面临的辐射强度,并绘制出辐射强度分布图,以期为制订辐射防护措施,科学选择合理站立位置提供指导,从而有效降低辐射暴露对导管室护士造成的职业伤害。

1 材料与方法

1.1 仪器

① DSA 机为 SIEMENS Artis zee III Floor, 球管型号床下球管 MEGALIX Cat Plus; ② 模拟患者标准体模 1 个, 模拟护士标准体模 2 个; ③ 第三代贝利特辐射检测仪, 型号: FS2011+, 测量范围: 0~1 000 $\mu\text{Gy/h}$, 相对固有误差: $\leq \pm 5\%$, 自动校零; ④ 床旁防护设备(移动防护舱)长 95 cm×高 185 cm, 0.5 mm 铅当量; ⑤ 辐射防护衣铅当量为 0.5 mm。

1.2 体位及透视条件

将患者体模平置于手术床中线, 模拟冠脉介入诊疗术患者常规胸腹部体位, 在体模左侧腋前线内 10 cm 绘制人体纵轴平行线, 在左侧肩部下 20 cm 处绘制人体横轴平行线, 两线交点处为心脏中心位置, 在交点处放置 1 cm 的钢球, 移动床单位, 使心脏中心位置即钢球位于视野中央^[5]。DSA 机放线模式采用透视采集 CardFixed, 管电压为 80 kV, 采集 10 P/s, 平板视野设置为 25 cm×25 cm。投照角度分为以下 9 种: ① 正头位(AP+CRA 30°); ② 左肩位(LAO 45°+CRA 20°); ③ 蜘蛛位(LAO 45°+CAU 30°); ④ 足位(AP+CAU 30°); ⑤ 肝位(RAO 30°+CAU 20°); ⑥ 右肩位(RAO 30°+CRA 20°); ⑦ 左前斜(LAO 45°); ⑧ 头位(AP+CRA 20°); ⑨ 右前斜(RAO 30°)。

1.3 数据采集方法

结合临床实际, 护士站立区检测范围以射线有用线束与心脏中心位置交叉点为中心, 分别测量距中心点左前方、左上方 45°、左下方 45°三个方向 1、2、3 m 处 9 种投照角度下的辐射强度; 中心点位置不变, 分别测量患者标准体模左腕部、左足部两处 9 种投照角度下的辐射强度, 距离床缘 10 cm; 测量左

侧距中心点 3 m 处 3 个方位有移动防护舱时 9 种投照角度下的辐射强度, 以上测量高度均距地面 1 m。不同站位、不同投照角度测量时待 X 射线测量仪读数稳定后记录, 重复测量 5 次, 取算术均值, 14 个站位点共测得 630 个辐射数据, 分别绘制辐射强度分布图。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计学软件。测量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 比较采用两独立样本 *t* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

护士在不同角度站位点, 不同投照角度下的辐射剂量强度分布见图 1。患者标准体模左腕部、左足部两处不同投照角度下的辐射强度比较结果见表 1, 左足部辐射强度显著低于左腕部, 差异有统计学意义($t = 5.33 \sim 39.47, P < 0.05$); 左侧距中心点 3 m 处 3 个方位有无防护舱时不同投照角度下的辐射强度比较结果见表 2, 有防护舱时辐射强度显著低于无防护舱, 差异有统计学意义($t = 5.31 \sim 52.96, P < 0.05$)。

3 讨论

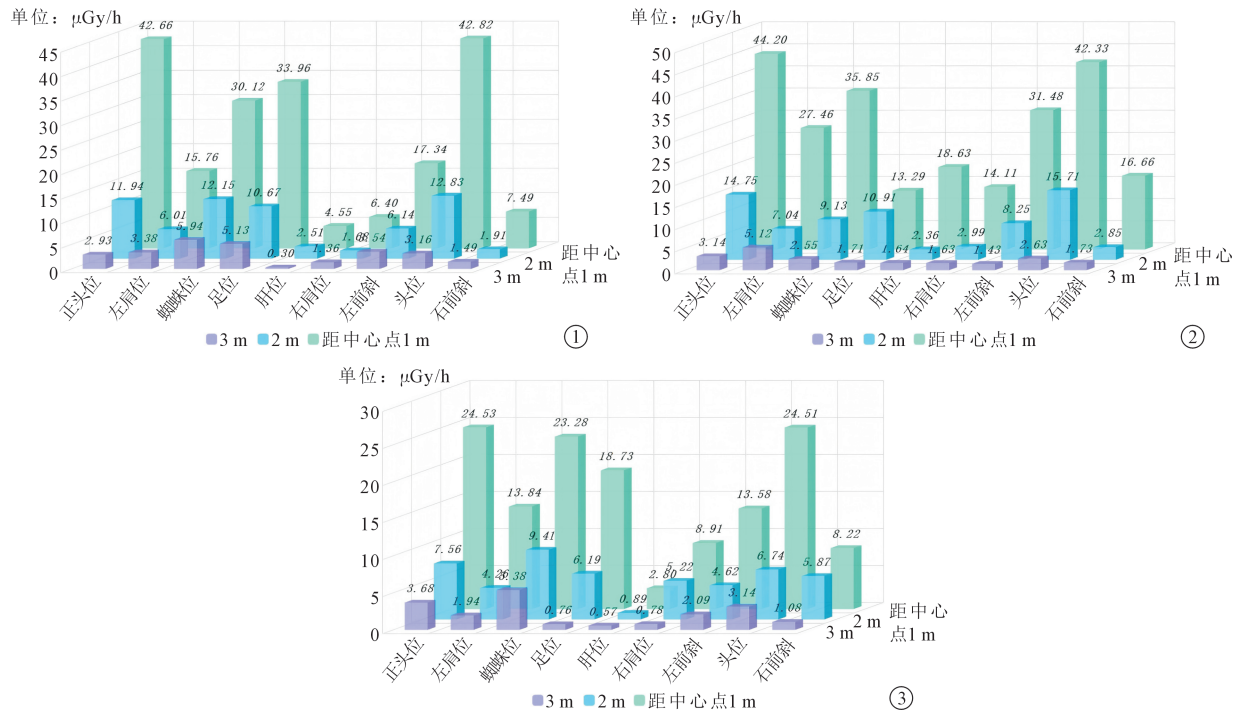
X 射线辐射对人体造成的危害主要涵盖随机效应与确定效应。在 PCI 术中, 护士处于长期、低剂量辐射的暴露状态^[6], 做好辐射防护极为关键。依据本研究中的辐射强度分布图, 可采取以下措施, 有效规避或降低辐射暴露。

3.1 延长护士与辐射中心点的距离

PCI 术中医护人员所受辐射主要源于球管漏射线和患者散射线^[7], 根据辐射能量与距离平方呈反比关系的规律, 距离辐射中心点越远, 所受辐射强度越小, 不同投照角度下, 辐射剂量随着距离越近强度递增。因此, 护士应在不影响手术配合的前提下尽可能选择远的站位点。此外, 在正头位、头位、左肩位和蜘蛛位投照角度下, 球管距离中心点较近, 护士所受辐射强度明显增高。

3.2 延长给药途径

PCI 术中, 通过连接输液延长管的方式延长给药途径, 延长管远端连接三通, 以便给药, 为防止输液速度过慢, 可使用输液加压带控制滴速。通过此方法可将左腕处给药站位点转移至患者左足处, 可降低护士所受辐射强度。此外, 不推荐采用下肢静



①左前方距中心点 1、2、3 m;②左上方 45°距中心点 1、2、3 m;③左下方 45°距中心点 1、2、3 m

图 1 不同角度站位点,不同投照角度下的辐射剂量强度分布

表 1 患者体模左腕/足部处不同投照角度下的辐射强度比较(μGy/h, $\bar{x} \pm s$)

位置	正头位	左肩位	蜘蛛位	足位	肝位	右肩位	左前斜	头位	右前斜
左腕处	22.00 ± 1.17	45.97 ± 2.77	66.64 ± 2.15	19.98 ± 1.85	23.38 ± 1.12	5.57 ± 0.86	34.82 ± 2.22	28.89 ± 4.33	25.65 ± 1.39
左足处	6.43 ± 1.04	9.09 ± 1.28	12.59 ± 2.18	7.63 ± 0.77	7.17 ± 0.84	3.18 ± 0.51	9.49 ± 0.82	5.33 ± 0.60	6.23 ± 0.94
t 值	22.25	27.02	39.47	13.74	26.01	5.33	23.94	12.04	25.82
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 左侧距中心点 3 m 处 3 个方位有无防护舱时辐射强度比较(μGy/h, $\bar{x} \pm s$)

位置	正头位	左肩位	蜘蛛位	足位	肝位	右肩位	左前斜	头位	右前斜
左上方 45°距中心点 3 m									
无防护舱	3.14 ± 0.16	5.12 ± 0.08	2.55 ± 0.11	1.72 ± 0.09	1.64 ± 0.06	2.99 ± 0.14	1.43 ± 0.10	2.63 ± 0.07	1.73 ± 0.08
有防护舱	0.19 ± 0.10	0.24 ± 0.30	0.09 ± 0.02	0.11 ± 0.04	0.09 ± 0.02	0.30 ± 0.25	0.08 ± 0.02	0.34 ± 0.37	0.08 ± 0.01
t 值	34.84	34.92	47.22	37.23	52.96	20.8	29.26	13.57	47.86
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
左前方距中心点 3 m									
无防护舱	2.93 ± 0.36	3.38 ± 0.31	5.94 ± 0.26	5.13 ± 0.18	0.30 ± 0.04	1.36 ± 0.51	3.54 ± 0.56	3.16 ± 0.43	1.49 ± 0.34
有防护舱	0.15 ± 0.07	0.14 ± 0.05	0.11 ± 0.04	0.13 ± 0.06	0.10 ± 0.02	0.14 ± 0.07	0.12 ± 0.03	0.17 ± 0.07	0.13 ± 0.06
t 值	17.09	22.99	49.09	60.3	9.62	5.31	13.57	15.45	8.71
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
左下方 45°距中心点 3 m									
无防护舱	3.68 ± 0.27	1.94 ± 0.35	5.38 ± 0.59	0.76 ± 0.05	0.57 ± 0.08	0.78 ± 0.14	2.09 ± 0.39	3.14 ± 0.61	1.08 ± 0.28
有防护舱	0.19 ± 0.06	0.14 ± 0.05	0.13 ± 0.04	0.13 ± 0.04	0.11 ± 0.03	0.09 ± 0.02	0.12 ± 0.03	0.19 ± 0.05	0.13 ± 0.04
t 值	27.99	11.27	19.78	21.71	11.62	10.59	11.31	10.85	7.42
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

脉通道进行给药操作^[8]。

3.3 仪器设备合理布局

导管室合理的空间布局可削减辐射对护士的危害,宜将护士治疗台、耗材柜等设施,尽可能布局于远离球管的区域,如手术床左下方或床尾。此外,采

用延长电线的方式,将血管内超声、光学相干断层扫描等检查操作引入控制室,达成了腔内影像学检查护理配合环节的零射线暴露。

3.4 配备充足的辐射防护设备

在任何投照角度下,使用移动防护舱均能够降低

辐射强度,建议导管室为护士配置移动防护舱或防护屏,无操作时护士可立于防护舱后躲避射线,亦可将护士治疗台、仪器设备等置于防护舱后,尽可能减少辐射暴露对护士的伤害。有研究表明,大部分导管室医护人员未佩戴铅眼镜,而铅眼镜是保护晶状体免受散射辐射的重要手段,可减少 79% 的辐射暴露^[9]。

3.5 手术床左侧设防护装置

悬吊防护屏和床旁铅裙是减轻透视散射辐射暴露的有效方法,可将累计暴露量分别降低 93.9% 和 66.4%,使用床旁铅裙可减少腿部的辐射暴露^[10-11]。目前此类防护装置位于手术床右侧,可为术者进行辐射防护,未考虑到护士在患者左侧进行操作治疗时的防护。鉴于此,在后续的手术床设计生产中,应在左侧设置悬吊防护屏和床旁铅裙。

3.6 缩短透视时间

根据辐射防护的 3 个基本原则,缩短透视时间是减少辐射暴露的有效手段。这需要护士做好全面且充分的术前准备工作,在手术过程中与术者高效配合、默契协作,使手术顺利推进。继而缩短透视时长,减少不必要的重复透视操作。

3.7 降低曝光帧率

采用可接受范围内的最低图像质量标准,以降低图像生成频率,并规避不必要的图像产生,进而实现辐射防护目的。有研究显示,在 PCI 手术中应用剂量模式为 Low,相较于常规剂量模式为 Normal,血管图像清晰度、血管边缘锐利度等均能满足临床诊治要求,或采用心脏的电生理曝光模式也明显降低了医护人员所受到的辐射暴露量^[12-13]。

本研究所使用的 DSA 机型号固定,无法模拟其他型号机器进行 PCI 术的具体辐射情况。此外,未采用专业模拟人,实验数据与真实情况存在偏倚,但其变化趋势可反映导管室护士不同站点所受辐射强度特征。在后续研究中,将讨论不同型号设备进行 PCI 术时,对导管室护士所受辐射强度的影响,并采用专业模拟人模拟最真实的吸收系数,以期获得更准确、科学的辐射强度特征。

[参 考 文 献]

- [1] Kawashima H, Serruys PW, Hara H, et al. 10-year all-cause mortality following percutaneous or surgical revascularization in patients with heavy calcification[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2022, 15: 193-204.
- [2] 尤 泽,刘凤刚,魏兴宇,等.冠脉介入诊疗术中不同投照角度对术者辐射剂量的影响[J].介入放射学杂志,2023,32: 608-611.
- [3] 钱 海,朱 鸣,胡德兴,等.桡动脉入路经皮冠状动脉介入治疗患者头部和性腺的辐射防护[J].中国介入心脏病学杂志,2021,29:670-673.
- [4] Qian H, Zhu M, Hu DX, et al. Radiological protection of head and gonad in patients with percutaneous coronary intervention by radial artery approach[J]. Chin J Interv Cardiol, 2021, 29: 670-673.
- [5] Merwe BVD. Establishing ionising radiation safety culture during interventional cardiovascular procedures[J]. Cardiovasc J Afr, 2021, 32: 271-275.
- [6] 柏树令,应大君.系统解剖学[M].北京:人民卫生出版社,2013:186.
- [7] Bai SL, Ying DJ. Systematic Anatomy[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013: 186.
- [8] 崔诗悦,苏垠平,赵风玲,等.《放射工作人员职业健康管理实施办法》实施及其修订[J].中国辐射卫生,2023,32:335-340.
- [9] Cui SY, Su YP, Zhao FL, et al. Implementation and revision of the occupational health management measures for radiological workers[J]. Chin Radiat Health, 2023, 32: 335-340.
- [10] Aris K, Brilakis ES. Shields and garb for decreasing radiation exposure in the cath lab [J]. Expert Review of Medical Devices, 2018, 15(9): 683-688.
- [11] 黄 珊,罗小平,文 娟.颅脑手术患者术中静脉输液不畅的综合因素分析[J].中西医结合护理(中英文),2020,6: 127-129.
- [12] Huang S, Luo XP, Wen J. Analysis of the comprehensive factors of poor intravenous infusion in patients undergoing craniocerebral surgery[J]. Nurs Care Integr Chin West Med, 2020, 6: 127-129.
- [13] Chaudhary N, Turner J. Response to: Occupational radiation exposure to the lens of the eye in interventional radiology[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2022, 66: 641-642.
- [14] Cammann VL, Schweiger V, Cieslik M, et al. Effectiveness of radiation protection systems in the cardiac catheterization laboratory: a comparative study[J]. Clin Res Cardiol, 2023, 112: 605-613.
- [15] Meenen CB, Boetticher HV, Kersten JF, et al. Radiation protection in interventional radiology/cardiology: is state-of-the-art equipment used? [J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18: 13131.
- [16] 李康荣,杨鸣宇,魏水生. DSA 低剂量技术在肥胖冠心病患者行 PCI 手术的临床效果观察[J].中华肥胖与代谢病电子杂志,2021,7:93-98.
- [17] Li KR, Yang MY, Wei SS. Clinical effect of low dose DSA technique on PCI in obese patients with coronary heart disease [J]. Chin J Obes Metab Dis, 2021, 7: 93-98.
- [18] 陈顺强,王梅云,马焕玲,等. DSA 设备不同曝光模式对冠状状

脉造影辐射剂量及图像质量的影响分析[J]. 医药论坛杂志, 2023, 44: 110-113.

Chen SQ, Wang MY, Ma HL, et al. Effect of different exposure modes of DSA equipment on radiation dose and

image quality of coronary angiography[J]. Med Forum Mag, 2023, 44: 110-113.

(收稿日期: 2024-12-27)

(本文编辑: 新宇)

· 消 息 ·

《介入放射学杂志》第十届编辑委员会会议纪要

《介入放射学杂志》第十届编辑委员会于 2026 年 3 月 20 日在上海召开。

会议由编辑部主任刘玉金教授主持。首先由程永德教授、徐克教授、邹英华教授等老一辈介入放射学专家致辞, 并回顾了《介入放射学杂志》的创刊、发展及提升的一幕幕历史片段。颜志平主编做了《介入放射学杂志》第九届编辑委员会工作报告以及《介入放射学杂志》第十届编辑委员会工作规划。

颜志平教授首先汇报了《介入放射学杂志》自 2022 年以来的稿件收录情况, 几年来波动发展, 平均录用率为 27%。2025 年收稿数量超过 1000 篇, 录用率下降至 23%。此外, 重点介绍了杂志被中国科技核心期刊、中文核心期刊要目总览、中国科学引文数据库收录的情况。近几年来, 本刊总被引频次和影响因子持续上升, 2024 年总被引频次为 1911 次, 达到历史新高; 影响因子为 1.290, 创历史记录。说明《介入放射学杂志》得到了广大读者、作者的认可。这一显著提升得益于编委会和编辑部对高质量稿件的严格筛选和学术影响力的持续积累, 为未来发展奠定了坚实基础。

会上同时介绍了 2022 年至 2025 年林贵、刘子江优秀介入论文获奖的情况和中国介入万里行开展情况, 并表彰了优秀审稿专家(前 10 名): 李国宏、徐翠荣、顾建平、刘嵘、纪东华、罗剑钧、陆信武、莫伟、李彩霞、朱晓黎。

颜志平教授提出《介入放射学杂志》第十届编委会的工作重点: 一是努力工作, 保持杂志继续被三大核心期刊收录并争取更好的数据; 二是让杂志再次跻身中国精品科技期刊。颜教授同时提出杂志要加强英文内容建设, 全面升级期刊官网, 增设英文版界面, 包括期刊介绍、投稿指南、最新文章等内容, 便于国际读者和作者访问与投稿; 要求所有投稿文章提供英文图题和表题, 提升国际读者的阅读体验, 同时增强文章的国际传播力; 中文参考文献需提供英文译文, 方便国际学者引用和参考, 进一步提升期刊的国际影响力。另外, 编辑工作计划从西安三才公司采编系统升级为中国知网腾云采编系统, 提升稿件处理效率和用户体验, 适应数字化发展趋势。

有 20 多位参会编委专家展开了自由讨论, 参会编委各抒己见, 发表了很多有建设性的意见和建议, 主要有: 一是形式上创新发展, 适应 AI 时代、掌上阅读时代的要求, 增加电子阅览的内容和方式, 包括开发 APP, 增加彩图、动图的浏览功能, 微信公众号全文链接等。二是内容上更加丰富活泼, 如适当增设相关专刊、约稿内容, 专论内容, 新材料、新技术方法的专题等。也有编委专家提议要加强编委队伍的自身建设, 要将优质稿源优先投递本刊, 要完成必要的投稿、审稿工作, 强调提高审稿的质量, 为杂志的质量把关、帮助杂志, 也是帮助作者、读者。还有编委提议要加强对杂志的宣传、推广。

与会编委一致认为本次编委会是一次求真务实、团结进步、鼓舞干劲的大会。《介入放射学杂志》一定能够承前启后、创新发展, 为打造一流的介入放射学学术高地再上新台阶。



程永德教授致辞



徐克教授致辞



邹英华教授致辞



颜志平教授汇报第九届工作总结及第十届工作规划

(刘玉金 许秀芳)

(收稿日期: 2026-03-)

(本文编辑: 新宇)