

手术室辐射防护与管理的最佳证据总结

张曼曼^{1,2}, 茅金宝², 万广英², 胡浩², 汤俊杰², 吕世娇², 杨丽娟³

摘要: **目的** 总结手术室辐射防护与管理的相关证据,为临床实践提供循证依据。**方法** 采用“6S”金字塔证据模型,系统检索计算机决策支持网站、指南网站、专业学会网站及中英文数据库中关于手术室辐射防护与管理的相关文献,检索时限为建库至 2024 年 11 月。由 3 名接受过系统循证培训的研究者进行文献质量评价及证据的提取、汇总与分级。**结果** 共纳入 17 篇文献,包括指南 4 篇、专家共识 3 篇、系统评价 6 篇、证据总结 2 篇、随机对照试验 2 篇。最终汇总形成包括基础辐射防护、辐射防护装置、辐射剂量监测、辐射培训 4 个方面共 38 条证据。**结论** 总结的手术室辐射防护与管理的最佳证据,可为手术室辐射安全管理工作提供循证依据,建议使用证据时结合临床实际进行证据提取和转化。

关键词: 手术室; 辐射; 辐射防护; 辐射管理; 证据总结; 循证护理; 职业防护

中图分类号: R472.3 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2026.08.045

Best evidence summary on radiation protection and management in the operating

room Zhang Manman, Mao Jinbao, Wan Guangying, Hu Hao, Tang Junjie, Lü Shijiao, Yang Lijuan. School of Nursing, Shandong Second Medical University, Weifang 261053, China

Abstract: **Objective** To summarize the best available evidence on radiation protection and management in the operating room and to provide an evidence-based reference for clinical practice. **Methods** Using the "6S" pyramid model of evidence, a systematic search was conducted in computerized clinical decision support systems, guideline repositories, professional society websites, and Chinese and English databases for literature related to radiation protection and management in the operating room. The search covered publications from database inception to November 2024. Three researchers who had received formal training in evidence-based practice performed quality appraisal, evidence extraction, synthesis, and grading. **Results** A total of 17 publications were included, comprising 4 clinical guidelines, 3 expert consensus reports, 6 systematic reviews, 2 evidence summaries, and 2 randomized controlled trials. Thirty-eight pieces of evidence were synthesized across four domains: basic radiation protection, radiation protective equipment, radiation dose monitoring, and radiation training. **Conclusion** The summarized best evidence on radiation protection and management in the operating room provides an evidence-based foundation for radiation safety management. It is recommended that the application of this evidence be adapted and translated according to specific clinical contexts to optimize occupational safety and practice standards.

Keywords: operating room; radiation; radiation protection; radiation management; evidence summary; evidence-based nursing; occupational protection

在与原子相互作用时,具有足够能量去除电子的辐射称为电离辐射,如医疗活动中 X 线、CT 等引起的辐射^[1-2]。随着医疗技术的进步,X 线照射作为手术过程的重要判断工具,使用量不断增加,在治疗疾病的同时增加了医患的辐射风险^[3-4]。有研究评估了手术室辐射暴露情况,并报告称长时间暴露于辐射环境将增加恶性肿瘤的发生率,其终身癌症发病率是非暴露者的 5 倍^[3,5]。可见,手术室医务人员做好辐射防护,减少医患不必要的辐射照射至关重要。目前,医务人员对辐射防护、辐射危害等相关知识相对欠

缺^[6],且国内关于手术室辐射防护与管理方面的研究较为分散,医务人员查找循证依据困难,无法为临床决策提供有效支持。基于此,本研究系统检索国内外手术室辐射防护与管理的相关研究并形成最佳证据,旨在为手术室辐射安全管理提供参考。

1 资料与方法

1.1 循证问题确立 依据 PIPOST 工具明确实践问题。①证据应用的目标人群(Population, P): 手术患者、手术室医务人员;②干预措施(Intervention, I): 手术室辐射的防护与管理措施;③证据实施者(Professional, P): 临床管理者、医务人员、麻醉医师等;④结局(Outcome, O): 患者累积辐射剂量;实践者累积辐射剂量、知识水平;手术室辐射防护制度和流程;⑤证据应用场所 S(Setting): 医院手术室;⑥证据类型(Type of evidence, T): 临床决策、最佳实践、临床指南、证据总结、系统评价、专家共识、随机对照试验。本研究已在复旦大学循证护理中心注册(ES20245181)。

1.2 文献检索策略 遵循“6S”金字塔证据模型自上

作者单位: 1. 山东第二医科大学护理学院(山东 潍坊 261053); 山东第一医科大学附属省立医院 2. 麻醉与围术期医学科 3. 护理部

通信作者: 杨丽娟, sdyanglijuan@aliyun.com

张曼曼: 女, 硕士在读, 主管护师, 1197622708@qq.com

科研项目: 国家卫生健康委医院管理研究所围术期护理质控管理专项研究项目(NIHHL2503)

收稿: 2025-11-20; 修回: 2026-02-20

而下的原则,全面检索 UpToDate、BMJ Best Practice;WHO、英国国家卫生与临床优化研究所网站、国际指南协作网、苏格兰校际指南网、加拿大安大略注册护士协会、美国围手术期注册护士协会(Association of periOperative Registered Nurses, AORN)、医脉通;Cochrane Library、澳大利亚乔安娜布里格斯研究所循证卫生保健中心数据库(Joanna Briggs Institute, JBI)、PubMed、Embase、CINAHL、MEDLINE、Web of Science、中华医学期刊全文数据库、中国知网、万方数据知识服务平台、维普网和中国生物医学文献数据库。采用主题词与自由词相结合的方式构建检索式,英文检索词:operating room, operation, surgery, perioperative period; radiation, radiate, radial, C arm, perspective, X-ray; protect, prevent, manage; clinical decision support, clinical practice handbook, guide, guideline, evidence summary, systematic review, meta analysis, randomized controlled trial, expert consensus。中文检索词:手术室,手术,术中,围手术期;辐射,放射,射线,C臂,透视,X射线;防护,预防,管理;临床决策,最佳实践,指南,证据总结,系统评价,meta分析,随机对照试验,专家共识。检索时限为建库至2024年11月。文献检索式以PubMed为例,见附件1。

1.3 文献纳入与排除标准 纳入标准:①研究对象包含手术患者、手术室医务人员;②研究内容涉及手术室内辐射相关防护与管理措施;③研究类型为临床决策、最佳实践、指南、证据总结、系统评价、专家共识、随机对照试验;④对于已修订或更新的指南,纳入最新版本;⑤语言限定为中文或英文。排除标准:①重复发表的文献;②翻译版本;③临床实践指南解读、

新闻、会议论文等;④无法获取全文。

1.4 文献质量评价 采用 AGREE 协作网更新的临床指南研究与评估系统 II(Appraisal Guidelines for Research and Evaluation II, AGREE II)^[7] 进行指南的方法学质量评价。采用 JBI 循证卫生保健研究中心对应的评价工具分别对专家共识^[8]、系统评价^[9]、随机对照试验^[10] 进行评价。采用证据总结质量评价工具(Critical Appraisal for Summaries of Evidence, CASE)^[11] 对证据总结进行评价。纳入指南的质量评价由 3 名经过系统学习循证方法学的研究人员独立进行;纳入的专家共识、系统评价等文献的质量评价由 2 名接受过循证系统培训的研究人员根据评价标准独立评估,若评估结果出现分歧,则由第 3 名研究人员裁决。

1.5 证据整合与分级 由 2 名研究人员逐篇阅读纳入文献、逐条提取证据内容并进行证据的整合与分级,评价意见有冲突时,由第 3 名研究人员参与讨论,并最终形成一致结论。证据整合时,若推荐意见内容互补,则依据语言的逻辑关系将其合并;若一条推荐意见涉及多个方面,则进行拆分;若内容相同,则选择语言简洁明了的推荐;若内容冲突,则选择年代新、证据级别高者;若内容独立,则保留原始表述,不过度解读。采用 JBI 循证卫生保健中心证据预分级系统(2014 版)^[12] 进行证据分级,划分为 1~5 级,1 级为最高级别,5 级为最低级别。

2 结果

2.1 文献检索结果 初步检索获得 3 270 篇文献,去除重复文献、阅读文题后获得 97 篇文献,阅读全文后,最终纳入 17 篇文献^[3-4,13-27],文献筛选流程图见附件 2,纳入文献基本特征见表 1。

表 1 纳入文献的基本特征

责任者	发表时间(年)	文献类型	文献来源	文献主题
Gowda 等 ^[3]	2019	系统评价	MEDLINE	骨科医生的辐射风险与防护
Yu 等 ^[4]	2014	系统评价	MEDLINE	侵入性脊柱手术的辐射暴露与预防
AORN ^[13]	2021	指南	AORN	围手术期的辐射安全
IAEA 等 ^[14]	2018	指南	WHO	电离辐射在医疗用途中的辐射防护与安全
WHO ^[15]	2016	指南	WHO	儿科手术中的辐射风险
Miller 等 ^[16]	2010	指南	医脉通	介入放射学中的职业辐射防护
广东省肿瘤介入重点实验室等 ^[17]	2024	专家共识	医脉通	电离辐射铅防护用品的应用与管理
中国医学装备协会护理装备与材料分会等 ^[18]	2023	专家共识	SinoMed	数字减影血管造影复合手术室管理
李春海等 ^[19]	2022	专家共识	中国知网	CT 介入手术室和规范化工作流程
Gogos 等 ^[20]	2021	系统评价	MEDLINE	手术中辐射暴露的危害与防护
Arif 等 ^[21]	2020	系统评价	PubMed	微创脊柱手术中减少外科医生辐射暴露的方法
Malik 等 ^[22]	2019	系统评价	PubMed	外科医生的经验对手术过程中辐射暴露的影响
Srinivasan 等 ^[23]	2014	系统评价	PubMed	脊柱手术的暴露限度和减少辐射暴露的方法
韦清等 ^[24]	2023	证据总结	中国知网	介入诊疗医务人员正确维护辐射防护用具
韦清等 ^[25]	2022	证据总结	中国知网	介入诊疗医务人员正确使用辐射防护用具
Klingler 等 ^[26]	2021	RCT	PubMed	微创脊柱融合术中医务人员的辐射照射比较
Anadol 等 ^[27]	2020	RCT	PubMed	附加辐射防护装置减少介入手术散射辐射的有效性

2.2 文献质量评价结果

2.2.1 指南 纳入 4 篇指南^[13-16], 6 个领域的标准化得分百分比分别为 88.89%~100%、58.33%~100%、41.67%~100%、58.55%~100%, 1 篇文献^[13] 评为 A 级, 3 篇文献^[14-16] 评为 B 级, 均予以纳入。

2.2.2 专家共识 纳入 3 篇专家共识^[17-19]。1 篇文献^[17] 的研究条目均评为“是”, 予以纳入; 其余 2 篇文献^[18-19] 除“是否描述了因利益冲突而产生的偏倚”评为“不清楚”, “是否描述了形成推荐意见的方法”评为“否”, 其余均评为“是”, 质量较高, 予以纳入。

2.2.3 系统评价 纳入 6 篇系统评价^[3-4, 20-23]。2 篇文献^[20, 22] 条目均评为“是”; 1 篇文献^[3] 在条目 5“文献质量评价标准是否恰当”、条目 6“是否由 2 名或 2 名以上的评价者独立完成质量评价”、条目 7“提取资料时是否采取措施减少误差”上评为“不清楚”; 1 篇文献^[4] 的研究在条目 6“是否由 2 名或 2 名以上的评价者独立完成质量评价”上评为“否”; 1 篇文献^[21] 在条

目 5“文献质量评价标准是否恰当”上评为“不清楚”; 1 篇文献^[23] 在条目 5“文献质量评价标准是否恰当”、条目 6“是否由 2 名或 2 名以上的评价者独立完成质量评价”上评为“不清楚”; 其他条目均评价为“是”。文献质量较高, 均予以纳入。

2.2.4 证据总结 纳入 2 篇证据总结^[24-25], 除“过去 2 年内是否更新过摘要”评为“否”, 其余条目均评为“是”, 整体质量较高, 予以纳入。

2.2.5 随机对照试验 纳入 2 篇随机对照试验^[26-27]。1 篇文献^[27] 在条目 2“是否做到分配隐藏”、条目 5“是否对干预者实施了盲法”、条目 6“是否对结果测评者实施了盲法”上评为“不清楚”; 1 篇文献^[26] 除条目 2、4、5、6 评为“不清楚”外, 其他条目均评价为“是”。均予以纳入。

2.3 证据汇总 通过对文献的深入阅读, 最终汇总形成包括基础辐射防护、辐射防护装置、辐射剂量监测、辐射培训 4 个方面共 38 条证据, 见表 2。

表 2 手术室辐射防护与管理的证据总结

证据类别	证据内容	证据等级
基础辐射防护	1. 术前, 医生应向患者、家属传达辐射风险的相关信息, 进行风险-受益讨论; 明确告知育龄女性孕育胚胎/胎儿的潜在辐射风险, 确保其充分知悉并参与决策 ^[14-15]	5b
	2. 透视操作开始前, 应预留辐射安全暂停时间, 核查辐射防护措施是否落实到位 ^[13]	2d
	3. 启动辐射设备前, 操作人员应提醒手术团队成员 ^[13-14]	5b
	4. 透视过程中, 患者应尽可能靠近透视单元的图像增强器侧, 远离透视单元的成像源侧, 并尽量将无需透视的肢体置于辐射范围之外 ^[13]	5b
	5. 透视过程中, 手术团队成员应尽可能远离辐射源(理想情况下至少保持 1.8 m 距离), 并减少在辐射源附近的停留时间 ^[4, 13, 16, 21, 23]	2c
	6. 手术团队成员无法远离辐射源时, 无论是否有额外防护, 均应使用器械代替双手固定患者, 以避免自身直接暴露于主射线束, 并在成像采集过程中后退一步或半步 ^[14, 17, 21, 23]	1b
	7. 常规垂直 X 线照射时, 于手术床上方放置 X 射线管, 手术床下方放置图像增强器; 当手术团队成员手部必须靠近主射线束时, 则相反 ^[14, 21, 23]	5b
	8. 侧位 X 线照射时, 手术团队成员站在透视区域的图像增强器侧, 以减少辐射暴露 ^[4, 13, 16, 21, 23]	1b
	9. 对儿童进行透视操作时, 应避免使用成人参数, 并以最低必要辐射剂量进行透视, 以免导致不必要的辐射损伤 ^[15]	5b
	10. 科室对固定放置的辐射设备使用指示系统(如地板标识)标示辐射暴露区域, 并从低到高进行分级 ^[13]	2c
	11. 科室应建立涉及辐射暴露的手术及设备标准操作规程 ^[3]	5a
	12. 科室应建立并正确应用具有科学依据的辐射安全检查表且持续更新 ^[15]	5b
	13. 科室可通过定期维护设备/软件、质量检查、员工教育和培训、营造安全工作环境等措施, 减少因设备/软件故障或人为失误导致的非预期或意外职业暴露 ^[14]	5b
	14. 科室应通过定期岗位调整的形式改善员工职业暴露工作条件, 尤其关注妊娠期女性, 将其分配到环境辐射剂量较低的岗位 ^[3, 13-14]	5b
辐射防护装置	15. 应对暴露于辐射中的手术团队成员提供辐射防护装置(如铅衣、铅帽、铅围领等) ^[3, 13]	3b
	16. 应选择由铅或铅等效材料(如钨、铋)组成的辐射防护装置 ^[13-14]	1c
	17. 手术团队成员应选择与穿着者体型尺寸相对应的铅衣, 铅衣应能从颈至少覆盖到膝, 并包裹整个胸部和肩部 ^[13-14, 17, 24]	2c
	18. 手术团队成员若为女性, 应选择腋下空隙尽可能小的铅衣, 优先推荐选择有袖铅衣, 以更好地保护乳腺 ^[17]	5b
	19. 选择铅围领时, 应尽量贴合颈部以减少与铅衣之间的空隙, 铅帽联合铅围领对头部的防护效果更佳 ^[17]	5b
	20. 选择铅眼镜时, 可根据自身视力情况选择轻质、侧面有防护结构、与面部轮廓贴合程度高者 ^[13-14, 16-17]	2c
	21. 为患者放置辐射防护装置时, 应优先覆盖甲状腺、乳腺、生殖器等敏感器官, 装置应置于患者与辐射源之间 ^[13-14, 18-19]	2c
	22. 手术团队成员无法远离辐射源时, 应穿戴个人防护装置, 如铅衣、铅帽、铅围领、铅眼镜及铅手套等; 将结构性(墙体、门体等)与辅助性(悬挂式防护屏、床旁铅帘等)防护装置置于成员和辐射源之间; 将辅助性防护装置置于成员和患者之间。手术条件允许时, 可将个人、结构性和辅助性防护装置进行组合 ^[3-4, 14, 26-27]	1c
	23. 妊娠期手术团队成员必须暴露于辐射源时, 应遵循标准辐射防护技术, 并额外穿戴妊娠专用或双层防护服覆盖整个腹部区域 ^[13]	4b
	24. 购买时和每次使用辐射防护装置前, 应检查其是否有缺陷(如穿刺、撕裂、切割、折痕等) ^[13]	5b

续表 2 手术室医患辐射防护与管理的证据总结

证据类别	证据内容	证据等级	
辐射剂量监测	25. 购买时、购买后每年 1 次及怀疑损坏时,应对个人辐射防护装置进行防辐射效果测试,并标记最后测试日期及归属部门,妥善保存测试记录,淘汰测试不通过或有损坏的装备 ^[13-14,16-17]	2c	
	26. 铅衣使用完毕,应闭合铅衣的粘扣,平铺或垂直悬挂,切忌折叠或受压,避免与尖锐物接触或置于高温下暴晒 ^[13-14,17,24-25]	5b	
	27. 共用的个人防护装备每次使用后均应清洁消毒,若被污染需及时局部清洁;仅单人使用的防护装备可每日清洁;清洁消毒方法应根据使用说明书进行选择 ^[13]	1c	
	28. 可能暴露于辐射的手术团队成员必须佩戴辐射剂量计 ^[3,13-14,16,19]	3b	
	29. 辐射剂量计的佩戴位置应固定,并在剂量计上标注其具体佩戴位置(如防护服内侧、外侧、胸部、腰部等) ^[13]	5b	
	30. 仅使用 1 个辐射剂量计时:①若佩戴者不穿戴防护服,应置于身体前部、肩部和腰部之间;②若佩戴者偶尔穿戴防护服,应置于身体前部、肩部和腰部之间,在穿防护服时应置于防护服内侧;③若佩戴者总是穿戴防护服,应置于防护服外侧的身体前部、肩部或衣领位置,国家法规要求剂量计戴在防护服内侧者除外;④若工作环境(如图像引导的介入手术)导致辐射来自人体的一侧,剂量计应放置在靠近辐射源一侧的身体前部,同时应遵循①~③中的佩戴原则 ^[14]	5b	
	31. 在图像引导的介入手术等需常规穿戴防护服的场景中,若需使用双剂量计监测,1 个剂量计应置于身体前部、肩部或衣领位置,位于防护服外侧且靠近辐射源的一侧;另 1 个剂量计应置于身体前部、肩部和腰部之间,贴身覆盖于防护服内侧,优先选择靠近辐射源的一侧 ^[14]	5b	
	32. 妊娠期手术团队成员必须暴露于辐射源时,除常规佩戴辐射剂量计外,还应于防护服内侧腰部佩戴剂量计,以便对胎儿进行辐射暴露监测 ^[13]	5b	
	33. 每日手术结束后,应将辐射剂量计储存在科室指定位置 ^[13]	5b	
	34. 辐射剂量测定报告应至少每年向受监测的个人报告 1 次,妊娠者至少每月报告 1 次;由医院或个人终生保存,或由监管要求确定 ^[13,16]	5b	
	35. 辐射剂量计应定期校准,校准周期不超过 2 年 ^[14]	5b	
	辐射培训	36. 参与涉及辐射暴露手术的医务人员均应接受辐射教育 ^[18]	5b
		37. 应为可能接触职业辐射的手术团队成员进行辐射教育和考核,内容应包含但不限于:辐射暴露风险、辐射防护原则、剂量学原则、设备操作标准、法规要求等 ^[3,13-16,20-22]	2d
		38. 辐射设备应由具备资质的人员进行操作,包括持有辐射设备操作执照的注册技师或能证明已完成正规教育培训并取得资质的人员 ^[13-14]	5b

3 讨论

3.1 夯实基础防护措施是实现手术室辐射安全成本效益最优的核心策略

本研究显示,手术室医患辐射防护管理需要手术团队成员掌握基础防护知识与操作技术,提升其知识与技术水平,这是降低辐射暴露最直接且成本效益最高的方法。多项研究已经证实基础辐射防护在降低辐射暴露方面的有效性^[28-29]。针对手术室辐射的基础防护措施,必须基于循证证据,首先保证患者接受辐射诊疗的受益超过危害,并于术前基于共享决策理念^[30]与患者进行风险-收益沟通^[14-15]。其次,时间、距离、屏蔽等多维度措施作为辐射防护的关键干预策略^[13],能够系统性降低辐射剂量,提升医患辐射安全。既往研究指出,医务人员每远离辐射源一步,辐射剂量可减少 2~3 倍^[13],距 X 射线管 1.8 m 距离^[13]可达到辐射安全范围,距 X 射线管达 3 m 距离^[31]辐射量可基本归零。医务人员应根据手术需求,尽可能远离辐射源。必须靠近主射线束时,将 X 射线管置于手术床下方,可显著降低受照剂量^[14,21,23],可能与放射束直接指向地面时产生的散射辐射有关^[31]。此外,受康普顿散射效应影响,X 射线管成像源附近的辐射强度显著增强,建议医患应始终遵循“接近图像增强器、远离成像源”的基本定位原则^[13,31]。值得注意的是,手术团队的多学科协作是影响术中辐射防护落实的关键因素,受知识差异与效率

优先等因素的影响,规范防护易被忽视。“辐射安全暂停”指在透视开始前预留一段时间,用以考虑影像参数设置、患者位置、设备校准、防护物品、妊娠筛查等辐射安全问题^[13-14]。研究指出,可通过核查的形式督促医务人员落实辐射措施,减少 79% 的辐射剂量^[32]。未来临床实践中,医务人员可通过构建标准化核查工具,并探索其在保障防护效果与维持手术效率间的平衡路径。此外,研究表明,儿童对辐射的敏感度是成人的 2~3 倍^[15],对其使用成人影像参数会导致不必要的高暴露,应通过调整参数优化防护。但目前尚无研究明确指出针对儿童群体的规范化参数方案,故本文无法呈现出此层面更加详细的证据。未来可基于此开展临床研究,构建儿童群体辐射暴露最优参数方案。

3.2 辐射防护装置的规范管理与有效利用是保障人员安全的物理基石

本研究第 15~27 条证据系统阐述了辐射防护装置的选择、使用与维护的全周期管理要求。辐射防护装置是指设计用于减少或屏蔽电离辐射对医务人员、患者及周围环境照射的一系列专用设备与物品,包括个人、辅助性、结构性防护装置^[3-4,14,27]。其核心防护原理为利用高密度材料(如铅、钨、铋复合材料)吸收或衰减 X 射线光子,降低穿透辐射的强度,从而达到保护目标人员或器官的目的^[13-14]。在手术室防护装置的选择与使用方面,医务

人员应对防护装置的尺寸、样式、组合方式的最优化有清晰认知。既往研究指出,防护装置的有效性高度依赖于其与使用者体型的匹配度及穿戴的规范性,尺寸不合或穿戴不当的铅衣可能导致关键防护区域出现间隙,增加散射辐射剂量^[13-14,17,24]。建议管理者在采购时充分考虑手术团队人员的性别与体型分布,提供多样化选择,并建立定期试穿与适配评估机制。此外,防护装备的生命周期管理是维持其防护效能的制度保障。研究表明,防护装置作为可重复利用的医疗装备,使用、存储或清洁消毒不当均会影响其防护效果及使用寿命,甚至为医院感染埋下隐患^[13]。建议定期进行辐射防护装置的检查及防辐射效果测试,并明确储存及清洁消毒方法,以最大限度保障装置有效性及人员安全。

3.3 系统的辐射剂量监测是实现精准管理与行为反馈的数据基础 国际辐射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)建议应对职业暴露者的辐射剂量进行控制,使连续 5 年的年平均有效剂量不超过 20 mSv,每年的全身辐射剂量不超过 50 mSv,眼晶状体及甲状腺不超过 150 mSv,手部不超过 500 mSv。手术室辐射防护与管理需进行系统的辐射剂量监测,通过定期反馈辐射剂量数据,使医务人员对自身的受照水平有清晰认知,以便调整工作节奏。研究表明,进行辐射剂量监测的医务人员辐射暴露相较于未监测者可减少 18.5%^[33]。然而,在实际操作中,手术室医务人员实施辐射剂量监测仍面临严峻挑战,主要包括个人剂量计在厚重铅防护服外部的佩戴常引发操作者不适感,影响依从性;快节奏的手术进程易导致剂量计的规范佩戴被忽视或遗漏等。调查显示,仅有 26.7% 的医院进行了自我监测且使用的监测设备大部分没有进行计量检测^[6]。建议未来研究可聚焦于辐射剂量监测促进和障碍因素的分析,生成辐射剂量监测落实策略,为提升辐射防护效能提供实证依据。

3.4 多元化与常态化的辐射安全培训是构建积极安全文化的关键引擎 医务人员辐射安全知识掌握不足可能引发防护行为的两极分化;知识欠缺易致防护意识松懈,措施落实不足;认知偏差则可能引发过度防护焦虑,影响手术操作流畅性^[31]。这两种情况均会增加不必要的辐射暴露风险。研究表明,辐射安全教育能够提高医务人员实施辐射防护措施依从性^[20-21]。具备放射资质的医疗机构普遍开展常规辐射安全培训,但调查显示医务人员对核心防护原则的知晓率仍处于较低水平^[6],说明传统集中式培训模式在知识转化与行为塑造方面存在局限,有必要构建多元化、嵌入式、常态化的培训体系。建议利用虚拟现实技术进行高风险场景的模拟演练^[34];开发基于移动端的微学习模块以支持碎片化学习;将培训融入科室早会、病例讨论等日常场景等。此外,应建立以实践

为导向的培训效果综合评价机制,通过结合个人剂量监测数据、直接行为观察及情境化考核等方式,形成“培训—实践—考核与评估—反馈—优化”的闭环管理体系,从而实现从知识传递到安全行为内化的系统性提升。

4 小结

本研究总结适用于手术室的医患辐射防护与管理的 38 条最佳证据,分为基础辐射防护、辐射防护装置、辐射剂量监测、辐射培训 4 个方面,可为手术室辐射安全管理工作提供循证依据和参考。本研究纳入语种仅为中英文文献,受文化差异和技术革新影响,建议在将证据转化为本土化临床实践方案时,应组织多学科专家进行论证,结合我国手术室的环境特点、资源配置现状以及最新的技术进展,对证据的临床适用性、可行性进行审慎评估与必要调整,从而实现防护效果最优化。

附件 1 PubMed 文献检索式

附件 2 文献筛选流程

请用微信扫码查看



附件 1 文献检索式



附件 2 文献筛选流程

参考文献:

- [1] 国家卫生健康委员会.放射诊断放射防护要求:GBZ 130-2020[S].北京:2020.
- [2] Buchberger B, Scholl K, Krabbe L, et al. Radiation exposure by medical X-ray applications[J]. Ger Med Sci, 2022,20(6):1612-3174.
- [3] Gowda S R, Mitchell C J, Abouel-Enin S, et al. Radiation risk amongst orthopaedic surgeons:do we know the risk? [J]. J Perioper Pract,2019,29(5):115-121.
- [4] Yu E, Khan S N. Does less invasive spine surgery result in increased radiation exposure? A systematic review[J]. Clin Orthop Relat Res,2014,472(6):1738-1748.
- [5] Kim J B, Lee J, Park K. Radiation hazards to vascular surgeon and scrub nurse in mobile fluoroscopy equipped hybrid vascular room[J]. Ann Surg Treat Res,2017,92(3):156-163.
- [6] 杨开.湖北介入放射人员的辐射水平、细胞微核率和放射防护现状调查分析[D].武汉:武汉科技大学,2020.
- [7] Brouwers M, Kho M, Browman G, et al. AGREE II :advancing guideline development, reporting and evaluation in health care[EB/OL]. (2017-12-15) [2025-10-16]. http://www.agreetrust.org/wp-content/uploads/2017/12/AGREE-II-Users-Manual-and-23-item-Instrument-2009-Update-2017.pdf.
- [8] The Joanna Briggs Institute(JBI). Checklist for text and opinion[EB/OL]. (2020-08-13) [2025-10-16]. http://joanna-briggs.org/research/critical-appraisal-tools.html.
- [9] The Joanna Briggs Institute(JBI). Checklist for systema-

- tic reviews and research syntheses[EB/OL]. [2025-10-16]. <https://jbi.global/critical-appraisal-tools>.
- [10] The Joanna Briggs Institute(JBI). Critical appraisal tools [EB/OL]. (2023-03-01) [2025-10-16]. <https://joanna-briggs.org/critical-appraisal-tools>.
- [11] Foster M J, Shurtz S. Making the Critical Appraisal for Summaries of Evidence(CASE) for Evidence-Based Medicine(EBM): critical appraisal of summaries of evidence [J]. *J Med Libr Assoc*, 2013, 101(3):192-198.
- [12] The Joanna Briggs Institute. JBI levels of evidence[EB/OL]. [2025-10-16]. https://jbi.global/sites/default/files/2019-05/JBI-Levels-of-evidence_2014_0.pdf.
- [13] The Association of periOperative Registered Nurses (AORN). Guidelines for perioperative practice: radiation safety[EB/OL]. (2021-04-15) [2025-10-16]. <https://aornguidelines.org/guidelines/content?sectionid=245919495&view=book>.
- [14] IAEA, ILO, WHO. Radiation protection and safety in medical uses of ionizing radiation[EB/OL]. [2025-10-16]. <https://www.iaea.org/publications>.
- [15] WHO. Communicating radiation risks in paediatric imaging[EB/OL]. (2016-06-22)[2025-10-16]. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/205033>.
- [16] Miller D L, Vañó E, Bartal G, et al. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2010, 21(5):607-615.
- [17] 广东省肿瘤介入重点实验室, 广东省放射介入质控中心, 广东省护理学会介入护理专委会, 等. 电离辐射铅防护用品的应用与管理专家共识[J]. *介入放射学杂志*, 2024, 33(9):939-943.
- [18] 中国医学装备协会护理装备与材料分会, 手术装备与材料专业委员会. 数字减影血管造影复合手术室管理专家共识[J]. *中国医学装备*, 2023, 20(1):141-145.
- [19] 李春海, 孟红, 苏涛, 等. 建立 CT 介入手术室和规范化工作流程专家共识[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2022, 19(6):321-324.
- [20] Gogos S, Touzell A, Lerner L B. What we know about intra-operative radiation exposure and hazards to operating theatre staff: a systematic review[J]. *ANZ J Surg*, 2022, 92(1-2):51-56.
- [21] Arif S, Brady Z, Enchev Y, et al. Minimising radiation exposure to the surgeon in minimally invasive spine surgeries: a systematic review of 15 studies [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021, 107(7):102795.
- [22] Malik A T, Rai H H, Lakdawala R H, et al. Does surgeon experience influence the amount of radiation exposure during orthopedic procedures? A systematic review [J]. *Orthop Rev (Pavia)*, 2019, 11(1):7667.
- [23] Srinivasan D, Than K D, Wang A C, et al. Radiation safety and spine surgery: systematic review of exposure limits and methods to minimize radiation exposure [J]. *World Neurosurg*, 2014, 82(6):1337-1343.
- [24] 韦清, 柏晓玲, 杨曾楨, 等. 介入诊疗医务人员正确维护辐射防护用具的最佳证据 [J]. *介入放射学杂志*, 2023, 32(5):491-494.
- [25] 韦清, 柏晓玲, 逢锦, 等. 介入诊疗医务人员正确使用辐射防护用具的证据总结 [J]. *介入放射学杂志*, 2022, 31(7):724-727.
- [26] Klingler J H, Scholz C, Hohenhaus M, et al. Radiation exposure to scrub nurse, assistant surgeon, and anesthesiologist in minimally invasive spinal fusion surgery comparing 2D conventional fluoroscopy with 3D fluoroscopy-based navigation: a randomized controlled trial [J]. *Clin Spine Surg*, 2021, 34(4):E211-E215.
- [27] Anadol R, Brandt M, Merz N, et al. Effectiveness of additional X-ray protection devices in reducing scattered radiation in radial intervention: the ESPRESSO randomised trial [J]. *Eur Intervention*, 2020, 16(8):663-671.
- [28] Jenkins N W, Parrish J M, Sheha E D, et al. Intraoperative risks of radiation exposure for the surgeon and patient [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(1):84.
- [29] Ghallab M, Abdelhamid M, Nassar M, et al. Assessing and improving radiation safety in cardiac catheterization: a study from Cairo University Hospital [J]. *Egypt Heart J*, 2024, 76(1):17.
- [30] 刘思语, 高晓芸, 王佳敏, 等. 模糊痕迹理论视角下临床护理共享决策的研究进展 [J]. *护理学杂志*, 2025, 40(11):121-125.
- [31] 刘星, 樊碧发, 高畔, 等. X线透视引导下常见疼痛手术的辐射暴露及防护 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2022, 28(6):425-432.
- [32] Krishnamoorthy K, Sakalecha A K, Raavi V, et al. Quantification of scatter radiation doses to the eyes, thyroid, and breasts during plain abdominal computed tomography scans with and without shielding [J]. *Cureus*, 2025, 17(11):e97438.
- [33] Erken H Y, Yilmaz O. Collimation reduces radiation exposure to the surgeon in endoscopic spine surgery: a prospective study [J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2022, 83(1):6-12.
- [34] 李貌, 游建平, 张慧兰, 等. 虚拟现实技术在个人防护装备教学中的应用 [J]. *护理学杂志*, 2023, 38(22):84-87.

(本文编辑 丁迎春)