

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20222185

· 综述 ·

消化内镜中心气溶胶产生及防控策略研究进展

李贤煌, 周梦娇, 毕正琴, 张云, 田信, 黄子怡, 张洋洋, 黄茜, 马久红

(南昌大学第一附属医院消化内镜中心, 江西 南昌 330006)

[摘要] 内镜诊疗操作的侵入性和清洗消毒操作的开放性等特点, 使内镜中心已成为气溶胶产生的重点区域, 医务人员长期气溶胶暴露后可对人体健康造成巨大危害。本文通过回顾国内外文献, 对消化内镜中心的气溶胶来源、医务人员暴露风险以及防控策略等多方面进行综述, 以期为内镜医务人员防范职业暴露, 保障人体健康提供借鉴意见。

[关键词] 气溶胶; 消化内镜; 职业暴露; 防控策略; 研究进展

[中图分类号] R197.323.4

Research progress of aerosol generation as well as prevention and control strategies in digestive endoscopy center

LI Xian-huang, ZHOU Meng-jiao, BI Zheng-qin, ZHANG Yun, TIAN Xin, HUANG Zi-yi, ZHANG Yang-yang, HUANG Xi, MA Jiu-hong (Center of Digestive Endoscopy, The First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China)

[Abstract] The invasiveness of endoscopic diagnosis and treatment manipulation as well the openness of cleaning and disinfection manipulation have made endoscopy center a key area for aerosol generation, long term exposure to aerosol by health care workers (HCWs) can cause great harm to health. This paper summarizes the sources, HCWs' exposure risk as well as prevention and control strategies of aerosol in endoscopy center through reviewing domestic and foreign literatures, provides reference for HCWs in endoscopy center to prevents occupational exposure and protect health.

[Key words] aerosol; digestive endoscope; occupational exposure; prevention and control strategy; research progress

随着内镜的诊断、治疗技术的不断发展, 软式内镜下超微创技术已达到“无孔不入”的境界。但由于内镜诊疗操作的侵入性和清洗消毒操作的开放性等特点, 使内镜中心已成为气溶胶产生的重点区域, 医务人员长期气溶胶暴露后可对人体健康造成巨大危害。研究^[1]显示, 非洲 2019 年消化内镜诊疗人员新型冠状病毒肺炎发病率(68.75%)显著高于胃肠病学领域的其他医务工作者(20.69%), 究其原因主要是与内镜诊疗操作产生气溶胶有关。Guthua 等^[2]

学者的横断面调查发现, 115 名暴露于消毒剂气溶胶环境的工作人员中, 分别出现打喷嚏(38.3%)、头痛(31.7%)、流泪(25.0%)、皮疹(10.0%)和慢性咳嗽(8.3%)等症状。消化道内镜诊疗普及面广, 涉及的医务人员群体大, 因此内镜中心气溶胶污染对医务人员的危害是目前需密切关注的问题。本文通过对内镜中心气溶胶的研究进展进行综述, 以期临床解决内镜中心气溶胶污染问题提供科学参考依据。

[收稿日期] 2022-02-01

[基金项目] 江西省自然科学基金面上项目(2021ZBAB206023); 江西省科技厅应用培育项目(20212BAG70014)

[作者简介] 李贤煌(1997-), 女(汉族), 江西省井冈山市人, 硕士研究生, 主要从事内镜护理与感染控制研究。

[通信作者] 马久红 E-mail: majiuh@126.com

1 气溶胶的定义

气溶胶(aerosols)是指由人、动物、器械或机器等使用产生的固体或(和)液体颗粒物悬浮于气体介质中形成的多相体系,一般粒径大小为 $0.001\sim 100\ \mu\text{m}$ ^[3-4]。其中携带病原微生物的颗粒物称为生物气溶胶,如细菌、病毒、真菌等;附着化学污染物的颗粒物称为化学气溶胶,如醛类、酚类、苯系物等。通常气溶胶粒径 $>10\ \mu\text{m}$ 时容易沉降于物体表面, $\leq 10\ \mu\text{m}$ 时可被人体吸入呼吸系统。当粒径范围在 $2.5\sim 10\ \mu\text{m}$ 时主要停留在上呼吸道如咽喉和气管等部位, $<2.5\ \mu\text{m}$ 时进入下呼吸道如支气管和肺泡等部位,甚至进入血液系统,对人体健康危害大^[5]。Wonderlich 等^[6]研究表明,吸入 $\leq 5\ \mu\text{m}$ 的病毒小颗粒气溶胶时,可穿透下呼吸道到达肺部深处,直接介导肺泡损伤引起呼吸道感染、暴发性肺炎和急性呼吸窘迫综合征等疾病。刘岩磊等^[7]发现粒径越小,其表面积越大,吸附的重金属和挥发性有机有害物质越多,对人体各系统及器官的毒性也越大。

2 内镜中心气溶胶的来源

2.1 诊疗区气溶胶污染的产生 亚太消化内镜学会等组织指出内镜检查是产生各种大小气溶胶的高风险医疗操作^[8-9]。诊疗区污染主要由内镜操作刺激呼吸道和消化道,引起患者呕吐、咳嗽、排气、排便等,进而导致大量生物气溶胶产生。另外,内镜检查时抽吸、冲洗和气体注入等操作都可产生气溶胶^[10]。Sagami 等^[11]报道,内镜检查期间气溶胶浓度显著增加,患者打嗝和身体质量指数是内镜诊疗时气溶胶增加的重要相关因素。研究^[12-13]指出,使用氧气面罩也是产生短距离气溶胶传播的重要因素,可对医务人员构成潜在的呼吸道感染风险。Dhillon 等^[14]研究发现,面罩给氧、气管插管时产生的小颗粒气溶胶比平常高出 $30\sim 300$ 倍,这些小颗粒可从患者面部区域扩散到诊疗区范围并长期悬浮于空气中。还有相关研究^[15]指出,新型冠状病毒肺炎患者的粪便中分离出新型冠状病毒(SARS-CoV-2),而粪便中 SARS-CoV-2 可附着于气溶胶并以“粪便-气溶胶-黏膜”途径感染人群。

2.2 清洗消毒区气溶胶污染的产生 清洗消毒区的气溶胶污染来源主要有以下几个方面:(1)清洗过程中,酶洗涤剂泵入水槽时雾化形成化学气溶胶,手工刷洗和超声洗涤时引起内镜及附件残留的血液、体液和微生物等飞溅,短时间内在空气中形成大量生物气溶胶^[16]。(2)使用高压水/气枪对内镜管腔进行冲洗和干燥时,气液化产生大量气溶胶喷溅并长期悬浮于空气中^[17]。(3)开启手工消毒槽盖、自动清洗消毒机(automated endoscope reprocessor, AER)盖以及取放内镜时,均为化学气溶胶产生的高风险操作^[18]。(4)更换消毒剂和排放废弃消毒剂是气溶胶产生的重要来源。

内镜及其附件的清洗消毒是内镜中心气溶胶产生的重要操作。美国环境健康学者通过视频暴露监测(video-exposure monitoring, VEM)的方法证实,内镜清洗消毒是产生化学气溶胶的高风险操作^[18]。还发现再处理结束的内镜从 AER 开盖取出时,检测邻苯二甲醛(ortho-phthalaldehyde, OPA)气溶胶浓度暴露高达 $2.884\ \text{mg/L}$,表明尽管内镜完全再处理后仍残留化学消毒剂。Miyajima 等^[19]对内镜手动和自动消毒过程以及更换消毒剂时进行测量,发现均有不同浓度的 OPA 气溶胶暴露,且使用 AER 时气溶胶暴露明显少于手工消毒。美国报道的职业暴露案例中,某内镜中心清洗消毒人员同时开启 7 台 AER 后,出现头痛、头晕、困倦和醉酒感等症状,分析原因可能是同时开盖后吸入大量化学气溶胶导致的急性溶剂型脑中毒^[16]。

3 内镜中心医务人员气溶胶暴露风险

内镜中心医务人员广泛暴露于生物气溶胶中,感染致病微生物的风险性较高。诊疗操作过程中医务人员会持续接触到气溶胶,同时气溶胶也会扩散到医疗工具、设备表面及空气中,因此需重点关注诊疗区气溶胶暴露风险问题。Johnston 等^[20]报道,内镜医务人员诊疗时面部暴露于生物气溶胶的风险很大,很容易通过眼、鼻腔和口腔等黏膜途径进行传播。流行病学调查^[21]显示,气溶胶传播细菌和病毒可引起肺结核、炭疽病等人类传染病的发生,还可导致侵入性感染,感染者病死率高达 95% 。Hussain 等^[10]的 Meta 分析指出,消化内镜诊疗期间气溶胶引起的

SARS-CoV-2 感染风险性高,但目前无临床研究报告气溶胶中的病毒载量,尚未准确确定感染剂量,因此内镜中心医务人员的感染防控工作不可忽视。

目前内镜中心主要使用 OPA、过氧乙酸(peracetic acid, PAA)和戊二醛(glutaraldehyde, GA)等化学消毒剂,消毒灭菌操作产生的化学气溶胶对医务人员的职业危害尤为显著。Cristofari-Marquand 等^[22]的案例报告中,进行内镜设备消毒的 2 名护士接触 PAA 气溶胶后,出现了工作相关性的急性眼鼻症状和慢性呼吸道症状,如结膜炎、咳嗽、喘息和呼吸急促等。动物试验研究^[23]发现,暴露于不同浓度(0、0.44、0.88、1.75、3.5、7.0 mg/L)OPA 气溶胶 3 个月后,大小鼠的整个呼吸道、皮肤以及眼睛都出现了一系列广泛病变,且随着暴露浓度的增加,呼吸道更深部位出现组织学病变(坏死、炎症、再生、增生和化生)。值得关注的是,Wang 等^[24]还发现停止 OPA 气溶胶暴露后其相关毒性作用仍持续存在,说明吸入气溶胶对人体气道的影响不是短期的。

职业接触化学消毒剂与医务人员发生呼吸系统等疾病密切相关。美国流行病学调查研究^[25]发现,4 102 名患有哮喘的女护士控制哮喘不佳与医疗器械的消毒有关,尤其是接触醛类(GA、OPA)、酶清洗剂、次氯酸盐漂白剂和过氧化氢等化学产品的护士,哮喘控制不良的风险大大增加。法国的病例报告^[26]中,也建议将 GA 和 PAA 作为医务人员职业性哮喘的相关因素。因此内镜中心医务人员长期暴露于有害化学成分的气溶胶环境中,已成为威胁职业健康的重要因素。

4 内镜中心气溶胶污染防控策略

气溶胶可在内镜中心室内空气中停留数小时,对医务人员的职业健康危害大,因此,采取有效的干预措施,提高内镜中心空气质量非常必要。根据国内外研究提出从产生源头、传播途径及暴露人群三个方面采取对应的防控措施。

4.1 控制源头,减少气溶胶的生成

4.1.1 患者是诊疗区气溶胶产生的源头 内镜操作前患者充分了解诊疗配合要点,以缩短手术进程减少胃肠道排泄物(包括血液)飞溅,降低气溶胶产生风险。加强诊疗患者关于呼吸道卫生与咳嗽礼仪等相

关预防措施的宣教,注意佩戴口罩减少呼吸道气溶胶的排出。试验已证实,医用外科口罩可防止有症状个体传播冠状病毒和流感病毒,能避免气溶胶向环境逸散,显著减少呼吸道气溶胶中的冠状病毒^[27-28]。

内镜操作中注意及时抽吸患者腔内气体,避免剧烈呕吐、排气等产生气溶胶。此外,诊疗中提供持续的口腔吸引,不仅可减少患者唾液积聚避免误吸和咳嗽发生,还可吸除操作中产生的气溶胶颗粒物。研究^[29]证实,内镜诊疗时在患者口腔内使用牙科吸盘持续吸引,可显著减少诊疗区各种粒径气溶胶颗粒物的产生,推荐在内镜诊疗期间使用牙科吸盘。另外,近年来内镜诊疗中开展的清醒镇静麻醉技术也是减少气溶胶产生的重要措施。该技术不仅可有效缓解诊疗刺激引起的患者呕吐、排气等剧烈反应,减少气溶胶的产生,还可维持患者呼吸道通畅,避免呼吸、循环系统等不良事件发生。需要强调的是,全身麻醉常伴随着面罩通气、气管插管、气道抽吸和拔管等气道干预,在干预过程中可产生大量气溶胶。Chan 等^[29]研究证实,内镜诊疗采取全身麻醉时各粒径的气溶胶颗粒物激增,全身麻醉并不能减少气溶胶的产生。

采取有效措施预防患者产生气溶胶污染至关重要。大量研究^[30-32]表明,各种防护屏障装置可降低内镜检查过程中气溶胶产生的风险,如用特殊盒子覆盖患者的上身,使用特殊口罩或面罩等。目前已有研究^[33]报道可通过简易防护装置覆盖患者头侧和肛侧,以达到避免飞沫、粪液、气雾向四周飞溅的目的。Benmassaoud 等^[34]开发了一种新型负压气溶胶防护罩装置,经临床研究证实该装置覆盖于患者头部可有效防止污染物飞溅和气溶胶逸散,为医务人员提供了一种防护气溶胶扩散的有效措施。Lazaridis 等^[35]提出了一种简单、廉价、带切口的双层外科口罩,患者佩戴后内镜不仅能自由通过口罩进行诊疗活动,还可将诊疗操作时的气溶胶泄漏降至最低。气溶胶可从氧气面罩侧通风口散发出来,而改进的封闭式氧气面罩(即没有侧通风口),可将所有呼出气体通过一个包含三个阀门的歧管和带有细菌/病毒过滤器的端口排出。该面罩可在供氧期间提供有效的呼吸道隔离,避免气溶胶污染扩散,有效降低医院内医务人员微生物传播风险。

4.1.2 内镜再处理程序气溶胶产生的源头

4.1.2.1 床旁预清洗 内镜诊疗结束后,床旁预清洗时建议通过工作腔道吸入酶洗涤剂,避免吸入空气或用水冲洗腔道,以防止污染物的飞溅和雾化^[36]。还应注意在完成预清洗步骤前不更换活塞,防止活塞更换过程中可能引发的严重飞溅。

4.1.2.2 手工清洗 内镜清洗过程的内镜污染物最多且最容易出现气溶胶喷溅现象,易造成对水槽周围环境及清洗消毒人员的污染。《医院消毒供应中心第 2 部分:清洗消毒及灭菌技术操作规范》WS 310.2—2016^[37]中明确规定器械的刷洗操作应在水面下进行,防止气溶胶的产生;以及超声清洗时应盖好超声清洗机盖,防止气溶胶飞溅。此外,采用独特技术的防喷溅设备和器械也是减少气溶胶产生的重要方法,如在内镜清洗槽设置升降防护罩,可直接阻断清洗过程中气溶胶等污染物的喷溅^[17]。

4.1.2.3 高水平消毒 不建议将污染内镜浸泡在开放式手工消毒槽中,强烈推荐安装消毒槽体覆盖装置,最大程度防止化学气体的挥发泄漏^[16]。与开放式手工消毒槽相比,AER 行内镜再处理可减少消毒剂气溶胶的挥发。Fujita 等^[38]推荐使用带有排风装置的 AER,以减少空气中的 OPA 气溶胶,降低职业暴露的风险。

4.1.2.4 手工干燥 内镜干燥环节多采用高压气枪吹扫干燥,干燥时气枪强大的气流将内镜管腔内残留液体液化形成大量气溶胶喷溅并悬浮于空气中。针对采用气枪手工干燥内镜管腔引起大量气溶胶的问题,张辉琴等^[39]提出内镜器械干燥过程中应使用气溶胶安全柜,内镜先端置于气溶胶安全柜的插孔内,可防止气溶胶在操作台面上的喷溅,有效避免气溶胶暴露和吸入性危害。刘华敏等^[40]设计的乙醇收集装置,主要用于收集内镜干燥程序中灌流排出的乙醇。该装置的使用可避免干燥过程中乙醇泼洒和喷溅的情况,阻隔内镜先端部产生的乙醇喷溅,有效避免医务人员吸入有害气溶胶。

4.1.2.5 储存 内镜经过严格标准的再处理程序依旧残留化学消毒剂并在储存过程中挥发,内镜中心应尽量避免开放式储存,减少化学气溶胶的暴露。近年来,各种内镜储存柜的出现和应用,如新型微电脑程控储存柜、负压真空洁净储存柜等^[41-42],相较于开放式储镜库有效避免了气溶胶扩散。

4.2 加强室内气溶胶清除和稀释,减少暴露 气溶

胶在半封闭状态下的内镜中心可悬浮较长时间,建立通风系统或安装空气净化系统对于控制气溶胶暴露尤为重要。研究^[43]显示,高通风率有助于降低空气传播疾病交叉感染的风险,而合理的气流模式在预防和控制空气传播传染病暴发方面发挥重要作用。2020 年英格兰公共卫生指南^[44]明确指出,一次循环通风换气可清除 63% 的室内气溶胶污染。欧洲胃肠道内镜学会(ESGE/ESGENA)^[45]声明未设立负压诊疗室的内镜中心,应在通风良好的专用房间进行内镜检查。Sperna 等^[46]研究发现,相较于负压房间,正压房间气溶胶分布多,负压房间中则未检测出气溶胶;且通风率低的房间气溶胶存在时间更长。Nguyen-Van-Tam 等^[47]证实气溶胶传播现象很大程度取决于稀释通气率。

目前广泛使用的医用净化系统在解决室内气溶胶污染问题上发挥重要作用。该系统采用的三大净化技术即高效微粒捕获法、气体滤芯法和静电过滤法,不仅可将 0.1 μm 以上粒径微粒滤过 99.97%,还可减少甲醛、GA 等有害化学气体成分、尘埃粒子以及水蒸气,对实现清除室内各种气溶胶、保障人体健康具有重大意义^[48-49]。

4.3 控制暴露人群,加强医务人员自我防护 加强医务人员对内镜中心气溶胶产生相关知识的普及,使其了解工作流程中存在的职业暴露风险,充分提高自我防护意识。同时要求医护人员掌握分级防护标准的适用范围和防护要求,实施规范有效的个人防护行为,如合理、正确和持续的使用个人防护用品(personal protective equipment, PPE)^[50-51]。Suzuki 等^[52]研究发现,内镜检查者离患者距离与面部暴露呈负相关,当患者位于检查者头顶下方 100 cm 处时,不会发生面部暴露问题。因此,建议医务人员头面部采取全封闭式防护的同时还应与患者保持适当的距离。Mobo 等^[16]建议,清洗消毒人员工作前应选择合适的护目镜、面罩、防水围裙、手套以及具有溶剂过滤功能的呼吸器(如炭基过滤器)等防护用品,最大程度降低化学和生物气溶胶的双重危害。

5 小结

内镜中心医务人员长期暴露于高风险的气溶胶环境中,解决气溶胶污染问题,防范职业暴露迫在眉

睫。现阶段完全解决气溶胶污染问题仍存在一定难度,提倡开展多学科团队的联合研究,针对气溶胶产生、暴露过程及预防措施进行深入探究。也期望研发更多产品应用于临床,以切实有效解决内镜中心气溶胶暴露问题。希望各国专业组织加快制定气溶胶职业暴露标准,以及关于医疗行业气溶胶浓度暴露阈值的相关指南,促进医务人员职业健康。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Kumar Goenka M, Bharat Shah B, Goenka U, et al. COVID-19 prevalence among health-care workers of gastroenterology department: an audit from a tertiary-care hospital in India[J]. *JGH Open*, 2021, 5(1): 56 - 63.
- [2] Guthua SW, Macigo FG, Mwaniki DL, et al. Symptoms in health personnel exposed to disinfectants[J]. *East Afr Med J*, 2001, 78(3): 157 - 160.
- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 病原微生物实验室生物安全通用准则: WS 233—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. General biosafety standard for causative bacteria laboratories: WS 233 - 2017[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [4] Morakinyo OM, Mokgobu MI, Mukhola MS, et al. Health outcomes of exposure to biological and chemical components of inhalable and respirable particulate matter[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2016, 13(6): 592.
- [5] 杜茜, 温占波, 李劲松. 病毒气溶胶泡沫在室内环境中传播扩散机制的研究进展[J]. *军事医学*, 2011, 35(8): 631 - 633, 638.
Du Q, Wen ZB, Li JS. Mechanism of viral aerosol and its droplet transmission and distribution in the indoor environment: a research progress [J]. *Military Medical Sciences*, 2011, 35(8): 631 - 633, 638.
- [6] Wonderlich ER, Swan ZD, Bissel SJ, et al. Widespread virus replication in alveoli drives acute respiratory distress syndrome in aerosolized H5N1 influenza infection of macaques[J]. *J Immunol*, 2017, 198(4): 1616 - 1626.
- [7] 刘岩磊, 孙岚, 张英鸽. 粒径小于 2.5 微米可吸入颗粒物的危害[J]. *国际药学研究杂志*, 2011, 38(6): 428 - 431.
Liu YL, Sun L, Zhang YG. Hazards of inhalable particulates PM25 on human health[J]. *Journal of International Pharmaceutical Research*, 2011, 38(6): 428 - 431.
- [8] Chiu PWY, Ng SC, Inoue H, et al. Practice of endoscopy during COVID-19 pandemic: position statements of the Asian Pacific Society for Digestive Endoscopy (APSE-COVID statements)[J]. *Gut*, 2020, 69(6): 991 - 996.
- [9] Repici A, Pace F, Gabbiadini R, et al. Endoscopy units and the coronavirus disease 2019 outbreak: a multicenter experience from Italy[J]. *Gastroenterology*, 2020, 159(1): 363 - 366. e3.
- [10] Hussain A, Singhal T, El-Hasani S. Extent of infectious SARS-CoV-2 aerosolisation as a result of oesophagogastroduodenoscopy or colonoscopy[J]. *Br J Hosp Med (Lond)*, 2020, 81(7): 1 - 7.
- [11] Sagami R, Nishikiori H, Sato T, et al. Aerosols produced by upper gastrointestinal endoscopy: a quantitative evaluation [J]. *Am J Gastroenterol*, 2021, 116(1): 202 - 205.
- [12] Somogyi R, Vesely AE, Azami T, et al. Dispersal of respiratory droplets with open vs closed oxygen delivery masks: implications for the transmission of severe acute respiratory syndrome[J]. *Chest*, 2004, 125(3): 1155 - 1157.
- [13] Hui DS, Ip M, Tang JW, et al. Airflows around oxygen masks: a potential source of infection? [J]. *Chest*, 2006, 130(3): 822 - 826.
- [14] Dhillon RS, Rowin WA, Humphries RS, et al. Aerosolisation during tracheal intubation and extubation in an operating theatre setting[J]. *Anaesthesia*, 2021, 76(2): 182 - 188.
- [15] Song M, Li ZL, Zhou YJ, et al. Gastrointestinal involvement of COVID-19 and potential faecal transmission of SARS-CoV-2 [J]. *J Zhejiang Univ Sci B*, 2020, 21(9): 749 - 751.
- [16] Mobo BH, Foster LA, Rabesa MJ. Occupational hazards associated with endoscope high-level disinfection: case vignettes, review of literature and recommendations for mitigation[J]. *Work*, 2014, 48(2): 255 - 260.
- [17] 浙江大学医学院附属第一医院. 一种生物安全型内镜清洗防护装置: 中国浙江杭州, CN202020287837. X[P]. 2020. 12. 11.
The First Affiliated Hospital, Zhejiang University. Biosafety type endoscope cleaning and protecting device; Hangzhou, Zhejiang, China, CN202020287837. X[P]. 2020. 12. 11.
- [18] Yamamoto S, Hachiya Y, Yuasa E, et al. Evaluation of the ceiling levels of ortho-phthalaldehyde exposure among health care workers engaged in endoscope disinfection: a new methodology using video-exposure monitoring[J]. *J Occup Health*, 2020, 62(1): e12139.
- [19] Miyajima K, Yoshida J, Kumagai S. Ortho-phthalaldehyde exposure levels among endoscope disinfection workers[J]. *Sangyo Eiseigaku Zasshi*, 2010, 52(2): 74.
- [20] Johnston ER, Habib-Bein N, Dueker JM, et al. Risk of bacterial exposure to the endoscopist's face during endoscopy[J].

Gastrointest Endosc, 2019, 89(4): 818–824.

- [21] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制流行病学组. 新型冠状病毒肺炎流行病学特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(2): 145–151.
- Epidemiology Working Group for NCIP Epidemic Response, Chinese Center for Disease Control and Prevention. The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in China[J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2020, 41(2): 145–151.
- [22] Cristofari-Marquand E, Kacel M, Milhe F, et al. Asthma caused by peracetic acid-hydrogen peroxide mixture[J]. J Occup Health, 2007, 49(2): 155–158.
- [23] Catlin NR, Willson CJ, Stout M, et al. Evaluation of the respiratory tract toxicity of ortho-phthalaldehyde, a proposed alternative for the chemical disinfectant glutaraldehyde[J]. Inhal Toxicol, 2017, 29(9): 414–427.
- [24] Wang YY, Wu QG, Muskhelishvili L, et al. Toxicity of ortho-phthalaldehyde aerosols in a human in vitro airway tissue model[J]. Chem Res Toxicol, 2021, 34(3): 754–766.
- [25] Dumas O, Wiley AS, Quinot C, et al. Occupational exposure to disinfectants and asthma control in US nurses[J]. Eur Respir J, 2017, 50(4): 1700237.
- [26] Hawley B, Casey ML, Cox-Ganser JM, et al. Notes from the field: respiratory symptoms and skin irritation among hospital workers using a new disinfection product – Pennsylvania, 2015 [J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2016, 65(15): 400–401.
- [27] Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC, et al. Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks[J]. Nat Med, 2020, 26(5): 676–680.
- [28] 万敏, 孙建军, 王文庆. 模拟复用的医用外科口罩清洗和消毒后主要性能指标变化[J]. 中国感染控制杂志, 2020, 19(11): 1013–1018.
- Wan M, Sun JJ, Wang WQ. Changes of main performance indicators of simulated reused surgical masks after cleaning and disinfection[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2020, 19(11): 1013–1018.
- [29] Chan SM, Ma TW, Chong MKC, et al. A proof of concept study: esophagogastroduodenoscopy is an aerosol-generating procedure and continuous oral suction during the procedure reduces the amount of aerosol generated[J]. Gastroenterology, 2020, 159(5): 1949–1951. e4.
- [30] Gomi K, Nagahama M, Yoshida E, et al. Peroral endoscopy during the COVID-19 pandemic: efficacy of the acrylic box (Endo-Splash Protective (ESP) box) for preventing droplet transmission[J]. JGH Open, 2020, 4(6): 1224–1228.
- [31] Aponte Martín DM, Corso C, Fuentes C, et al. Use of a new face shield for patients of the endoscopy unit to avoid aerosol exchange in the COVID-19 era[J]. VideoGIE, 2020, 5(11): 522–524.
- [32] Sasaki S, Nishikawa J, Sakaida I. Use of a glove-covered mouthpiece during upper endoscopy to prevent COVID-19 transmission[J]. Clin Endosc, 2021, 54(2): 289–290.
- [33] 陈秀云, 邢同印, 吉明柱. 新型冠状病毒肺炎疫情期间消化内镜诊疗的防控措施经验分享[J]. 现代消化及介入诊疗, 2020, 25(3): 287–290.
- Chen XY, Xing TY, Ji MZ. Experience sharing on prevention and control measures of digestive endoscopy during COVID-19 [J]. Modern Digestion & Intervention, 2020, 25(3): 287–290.
- [34] Benmassaoud A, Bessissow T, Wong P, et al. Novel negative pressure protective box in upper digestive endoscopy: a prospective case series[J]. Am J Gastroenterol, 2021, 116(6): 1339–1341.
- [35] Lazaridis N, Skamnelos A, Murino A, et al. “Double-surgical-mask-with-slit” method: reducing exposure to aerosol generation at upper gastrointestinal endoscopy during the COVID-19 pandemic[J]. Endoscopy, 2020, 52(10): 928–929.
- [36] Rerknimitr R, Soetikno R, Ratanachu-Ek T, et al. Additional measures for bedside endoscope cleaning to prevent contaminated splash during COVID-19 pandemic[J]. Endoscopy, 2020, 52(8): 706–707.
- [37] 国家卫生和计划生育委员会. 医院消毒供应中心 第 2 部分: 清洗消毒及灭菌技术操作规范: WS 310.2—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People’s Republic of China. Central sterile supply department (CSSD)—part 2: standard for operating procedure of cleaning, disinfection and sterilization: WS 310.2–2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [38] Fujita H, Sawada Y, Ogawa M, et al. Health hazards from exposure to ortho-phthalaldehyde, a disinfectant for endoscopes, and preventive measures for health care workers[J]. Sangyo Eiseigaku Zasshi, 2007, 49(1): 1–8.
- [39] 张辉琴, 李波. 气溶胶安全柜内干燥硬式内镜手术器械的职业安全研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(5): 1189–1192.
- Zhang HQ, Li B. Occupational safety of drying procedure of rigid endoscopic instruments in aerosol safety cabinet[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27(5): 1189–1192.
- [40] 刘华敏, 魏丽萍. 一种用于内镜干燥的酒精收集器的设计与应用[J]. 现代仪器与医疗, 2021, 27(1): 50–52.
- Liu HM, Wei LP. Design and application of an alcohol collector for drying endoscope[J]. Modern Instruments & Medical Treatment, 2021, 27(1): 50–52.
- [41] 屠惠明. 一种内镜储存柜: 中国江苏, CN201520030251.4 [P]. 2015–06–24.
- Tu HM. An endoscopic storage cabinet: Jiangsu, China,

CN201520030251.4[P]. 2015-06-24.

- [42] 沈琼玮. 新型医用内镜干燥柜: 中国浙江宁波, CN201910323351.9[P]. 2019-07-23.
- Shen QW. New medical endoscopic drying cabinet; Ningbo, Zhejiang, China, CN201910323351.9[P]. 2019-07-23.
- [43] Polednik B. Exposure of staff to aerosols and bioaerosols in a dental office[J]. *Build Environ*, 2021, 187: 107388.
- [44] UK Health Security Agency, NHS England, Public Health Wales, et al. COVID-19: infection prevention and control (IPC)[EB/OL]. [2021-10-22]. <https://www.gov.uk/government/publications/wuhan-novel-coronavirus-infection-prevention-and-control>.
- [45] Gralnek IM, Hassan C, Beilenhoff U, et al. ESGE and ESGE-NA position statement on gastrointestinal endoscopy and the COVID-19 pandemic[J]. *Endoscopy*, 2020, 52(6): 483-490.
- [46] Sperna Weiland NH, Traversari RAAL, Sinnige JS, et al. Influence of room ventilation settings on aerosol clearance and distribution[J]. *Br J Anaesth*, 2021, 126(1): e49-e52.
- [47] Nguyen-Van-Tam JS, Killingley B, Enstone J, et al. Minimal transmission in an influenza A (H3N2) human challenge-transmission model within a controlled exposure environment [J]. *PLoS Pathog*, 2020, 16(7): e1008704.
- [48] 李京平, 章小媛, 麦穗, 等. 口腔诊疗中呼吸道传染病交叉感染防范策略: 关注气溶胶[J]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2020, 14(3): 149-154.
- Li JP, Zhang XH, Mai S, et al. Infection control against respiratory tract infections in dental clinics—focusing on aerosol transmission[J]. *Chinese Journal of Stomatological Research (Electronic Edition)*, 2020, 14(3): 149-154.
- [49] 陈美恋, 高燕. 空气消毒在预防呼吸道传染病中的意义及方法探讨[J]. *中国感染控制杂志*, 2021, 20(6): 577-582.

Chen ML, Gao Y. Significance and method of air disinfection in preventing respiratory infectious diseases[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2021, 20(6): 577-582.

- [50] 倪晓平, 邢玉斌, 索继江, 等. 医疗机构中微生物气溶胶的特性与作用[J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(8): 1183-1190.
- Ni XP, Xing YB, Suo JJ, et al. Characteristics and effects of microbial aerosols in healthcare settings[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2020, 30(8): 1183-1190.
- [51] 黄文治, 赵海鸣, 付学勤, 等. 新冠肺炎疫情下产生气溶胶的医疗操作[J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(10): 938-944.
- Huang WZ, Zhao HM, Fu XQ, et al. Aerosol-generating medical procedures during the epidemic of COVID-19[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2020, 19(10): 938-944.
- [52] Suzuki S, Gotoda T, Ikehara H, et al. Minimizing endoscopist facial exposure to droplets: optimal patient-endoscopist distance and use of a barrier device[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2021, 36(4): 1051-1056.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:李贤煌,周梦娇,毕正琴,等. 消化内镜中心气溶胶产生及防控策略研究进展[J]. *中国感染控制杂志*, 2022, 21(9): 944-950. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20222185.

Cite this article as: LI Xian-huang, ZHOU Meng-jiao, BI Zheng-qin, et al. Research progress of aerosol generation as well as prevention and control strategies in digestive endoscopy center[J]. *Chin J Infect Control*, 2022, 21(9): 944-950. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222185.