

• 指南研究 •

《手术烟雾安全指南(2022 版)》解读

段青鸾,洪彬芳,林珂*,杨梦娟,王钰莹,白菁

昆明医科大学第二附属医院,云南 650101



Interpretation of "Surgical Smoke Safety Guidelines (2022 edition)"

DUAN Qingluan, HONG Binfang, LIN Ke, YANG Mengjuan, WANG Yuying, BAI Jing

The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Yunnan 650101 China

Corresponding Author LIN Ke, E-mail: 77340786@qq.com

Abstract Surgical Smoke Safety Guidelines (2022 Edition) was released by the American Association of Registered Operating Room Nurses in 2022. The guideline provided recommendations from six aspects (creating a smoke-free environment, smoke exhaust and filtration, respiratory protection, personnel education, policies and procedures, and quality). It provided standardized guidance on the management and control of perioperative surgical smoke. This article interpreted and evaluated the guidelines from their overview, recommended content, and guideline quality to provide a reference for operating room staff to better manage and control surgical smoke in China.

Keywords surgical smoke; perioperative period; smoke exhaust; medical staff; guidelines

摘要 《手术烟雾安全指南(2022 版)》于 2022 年由美国手术室注册护士协会发布。该指南从创建无烟环境、排烟和过滤、呼吸防护、人员教育、政策和程序、质量 6 个方面提出建议,对管理和控制围术期手术烟雾做出规范指导。现从指南概述、建议内容、指南质量几个方面对其进行解读与评价,为国内手术室工作人员更好地管理和控制手术烟雾提供参考。

关键词 手术烟雾;围术期;排烟;医护人员;指南

doi: 10.12102/j.issn.2095-8668.2024.05.001

随着现代医疗技术的飞速发展,电外科设备在各类手术中应用广泛。但在提高手术效率的同时也产生了手术烟雾。手术烟雾是电外科手术设备在进行组织分离等操作时,组织细胞膜被破坏,细胞内成分被瞬间汽化而形成的气溶胶副产物^[1]。据统计,每年约有 50 万医护人员暴露在手术烟雾中,严重损害其身心健康^[2]。科学防范手术烟雾、降低其对术中医护人员的不利影响已成为当前手术室研究人员关注的重要议题。我国目前尚无手术烟雾防范措施相关指南发布。美国手术室注册护士协会(Association of Operating Room Nurses, AORN)于 2022 年更新发布了《手术烟雾安全指南》^[3],该指南在一定程度上代表了手术烟雾防范的最新进展。为了更好地让国内相关人员了解该指南内容,并指导我国手术室临床实践,本研究由围术

期临床专家、护理专家、掌握循证医学方法学的专家组成研究团队,从《手术烟雾安全指南》的概述、建议内容、指南质量几个方面进行解读与评价,以期手术室制定围术期手术烟雾安全管理策略提供参考依据。

1 《手术烟雾安全指南》概述

该指南最初于 2016 年 12 月在线发表在 Guidelines for Perioperative Practice 中。2022 版《手术烟雾安全指南》于 2021 年修订后由 AORN 发布。《手术烟雾安全指南》具体阐释了手术烟雾的内容、风险及相关防护措施,为创建安全的手术室环境提供了系统的指导,适用于所有手术室工作人员。《手术烟雾安全指南》声明在制定过程中未寻求外部资金资助,制定小组成员均不存在利益冲突。该指南由具有循证背景的围术期临床实践专家进行证据检索及评估,在原指南的基础上,通过全面查询、分析、整合重组新的研究证据,最终形成创建无烟环境、排烟和过滤、呼吸防护、人员教育、政策和程序、质量方面的建议。医护人员应全面审查指南内容,并采纳合适的建议保护术中工作人员,降低手术烟雾带来的危害。

2 《手术烟雾安全指南》内容解读

2.1 手术烟雾的定义

基金项目 昆明医科大学 2022 年研究生教育创新基金资助项目,编号:2022S172

作者简介 段青鸾,护师,硕士研究生在读

* **通讯作者** 林珂, E-mail: 77340786@qq.com

引用信息 段青鸾,洪彬芳,林珂,等.《手术烟雾安全指南(2022 版)》解读[J].循证护理,2024,10(5):761-764.

手术烟雾是指在手术过程中使用外科能量设备(如高频电刀、激光刀、超声刀、动力系统)时,组织蛋白或脂肪受到破坏所产生的气溶胶副产物^[3]。

2.2 手术烟雾成分及相关风险

手术烟雾中含有一氧化碳^[4]、多环芳烃^[5]、细胞活性及非活性物质、各类病毒(如乙型肝炎病毒^[6]、人乳头瘤病毒^[7]、人类免疫缺陷病毒^[8])和多种有毒有害气体^[4]。有学者采集了行腹腔镜胆囊切除术的手术间空气样本,发现样本中含有 600 多种致畸、致癌和致突变的化学物质^[9]。另一项研究发现,腹腔镜下胆囊切除术套管针里的手术烟雾含有 40 多种有害物质(如醛、烷基衍生物、酮等)^[10],严重威胁术中医护人员的安全。Canicoba 等^[11]的系统综述阐明医护人员长期暴露于手术烟雾中会引起头晕、嗜睡、呼吸道症状(咳嗽、打喷嚏、喉部炎症)、鼻炎、眼睛不适、流泪、头痛、恶心、呕吐、哮喘、慢性支气管炎以及全身虚弱等不同程度的临床不适感和相关症状。此外,手术烟雾可降低外科医生手术区域能见度,延长手术时间,使得病人长时间暴露于手术烟雾中,从而出现碳氧血红蛋白值异常升高^[12]、血液系统异常^[13]等并发症。因此,手术烟雾安全问题值得国内外手术室研究人员广泛关注。

2.3 手术烟雾安全管理措施

2.3.1 创建无烟环境

手术烟雾中含有多种危害健康的成分,已有不少证据证明烟雾暴露对相关人员的危害。目前,认为手术烟雾的浓度与切割组织的类型有关,肝脏组织产生的烟雾浓度最高($303.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$),肌肉组织产生的烟雾浓度最低($110.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$)^[14]。烟雾颗粒大小取决于手术能量设备类型,单极和双极设备产生的颗粒最小($0.07 \sim 0.10 \mu\text{m}$),激光消融产生较大的颗粒(约 $0.31 \mu\text{m}$),超声手术刀产生的颗粒最大($0.35 \sim 6.50 \mu\text{m}$)^[14]。烟雾颗粒因其大小会沉积在呼吸系统中的不同部位。其中, $5 \mu\text{m}$ 或更大的颗粒容易沉积在鼻和咽壁; $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 的颗粒在气管内沉降; $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 的颗粒易沉积在支气管和细支气管中; $<1 \mu\text{m}$ 的颗粒可以穿透肺泡,渗透到肺的最深处并阻碍气体交换,导致手术室医护人员出现各类呼吸系统疾病^[15]。我国对手术烟雾的研究起步较晚,术中人员缺乏手术烟雾相关知识,且手术室的烟雾防控装置各不相同,使得手术人员长期处于职业暴露状态。医疗机构应积极建立相应的安全管理措施,减少相关人员暴露于手术烟雾中。《手术烟雾安全指南》指出:医疗机构应组织倡导围术期多学科合作,共同制定围术期手术烟雾安全计划,并在手术开始前由外科医生、麻醉师、手术室护士

共同评估安全计划可行性,尽量选择产生较少烟雾的替代手术能源设备开展手术^[3]。在手术开始前,建议团队成员根据手术类型和预期手术烟雾量,选择合适的排烟和过滤装置切断烟雾的传播。同时,手术室必须进行充分通风换气(每小时 20 次)减少烟雾堆积^[3]。选择排烟设备时,根据医院特点由多学科合作具体评估设备的有效性、效率、便携性(如移动式、固定式)、过滤器的类型[如预过滤器、超高效空气过滤器(ULPA)、活性炭]、捕集特性(如可变流速、捕集速度)、过滤方法类型(主动式、被动式)、真空压力(如 $<150 \text{ mmHg}$)、噪声级($<60 \text{ dB}$)、激活类型(如自动、脚踏开关、手动开关)、产品兼容性、设备尺寸、设备成本及一次性配件(如管道、过滤器)。此外,相关医护人员需佩戴全面的呼吸防护装置作为最后一道防线,尽可能减少暴露风险^[16-18]。

2.3.2 排烟和过滤

手术室人员应疏散并过滤掉手术过程中产生的手术烟雾。有研究显示,现阶段我国 80.5% 的医院手术室仅使用负压吸引装置吸除烟雾,仅有少数医院采用中央或移动烟雾清除系统过滤手术烟雾^[19]。目前,常规使用的负压吸引装置仅具备吸除而不具备过滤功能。《手术烟雾安全指南》建议医疗机构使用带有 ULPA 和活性炭的烟雾装置^[3]。ULPA 总体颗粒过滤效果高于 99.999%,能有效清除手术烟雾。活性炭过滤器则可吸附手术烟雾中的气味和气体^[3]。此外,在微创手术中,使用套管针、导管或带有 ULPA 和活性炭过滤器的附件,并使用机械排气或被动过滤的方法过滤气体^[3]。为了最大限度地捕获手术烟雾并保护手术室工作人员的安全,应将捕获装置尽可能靠近手术烟雾,同时按照制造商的说明使用烟雾管理设备和附件^[20]。由于手术烟雾中含有多种有毒有害物质,《手术烟雾安全指南》规定手术室工作人员必须使用标准预防措施,将使用过的一次性物品作为生物危险废物处理^[3]。

2.3.3 呼吸防护

全面的呼吸保护设备不应被视为排烟和过滤的替代品。充分的手术室通风和烟雾疏散是防止手术烟雾危害的第一道防线,正确佩戴合适的呼吸保护装置是对残余手术烟雾的二级预防^[21-23]。现有研究显示,临床常用的外科口罩虽然具有抗流体性,可防止大液滴、喷雾和体液飞溅,但不能有效过滤手术烟雾中的挥发性有机物^[24]。现有高质量的证据表明,与外科口罩和高过滤口罩相比,外科 N95 口罩在手术烟雾的防护方面具有明显优势^[25-27]。高过滤口罩适用于过滤 $0.1 \mu\text{m}$ 以

上的颗粒物,但目前使用的大部分高过滤口罩在面部与口鼻中间容易形成空隙,无法实现口鼻的全面密封,可能会让烟雾中的危险成分进入人体呼吸系统造成潜在危害^[27]。《手术烟雾安全指南》推荐手术医师、护士选择合适尺寸的 N95 口罩作为呼吸保护装置。有研究证实,人乳头瘤病毒可通过手术烟雾进行传播^[28]。因此,在含有人乳头瘤病毒的组织上使用电外科设备时,必须在排烟和过滤的同时佩戴加强呼吸防护的装置^[28]。由于肝脏所产生的手术烟雾位居组织器官榜首,故对涉及肝脏的电外科手术需严格执行排烟过滤程序,手术医师、护士佩戴呼吸保护装置,减少手术烟雾的吸入^[29-31]。

2.3.4 人员教育

目前,国内外手术室医护人员对手术烟雾相关知识的掌握情况均不容乐观^[22,30]。加强医护人员的健康意识,术前对有关人员开展手术烟雾培训教育,使其充分认识到手术烟雾的危害,及时采取正确的防护措施至关重要。有效的人员教育能从源头上降低手术烟雾带来的职业暴露风险^[31]。建议可从以下几个方面开展手术室相关人员教育:手术烟雾的概念;手术烟雾的来源;明确手术烟雾对医护人员及病人健康的影响;控制手术烟雾产生的关键因素;正确选择烟雾排除系统;能按照制造商的说明使用和处理烟雾设备;使用标准预防措施处理过的排烟物品;按照手术类型及切割组织改进烟雾安全计划。通过对手术室相关人员的教育,使其遵守相关规定,确保手术烟雾安全实践,以降低其对人体带来的危害。

2.3.5 政策和程序

医疗机构应制定手术烟雾安全政策和程序,确定手术相关人员的权力、责任,规定手术烟雾安全问责制,制定相应监管要求,定期审查,必要时进行内容修订,确保相关政策与程序可在实践环境中随时使用,从而创造一个安全的手术室环境^[3]。制定的政策和程序可作为手术相关人员的操作指南,规范操作。《手术烟雾安全指南》提出,手术烟雾政策和程序应包括以下内容:排空手术过程中所产生的手术烟雾;选择和使用带有 ULPA 和活性炭过滤器的排烟系统;将烟雾捕获装置靠近手术部位,以成功收集手术烟雾;每当产生烟雾时,立即启动排烟器;将一次性排烟设备或用品作为生物危险废物进行处理;佩戴呼吸保护装置作为二级防护手段;进行相关人员教育后开展知识、能力验证活动;若出现与手术烟雾相关的健康问题,立即向职业健康等相关部门报告。

2.3.6 质量

手术相关人员应积极参与手术烟雾质量保证和持续改进活动中,以提高对排烟原则和流程的理解与遵守程度。同时应确定在排烟过程中可能遇到的阻碍因素(如排烟设备使用问题),共同探讨并制定必要的干预措施,以改进烟雾安全实践^[21]。除了评估障碍因素外,手术室管理人员应评估手术烟雾疏散过程的合规性,确定手术相关人员是否在烟雾产生过程中进行有效的烟雾疏散,最大限度地防范手术烟雾对人体带来的危害。

3 《手术烟雾安全指南》的质量评价

由 3 名具有循证医学研究背景的人员独立应用临床指南研究与评价系统(AGREE II)(2017 版)对该《手术烟雾安全指南》进行质量评价。各领域标准化得分=[(各领域实际得分-理论最低分)/(各领域理论最高得分-理论最低分)]×100%。最终该《手术烟雾安全指南》范围和目的得分率为 98%,参与人员得分率为 91%,指南制定的严谨性得分率为 94%,表达的清晰性得分率为 100%,应用性得分率为 93%,编辑的独立性得分率为 100%,总体质量较高。该《手术烟雾安全指南》具有清晰的目的及确切的范围,明确指出该指南的适用人群及适用区域。此外,制定过程严谨透明,由专业人员采用系统的检索方法及策略选择文献,进行评价分级,明确给出意见的证据来源及推荐级别。同时也描述了相关建议在实践中可能存在的阻碍因素及应用时可联系的相关资源。在编撰时的独立性较高,对于开发小组成员的利益冲突进行了记载与公布。

4 小结

本研究对 2022 版《手术烟雾安全指南》进行了解读,为我国制定围术期手术烟雾安全策略指南提供了参考依据。手术烟雾中含有多种有毒有害物质,医疗机构成员应积极参考并仔细阅读指南意见,采取有效的预防和防护措施控制和管理手术烟雾。为了使《手术烟雾安全指南》更好地传播并应用于我国临床实践,建议通过微信公众号等平台进行传播与实施。但制定该指南时,存在一定的局限性,主要以欧美地区为背景,尚缺乏我国数据。因此,在我国应用该指南时,应评估国内外文化差异,结合我国医院特征及手术室特点,有针对性地选择《手术烟雾安全指南》里的建议进行临床转化实践,以更好地创建无烟环境、降低手术烟雾对医护人员的危害。

参考文献:

- [1] VORTMAN R, MCPHERSON S, CECILIA W M. State of the science: a concept analysis of surgical smoke[J]. AORN Journal,

- 2021,113(1):41-51.
- [2] TRAMONTINI C C, GALVAO C M, CLAUDIO C V, *et al.* Composition of the electrocautery smoke integrative literature review[J]. *Rev Esc Enferm Usp*, 2016, 50(1):148-157.
 - [3] LISA C. Guideline for surgical smoke safety[J]. *AORN J*, 2021, 114(4):4-6.
 - [4] US Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. Laser/electro surgery plume [EB/OL]. (2022-05-01) [2023-02-01]. <https://www.osha.gov/SLTC/laserelectrosurgeryplume/>.
 - [5] National Institute for Occupational Safety and Health. Control of smoke from laser/electric surgical procedures [J]. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 1999, 14(2):71.
 - [6] KWAK H D, KIM S H, SEO Y S, *et al.* Detecting hepatitis B virus in surgical smoke emitted during laparoscopic surgery [J]. *Occupational and Environmental Medicine*, 2016, 73(12):857-863.
 - [7] FOX-LEWIS A, ALLUM C, VOKES D, *et al.* Human papilloma virus and surgical smoke: a systematic review[J]. *Occupational and Environmental Medicine*, 2020, 77:809-817.
 - [8] BAGGISH M S, POLESZ B J, JORET D, *et al.* Presence of human immunodeficiency virus DNA in laser smoke[J]. *Lasers in Surgery and Medicine*, 1991, 11(3):197-203.
 - [9] DOBROGOWSKI M, WESOŁOWSKI W, KUCHARSKA M, *et al.* Health risk to medical personnel of surgical smoke produced during laparoscopic surgery[J]. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2015, 28(5):831-840.
 - [10] DOBROGOWSKI M, WESOŁOWSKI W, KUCHARSKA M, *et al.* Chemical composition of surgical smoke formed in the abdominal cavity during laparoscopic cholecystectomy-assessment of the risk to the patient [J]. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 2014, 27(2):314-325.
 - [11] CANICOBA A R B, DE BRITO POVEDA V. Surgical smoke and biological symptoms in healthcare professionals and patients: a systematic review[J]. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 2022, 37(1):130-136.
 - [12] OTT D E. Carboxyhemoglobinemia due to peritoneal smoke absorption from laser tissue combustion at laparoscopy [J]. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 1998, 16(6):309-315.
 - [13] KARJALAINEN M, KONTUNEN A, SAARI S, *et al.* The characterization of surgical smoke from various tissues and its implications for occupational safety[J]. *PLoS One*, 2018, 13(4):e0195274.
 - [14] ALP E, BIJL D, BLEICHRODT R P, *et al.* Surgical smoke and infection control[J]. *The Journal of Hospital Infection*, 2006, 62(1):1-5.
 - [15] LIMCHANTRA I V, FONG Y, MELSTROM K A. Surgical smoke exposure in operating room personnel[J]. *JAMA Surgery*, 2019, 154(10):960.
 - [16] AORN, Inc. Standards of perioperative nursing practice [EB/OL]. (2020-01-10) [2023-02-01]. <https://aorn.org/guidelines/clinical-resources/aorn-standards>.
 - [17] ECRI. Surgical smoke evacuation. Health system risk management [EB/OL]. (2020-01-10) [2023-02-01]. https://www.ecri.org/search-results/member-preview/hrc/pages/surgan17_1.
 - [18] Anon. Smoke evacuation systems, surgical. Device Overviews & Specifications-Comparative Data [EB/OL]. (2021-05-21) [2023-02-01]. <https://www.ecri.org/components/HPCS/Pages/Smoke-Evacuation-Systems,Surgical.aspx>.
 - [19] ARZU I, ESRA Y G, VAN GIERBERGEN MERYEM Y. The examination of problems experienced by nurses and doctors associated with exposure to surgical smoke and the necessary precautions[J]. *Journal of Clinical Nursing*, 2017, 26(11/12):1555-1561.
 - [20] RENGASAMY S, MILLER A, EIMER B C, *et al.* Filtration performance of FDA-cleared surgical masks[J]. *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, 2009, 26(3):54-70.
 - [21] HOWARD B. Laser-generated airborne contaminants[J]. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 2011, 4(2):56-57.
 - [22] AST. AST guidelines for best practices in laser safety [EB/OL]. (2019-04-12) [2023-02-02]. https://www.ast.org/uploadedFiles/Main_Site/Content/About_Us/Standard_Laser_Safety.pdf.
 - [23] AST. AST standards of practice for use of electrosurgery [EB/OL]. (2012-05-16) [2023-02-01]. https://www.ast.org/uploadedFiles/Main_Site/Content/About_Us/Standard%20Laser%20Safety.pdf.
 - [24] STEEGE A, BOIANO J, SWEENEY M. Secondhand smoke in the operating room? Precautionary practices lacking for surgical smoke[J]. *Am J Ind Med*, 2016, 59(11):1020-1031.
 - [25] GAO S, KOEHLER R H, YERMAKOV M, *et al.* Performance of facepiece respirators and surgical masks against surgical smoke: simulated workplace protection factor study[J]. *The Annals of Occupational Hygiene*, 2016, 60(5):608-618.
 - [26] BENSON S M, NOVAK D A, OGG M J. Proper use of surgical N95 respirators and surgical masks in the OR [J]. *AORN Journal*, 2013, 97(4):457-470.
 - [27] SPRUCE L, BRASWELL M L. Implementing AORN recommended practices for electrosurgery[J]. *AORN Journal*, 2012, 95(3):373-387.
 - [28] FENCL J L. Guideline implementation: surgical smoke safety[J]. *AORN Journal*, 2017, 105(5):488-497.
 - [29] PASQUIER J, VILLALTA O, SARRIA L, *et al.* Are smoke and aerosols generated during laparoscopic surgery a biohazard? A systematic evidence-based review[J]. *Surgical Innovation*, 2021, 28(4):485-495.
 - [30] 丁雪梅, 程月娥, 叶志霞, 等. 不同电外科器械在肝脏离断中产生烟雾成分的对比及防护对策[J]. *海军医学杂志*, 2019, 40(5):455-458.
 - [31] 孙育红, 张颖, 支慧, 等. 手术室护理人员手术烟雾知识与防护行为的调查[J]. *中国护理管理*, 2022, 22(4):529-533.

(收稿日期:2023-03-20;修回日期:2024-02-03)

(本文编辑 张建华)