

手术烟雾的危害及其防护的研究进展

陆春梅*, 金 燕, 李建华

太仓市第一人民医院 江苏苏州

【摘要】目前,电外科设备、激光和超声刀等工具已广泛地应用于各类手术,由于使用时患者的出血量少,而且可快速止血,有效防止出现感染等各种优势,运用越来越广。而由于洁净手术室的密闭性,其使用过程中高温灼烧组织所产生的手术烟雾也对手术室医护人员的健康造成了危害,因此,这就需要手术室医护人员提高对其防护意识。现就手术烟雾的来源及成分、危害和防护进行综述,为手术室医护人员更好的防护手术烟雾提供参考。

【关键词】手术烟雾;危害;手术室;医护人员;防护

【收稿日期】2025 年 6 月 15 日

【出刊日期】2025 年 8 月 28 日

【DOI】10.12208/j.ijcr.20250405

Research Progress on the Hazards and Protection of Surgical Smoke

Chunmei Lu*, Yan Jin, Jianhua Li

The First People's Hospital of Taicang, Suzhou, Jiangsu

【Abstract】Currently, electrosurgical devices, lasers, and ultrasonic scalpels are widely used in various surgeries due to their advantages such as rapid hemostasis, minimal bleeding, prevention of bacterial infection, and good postoperative recovery for patients. However, due to the airtightness of clean operating rooms, the surgical smoke generated by the high-temperature burning of tissues during their use poses a threat to the health of operating room medical staff. Therefore, it is necessary for operating room medical staff to enhance their awareness of protection against surgical smoke. This article reviews the sources and components, hazards, and protection measures of surgical smoke, providing a reference for better protection of operating room medical staff against surgical smoke.

【Keywords】Surgical smoke; Hazards; Operating room; Medical staff protection

手术烟雾,又称为 Surgical smoke,主要是在外科手中使用的设备,如激光、电刀等等,由于切割、凝固组织时,会产生一种气态的混合物,这是一种闻起来非常刺鼻的烟雾,95%为水蒸气,但也有 5%是由细胞碎片、化学物质等构成,又被称之为激光羽流^[1]。根据有关报道手术烟雾对于患者来说,会有潜在风险,例如可能引发患者呼吸道症状以及其他损害,还有可能造成病原菌的传播等^[2]。

当前现代医疗技术快速发展,各种电外科设备广泛运用,如超声刀、电刀等等,而这些设备在手术中都会产生大师的烟雾,给手术环境造成极大影响,甚至还会对手术室护理人员造成健康威胁^[3]。根据相关统计^[4],一年至少有五十万左右的工作人员会暴露在手术烟雾中,并对其身体造成损害。但根据国内实际调查发现^[5],我国医护人员对于防护手术烟雾的认知不充分,,因此

也导致了自身出现了许多健康问题^[6]。本文对当前国内、国外手术烟雾的危害、防护措施开展分析,旨在为相关工作人员的防护提供借鉴。

1 手术烟雾的产生

手术烟雾的产生主要是由于主要设备发生的,而这些设备又不可缺少^[7-9]。但根据实际调查发现,不同设备使用以及不同的患者,其烟雾浓度产生也不同。分析主要原因还是因为手术室电外科器材频频使用有关^[10-11]。例如使用电刀行止血、切割时,组织细胞受高温破坏影响,细胞液被气化,蛋白质受到破坏而变性,其内容物也会被分解至空气内,形成了烟雾颗粒^[12]。

目前,无论是传统的开放手术还是微创手术都离不开电外科的应用,以最常用腹腔镜手术为例,其能量平台,如血管闭合器、单极电刀等,同样也会产生手术烟雾。这也是多数工作人员受到职业暴露的因素^[13]。

*通讯作者: 陆春梅(1994-)女,江苏苏州,本科,护师,研究方向: 手术室护理

手术烟雾含有活性病毒, 以及和患者疾病有关的活性物质等, 均会包含有害物质, 如肝炎病毒等, 有的癌变组织分解后, 所产生的化合物同样会包裹在烟雾里。还含有如脂肪酸类、碳氢化合物、腈类、酚类等^[14-15]。

2 手术烟雾的成分及其危害

手术烟雾主要是水蒸汽、颗粒状化学组织、细胞残体所组成的, 其中约 95% 是水蒸气, 剩下的 5% 含有有害的化学成分、非活性颗粒物、活性细胞病毒、细菌及肿瘤细胞等^[16], 可对医护人员呼吸、神经、消化等系统造成潜在不良影响, 甚至引发肺部损害、肿瘤细胞种植转移和细菌、病毒传播等^[17-19]。研究发现, 组织通过了电灼烧之后, 仅 1g 的组织产生的有害物质, 就相当于一个人在 15 分钟内吸入 3-6 支香烟产生的危害^[12]。并且产生高浓度细颗粒物 (particulate matter 2.5, PM2.5), 若人体长期吸入这些物质, 易引发恶性肿瘤这类疾病^[1]。

Ilce 等研究发现, 若护理人员长时间处于手术烟雾环境中, 会诱发一系列不良反应, 像呼吸道不适、眼睛不舒服等。并且长时间吸入还可能引起眼睛疼痛、头晕、恶心反胃等症状, 此外还会引发慢性咽炎, 对肝脏、肺部等亦有威胁。还有文献证实了手术烟雾和部分护理人员流产有关系。国家相关机构, 如职业安全研究所等, 均已证实了手术烟雾对于人体存在的潜在危害^[22]。

2.1 有害的化学成分

研究表明^[23], 手术类型、使用的器械和烧灼的组织不同是影响烟雾化学成分的主要因素。

手术烟雾有非常明显的刺激味, 通过动物实验和临床研究证实了, 目前共检测了约六百种物质, 如一氧化碳、烃类等特点, 如果长期接触可能会诱发白血病^[25], 其中苯类、丙烯腈等一类的有害物质均有致癌的作用, 苯类物质还会造成骨髓衰竭等风险, 且对中枢神经系统有毒害^[26], 可诱发白血病发生, 导致个体的意识丧失, 严重的还会导致死亡; 甲醛对个体的眼睛和鼻腔会产生刺激作用, 引发现支气管理挛和咳嗽, 均被归为致癌物^[27]。根据相关报道, 氰化物极易被皮肤、胃肠道所吸收, 还会抑制细胞氧合, 造成头痛、呕吐等问题^[28]。

电外科设备在不同部位进行切割时所产生化学物质也有所不同。比如切割脂肪会产生醛类物质, 而切割皮肤组织则会产生苯系物等^[29]。以腹腔镜手术为例, 根据相关测试, 在切除完成后环境中一氧化碳的浓度会超出职业安全与健康管理局规定的 35mg/L 正常范围, 达到 100-1900mg/L^[30]。有研究证实^[12], 行腹腔镜

手术时使用手术电设备 5 分钟后, 患者腹腔内便会出现一氧化碳, 手术时间超过半小时后其浓度从 4.7 ppm 上升至 326 ppm。随着手术切割时间的延长腹腔内一氧化碳浓度升高且超出规定指标。若烟雾未能及时排出被腹膜大量吸收, 患者血液一氧化碳浓度增加, 则降低血液携氧能力, 术后不仅易出现恶心、头痛的症状, 还可能引发抽搐、心律失常等问题^[31]。而其他症状严重程度以及一氧化碳暴露量, 以及个体敏感性均有关系^[32]。

2.2 非活性颗粒物

我们都知道 PM2.5 是检测空气质量的标准, 是指空气中直径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ 的颗粒物, 而手术烟雾中含有粒径大小不等的非活性颗粒物, 其中超细颗粒物占大量, 即 95% 的粒径 $< 5\mu\text{m}$ 的气溶胶。细颗粒物直径越小, 进入呼吸道的部位越深, 对人体健康的危害也会更大。直径 10 μm 的颗粒物吸入后可进入咽部, 约 5 μm 或更大的颗粒沉积在鼻壁、咽部、气管和支气管上, 而直径 $< 2\mu\text{m}$ 的颗粒物则能够穿透上呼吸道的防御机制, 到达肺泡, 导致呼吸道刺激^[30]。在手术室中, 使用不同的能量器械, 产生的烟雾颗粒直径也不同。电灼产生的烟雾颗粒直径约为 0.07~0.42 μm , 激光产生的烟雾颗粒直径约为 0.1~0.8 μm , 超声波手术刀产生的烟雾颗粒直径更大, 约为 0.35~6.5 μm ^[33]。

烟雾颗粒气动学尺寸会因为灼烧不同组织而有所不同。例如相比于不含有脂肪的组织, 脂肪组织烟雾颗粒是其 11-23 倍左右, 对于灼烧肝脏组织, 所产生的烟雾颗粒又高于脂肪组织的数倍之多^[34]。有研究发现外科使用的普通口罩, 只能消除直径不超过 0.5 μm 的颗粒, 而手术烟雾的颗粒直径是小于这个数值, 所以无法阻挡有害成分。最重要的一点当电外科设备只要开始工作, 不到五分钟其颗粒会直接入 6 万个颗粒/立方英尺, 直接增加到一百万个, 要想浓度恢复到正常范围, 至少要在完成手术后的二十分钟后才可^[36]。这也说明了如果颗粒进入到人体的肺泡后, 是无法在短时间被清除的, 如果长期吸入还易引发细支气管炎等多种疾病。

2.3 活性细胞病毒、细菌及肿瘤细胞

手术烟雾中存在不同的病毒, 包括棒状杆菌、乙型肝炎病毒、脊髓灰质炎病毒、人乳头瘤病毒 (HPV) 和人类免疫缺陷病毒 (HIV) 等^[37]。不仅如此, 对激光手术中产生的手术烟雾进行标本培养后发现凝固性阴性葡萄球菌、棒状杆菌的和奈瑟菌属的存在, 而活性噬菌体也同样存在^[38]。通过基因标记发现, 手术烟雾携

带的病毒具有一定的传染性, 能够造成肿瘤细胞的扩散或肿瘤细胞的扩散, 尤其是 HPV 病毒^[39]。研究发现, 腹腔镜手术中, 对恶性肿瘤用超声刀切割, 烟雾中有着具有活性的肿瘤细胞, 且数量因切割时间增加, 功率增大等都会增加, 再加上切割组织结构致密度, 也会增加肿瘤细胞数量^[40]。

2.4 其他危害

对患者而言, 研究发现^[41], 患者接受腹腔镜微创手术时, 手术中使用高频电刀、超声刀等等, 所产生的烟雾中化学物质, 可能会诱发患者发生癌变、胎儿毒性等。且对患者的尿液进行研究发现, 患者手术前的甲醛等含量, 在手术后会出现明显增加的情况^[42]。外科手术烟雾还会造成中规中矩出现造血系统的异常情况, 如白细胞数量明显减少等不同症状^[43]。

对手术而言, 手术烟雾还会遮挡手术视野, 影响手术进程, 尤其在腹腔镜手术中。由于手术烟雾会在腹腔内积聚, 因此必须停止手术, 使用设备清除烟雾以恢复视野, 一定程度上影响了手术的进展和安全^[30], 同时, 由于长期接触手术烟雾导致的眼、鼻、喉等器官的应激反应, 可能会引起医护人员的担心、焦虑等不良心理情绪, 造成注意力不集中等问题, 进而影响手速的顺利进行。

3 手术烟雾的防护

3.1 提高防护意识

目前, 国内外手术室医护人员对手术烟雾的成分、危害及防护措施等知晓率并不高^[24,44], 由于手术烟雾不具有典型的特点, 有的工作虽然知道手术烟雾是有危害的, 但未能采用积极措施加以防护。而且手术室护理人员是手术室最重要的主力之一, 有责任做好烟雾的防护工作。何庆娟等^[45]通过格林模式教育对手术室护士进行指导, 可极大提升工作人员对于手术烟雾的认知, 改变其态度以及行为能力, 减少暴露的风险。

因此, 首先可通过成立手术室烟雾控制小组, 由手术室高年资护士任组长, 对手术室年轻护士、麻醉医生和手术医生等围手术期团队成员进行手术烟雾危害的知识普及和防护方法的教育培训, 激发医护人员对手术烟雾的防护意识, 从而提高其对手术烟雾的防范效果^[46]。其次, 分析手术烟雾防护薄弱环节, 可优化手术烟雾的防护措施^[47-48]。

除此以外, 医院相关部门, 尤其是手术室可以加强宣教, 制定手术烟雾的预防和控制相关管理制度, 制定减少手术烟雾的标准工作流程, 组织以及开展烟雾管理以及相关的讲座, 对电外科设备使用的培训及考核

进行定期处理, 以此来提高手术室人员对于手术烟雾防护意识, 确保自身安全。

3.2 减少烟雾的产生

手术医生应根据不同的手术方式、不同的组织类型等选择合适的电外科设备类型、模式, 正确使用电外科设备, 选择最合适输出方式, 以及最小输出功率达到最理想的效果, 及时将电刀和超声刀上的焦痂, 以及产生的烟雾及时清理干净, 减少烟雾产生^[22]。

3.3 加快烟雾的排出

手术室空气要保持洁净, 就必须建立良好的空气净化与负压吸引系统。手术室属于相对独立的封闭区域, 所以进入手术室的空气首先得经高效过滤器净化。一般情况下, 会把高效过滤器置于手术床正上方, 这样洁净空气能从手术床上方垂直吹送下来, 墙壁四周设有回风口, 在相应策略下空气可被及时排出手术区域^[49]。美国手术室护理协会建议, 手术室内空气每小时至少更换 15 次, 理想的最佳频次为 20 - 25 次^[43], 并且保证每次有 20% 的经过过滤的室外空气参与更换, 从而减少污染空气在室内的循环^[6]。

同时手术中的烟雾吸附还可以采用负压吸引系统, 如局部负压吸引系统、中心系统等。前者是手术室墙壁负压吸引器, 未能起到过滤的作用, 一般用于吸收患者的分泌物、血液等, 现实中也可见, 术中手术助手手持吸引器随着手术电切、电凝同步移动, 来吸除手术烟雾, 而中心负压吸引系统协同空气净化系统工作。研究发现^[50], 吸引器放置于烟雾源 2.54-5.08cm 内才能有效吸除烟雾, 当吸引器置于距离切口 1cm 处时, 能够有效吸除 98% 的手术烟雾; 然而, 在 2cm 及以上的位置, 吸除率则降至 50%。目前, 绝大部分电刀配有吸烟器。

关于手术室烟雾安全指南建议, 医院需要使用带有活性炭的烟雾装置, 以及带有 ULPA 的装置。如 ULPA 装置的总体颗粒过滤的效果可以高出 99.99%, 对于手术烟雾可以起到有效清除的作用。活性炭则可吸收掉烟雾的气味。同时在进行微创手术时, 使用导管、套管针等附近, 使用机械排气的方法, 可以有效过滤气体的有害物质^[51]。为了可能更好保护手术室的茶人员, 需要捕获装置安装在尽量靠近手术烟雾的地方, 根据说明书使用设备^[52]。同时, 《手术室护理实践指南(2024)版》也指出, 可以采用带排烟功能的双向气腹机, 全自动地清除和净化腹腔镜手术中因使用能量器械激发产生的烟雾, 还可以选取负压吸引器连接管与 Trocar 通气阀门口相连, 以此实现负压吸引, 确保术野清晰^[5]。

3.4 实施有效的个体防护

开展有效的防护可明显减少手术烟雾带来的危害,当前最常使用的是个体防护措施。但外科使用的普通口罩没有办法阻挡手术烟雾大多数有害物质,无法为用户提供有效保护。虽然高过滤的口罩可以过滤并消除 97%以上的 0.1 μ m 以上的颗粒物,可为相关工作人员提供更有效的防护,但佩戴者不易的呼吸^[25]。

呼吸面罩防护、透气性能均理想,但价格比较高所以在临床上使用较少。相较于外科口罩和高过滤口罩,《手术烟雾安全指南(2022)版》推荐医护人员挑选合适尺寸的 N95 口罩作为呼吸防护装备。正确佩戴能达到至少 95%的防护。除此以外,手术医护人员在不影响手术的前提下,和产生手术烟雾的部位保持一定的距离,可适当的移动身体或者头面部,有研究发现^[53],由于手术的不同,在手术中所产生的烟雾颗粒直径也有不同。所以需要根据手术的时长、类型等,来选择不同的防护方法。

4 小结与展望

随着 2020 年全球新型冠状病毒肺炎的大流行,医护人员的职业防护以及安全意识在不断上升,其危害性自然也受到了重视,更重要的是手术烟雾对人体的危害是明确的,虽然没有直接证据可证明手术烟雾致病性,而医护人员也需要理性处理,提高手术烟雾的防范意识,按电外科设备的操作流程,正确地使用手术中的电外科设备,最大限度使用现有排烟装置,以及收集手术烟雾设备,多个渠道合作做好手术烟雾的防护。未来研究中统一规范手术烟雾样本采样、检验标准,对不同手术类型手术烟雾检测结果加以完善,把不同类型手术危害度进行分类,拟定分级防护措施,推进手术安全规范化的发展,保障手术医护人员的职业健康与安全。

参考文献

- [1] 宋颖,杨佳,刘辉等.手术室烟雾的危害及防护研究[J].外科研究与新技术, 2021, 10 (3): 223-225.
- [2] Liu Y, Song Y, Hu X, et al. Awareness of surgical smoke hazards and enhancement of surgical smoke prevention among the gynecologists[J]. J Cancer. 2019, 10(i2): 2788—2799. DOI: 10. 7150 / jca. 31464.
- [3] Ryu RC, Behrens PH, Malik AT, et al. Are we putting ourselves in danger? Occupational hazards and job safety for orthopaedic surgeons [J]. J Orthop, 2021, 24: 96-101.
- [4] TRAMONTINI CC, GALVAO CM, CLAUDIO CV, et al. Composition of the electrocautery smoke integrative literatur review [J]. Rev Esc Enterm Usp, 2016. 50(1)-148-152.
- [5] 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.
- [6] 杨洋, 马燕兰. 手术烟雾对医护人员的健康危害及其防护措施的研究进展 [J]. 中华现代护理杂志, 2018, 24(27): 3345-3348.
- [7] 钱星星. 手术烟雾的危害及其防护措施探讨. 实用临床护理学电子杂志, 2018, 3(32): 174.
- [8] SEARLET, ALIFR, ALNIAIMIF. Surgical smoke generated by electrocautery. Lasers in Medical Science, 2021, 36(7): 1555—1556.
- [9] PASQUIER J, ILLALTA O, SARRIA L S. et al. Are smoke and aerosols generated during laparoscopic surgery abiohazard: asystematic evidence-based review. Surgical Innovation, 2021, 28(4): 485—495.
- [10] 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. 海军医学杂志, 2019, 40(5): 455-458.
- [11] 谭文君, 朱皓阳, 张娜娜, 等. 半肝切除术中不同组织产生手术烟雾 PM 2. 5 浓度及防护措施的研究. 护理研究, 2019, 33 (18): 3258-3260.
- [12] 王丽霞, 魏永婷, 张宝堂, 雷隽, 吴秀红. 高频电刀烟雾对手术室空气质量的影响 [J]. 中国护理管理, 2018, 18(02): 196-201.
- [13] Okoshi K, Kobayashi K, Kinoshita K, et al. Health risks associated with exposure to surgical smoke for surgeons and operation room personnel [J]. Surg Today, 2015. 15(8): 957-965.
- [14] 周青. 美国对手术室烟雾的管理和防范[J]. 中华护理杂志, 2013, 48(12): 1080-1082.
- [15] Chapman L W, Korta D Z, Lee P K, et al. Awareness of Surgical Smoke Risks and Assessment of Safety Practices During Electrosurgery Among US Dermatology Residents [J]. JAMA Dermatol, 2017, 153(5): 467-468.
- [16] LEWIS A, ALLUM C, VOKES D, et al. Human papillomavirus and surgical smoke: a systematic review [J].

- Occup Environ Med, 2020, 77 (12): 809-817.
- [17] 陈伟伟, 雷璐敏, 张宇宏, 等. 不同类型手术烟雾的危害及其防护研究进展 [J]. 解放军医学院学报, 2023, 44 (08): 922-927.
- [18] CANICOB A R B, DE BRITO POVEDA V. Surgical smoke and biological symptoms in healthcare professionals and patients: a systematic review [J]. J PeriAnesth Nursing, 2022, 37 (1): 130-136.
- [19] LIMCHANTRA I V, FONG Y, MELSTROM K A. Surgical smoke exposure in operating room personnel: a review [J]. JAMA Surg, 2019, 154(10): 960-967.
- [20] Dobrogowski M, Wesolowski W, Kucharska M, et al. Health risk to medical personnel of surgical smoke produced during laparoscopic surgery [J]. Int J Occup Med Environ Health, 2015, 28(5):831-840. DOI:10.13075/jomeh.1896.00374.
- [21] Frazer K, McHugh J, Callinan J E, et al. Impact of institutional smoking bans on reducing harms and secondhand smoke exposure [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2016(5):CD011856.
- [22] 张华仕, 陈彦达, 沙焱. 手术室电刀产生烟雾颗粒对手术室人员健康的危害及防护策略分析 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2022, 第 9 卷 (21):131-133.
- [23] BREE K, BARNHILL S, RUNDELL W. The Dangers of electrosurgical smoke to operating room personnel: a review [J]. Workplace Health Saf, 2017, 65(11): 517-526.
- [24] 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/StandardLaserSafety.pdf.
- [25] 唐韧冰, 杜美华, 陆叶. 手术烟雾的危害及其防护的研究进展 [J]. 中华护理杂志, 2017, 52 (9): 1065-1067.
- [26] 周芸. 手术室中有害烟雾弥散的危害及控制管理现状及发展 [J]. 特别健康, 2019(22):133-134.
- [27] Ryu RC, Behrens PH, Malik AT, et al. Are we putting ourselves in danger? Occupational hazards and job safety for orthopaedic surgeons [J]. J Orthop, 2021, 24: 96-101.3 Vortman R, Thorlton J. Thorlton J. Empowering nurse executives to advocate for surgical smoke-free operating rooms [J]. Nurse Lead, 2021, 19 (5): 508-515.
- [28] Georgesen C, Lipner SR. Reply to: comment on Surgical smoke: risk assessment and mitigation strategies' and chemical adsorption by activated carbon N95 masks [J]. J Am Acad Dermatol, 2019, 80 (4): e81.
- [29] 王玲, 周素玲, 鲁桂兰, 等. 手术烟雾危害及防护措施研究进展 [J]. 护理学报, 2013, (7):17-21.
- [30] Zhou YZ, Wang CQ, Zhou MH, Li ZY, Chen D, Lian AL, Ma Y. Surgical smoke: A hidden killer in the operating room. Asian J Surg. 2023 Sep;46(9):3447-3454.
- [31] JIANG Y. The hydrogen sulfide inhalation of cotton smoke on rat to interfere with inhalation injury [C]. Shanghai: The Second Military Medical University, 2014: 2-3.
- [32] 唐翠明, 罗俊青, 练敏. 手术烟雾的危害及其防护措施研究进展 [J]. 黑龙江医学, 2019, 43 (7): 849-851.
- [33] 徐旭东, 赵媛. 外科手术烟雾的危害及防护措施研究进展 [J]. 天津护理, 2024, 32 (2): 246-249.
- [34] 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.
- [35] In S M, Park D Y, Sohn I K, et al. Experimental study of the potential hazards of surgical smoke from powered instruments [J]. Br J Surg. 2015, 102(12), 1581-1588.
- [36] OKOSHI K, KOBAYASHI K, KINOSHITA K, et al. Health risks associated with exposure to surgical smoke for surgeons and operation room personnel [J]. Surg Today, 2015, 45(8): 957-965.
- [37] MOWBRAY NG, ANSELL J, HORWOOD J, et al. Safe management of surgical smoke in the age of COVID-19 [J]. Br J Surg, 2020, 107(11): 1406-1413.
- [38] 闻永, 覃勤, 毛艳, 等. 手术烟雾与感染风险及其控制的研究进展 [J]. 职业与健康, 2022, 38(2): 284-288.
- [39] FOX-LEWIS A, ALLUM C, VOKES D, et al. Human papillomavirus and surgical smoke: a systematic review [J]. Occup Environ Med, 2020, 77(12): 809-817.
- [40] 莫丽平, 谭云燕, 杨秀媛. 微创手术中烟雾吸引管的设计与应用 [J]. 中国微创外科杂志, 2016, 16 (6): 544-545.
- [41] 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]. Int J Occup Med Environ Health, 2014, 27(2): 314-325.
- [42] TOKUDA Y, OKAMURA T, MARUTA M, et al. Prospective randomized study evaluating the usefulness of a surgical smoke evacuation system in operating rooms for breast surgery[J]. J Occup Med Toxicol, 2020, 15: 13.
- [43] WILLIAMS K. Guidelines in practice: surgical smoke safety [J]. AORN J, 2022, 116(2): 145-159.
- [44] 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.
- [45] 何庆娟, 罗小平, 梁爱群. 格林模式教育对手术室护士电外科烟雾防护效果的影响[J]. 齐鲁护理杂志, 2020, 26(8): 133-135.
- [46] 刘菁, 周晓东, 程凌鸿. 手术室护理人员对手术烟雾知-信-行现状及格林模式防护教育干预效果[J]. 护理实践与研究, 2021, 18(4): 586-589.
- [47] 徐丽. 品管圈在手术室医务人员烟雾防护中的应用[D]. 郑州: 郑州大, 2014.
- [48] 王立军, 高洋, 杨庆艳, 等. 应用品管圈降低手术室医护人员职业暴露研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2015, 25(18): 4303-4305.
- [49] Rüdiger K, Böttcher C, Axel K, et al. Hygiene guideline for the planning, installation, and operation of ventilation and air-conditioning systems in health-care settings—guideline of the German society for hospital hygiene (DGKH) [J]. Gms Hyg Infect Control, 2016, 11: Doc03.
- [50] 戴庆鑫, 陈剑伟. 腹腔镜手术中利用中心负压持续吸引排出烟雾的效果分析[J]. 护士进修杂志, 2024, 29(17): 1594-1596.
- [51] LISAC. Guideline for surgical smoke safety[J]. AORN J, 2021, 114(4): 4-6.
- [52] 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.
- [53] Ragde SF, Jorgensen RB, Foreland S. characterisation of exposure to ultrafine particles from surgical smoke by use of a fast mobility particle sizer[J]. Ann Occup Hyg, 2016, 60(7): 860-874.
- 版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**OPEN ACCESS**