

重症监护病房内呼吸感染防控体系的优化与实践

徐志红, 刘嘉琳

上海交通大学医学院附属瑞金医院老年病科, 上海 200025

【摘要】 重症监护病房(intensive care unit, ICU)是医院感染(hospital-acquired infection, HAI)的高发区,其中最常见的是呼吸道感染,包括医院获得性肺炎(hospital-acquired pneumonia, HAP)及呼吸机相关性肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)等。医院获得性感染会增加患者负担,恶化临床预后。本文系统分析了医院获得性呼吸感染的分型、流行病学特征、产生机制等,并从八个方面详细阐述了相关防控措施,包括针对耐药菌的筛查、提升手卫生依从性、环境和设备清洁消毒、隔离预防措施的实施、环境微生物监测与管理落实、完善 ICU 室内布局与基础设施及抗生素与多重耐药菌管理等集束化策略。本文旨在为 ICU 内呼吸感染防控提供系统化、科学化的解决方案,以提升医疗质量、改善患者预后。

【关键词】 医院获得性感染;医院获得性肺炎;呼吸机相关性肺炎;定植/耐药菌感染;集束化管理

【中图分类号】 R633;R714.253

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2025)06-0017-05

Optimization and practice of respiratory infection prevention and control system in intensive care units XU Zhi-hong, LIU Jia-lin *Department of Geriatrics, Ruijin Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China*

【Corresponding author】 LIU Jia-lin

【Abstract】 The intensive care unit (ICU) is a high-incidence area for hospital-acquired infections (HAI). The most common of infections are respiratory infections, including hospital-acquired pneumonia (HAP) and ventilator-associated pneumonia (VAP). Hospital-acquired infections increase the burden on patients and worsen the clinical prognosis. This article systematically analyzes the classification, epidemiological characteristics, pathogenesis and pathogen spectrum of hospital-acquired respiratory infections. Furthermore, it elaborates on eight key prevention and control measures. The measures include a care bundled management for screening the drug-resistant bacteria, enhancing the hand hygiene compliance, cleaning and disinfecting the environmental and equipment, implementing the isolation precautions, employing the microbial surveillance and environmental management and optimizing the ICU layout and infrastructure as well as improving the management of antibiotics and multidrug-resistant organism (MDRO). The study aims to provide a systematic and evidence-based solution for ICU respiratory infection prevention. It ultimately improves the patient healthcare quality.

【Key words】 Hospital-acquired infection; Hospital-acquired pneumonia; Ventilator-associated pneumonia; Colonized or infected with drug-resistant bacteria; Care bundle management

医院获得性感染(hospital-acquired infection, HAI)是指患者在住院期间获得的感染^[1,2]。全球感染预防与控制(IPC)报告提示,7%的高收入国家住院患者和15%的中低收入国家住院患者在住院期间至少会获得一种HAI^[1]。在成人重症监护病房(intensive care unit, ICU)中,约30%的住院患者会发生HAI,其中近一半是脓毒症患者,且死亡率高达一半以上^[2]。医院获得性肺炎(hospital-acquired pneumonia, HAP)与呼吸机相关性肺炎(ventilator-

associated pneumonia, VAP)是我国最常见的医院获得性感染^[3,4]。HAP与VAP会加重ICU患者的病情,导致患者住院时间延长,增加医疗成本及患者经济负担,严重时危及患者生命^[5]。多重耐药菌(multidrug resistance organism, MDRO)的感染不仅造成治疗困难,更易引起暴发流行,对ICU内的感染控制提出严峻考验^[6]。掌握院内感染的发生机制及建立科学、系统的感染防控体系是ICU医疗质量改进的核心内容。本文将系统阐述院内ICU内呼吸感染的类型、产生机制及防控措施,旨在为临床工作者提供实用、可操作的参考方案。

1 定义

1999年,VAP被认为是HAP的特殊类型。2016年,由于两者在临床特征、经验治疗、预后及预防策略上的存在差异,美国HAP/VAP指南将两者定义为完全不同的群体:HAP指患者住院期间没有接受有创机械通气、未处于病原感染的潜伏期,而于入院后48h后新发的肺炎;VAP指气管插管或气管切开患者接受机械通气48小时后及机械通气撤

【基金项目】国家自然科学基金委员会面上项目(编号:82370004);国家自然科学基金委员会国际(地区)合作与交流项目(编号:82081330516);上海市科学技术委员会自然科学基金(编号:23ZR1439800);上海市卫生健康委员会学科带头人项目(编号:2022XD021)。

【通讯作者简介】刘嘉琳,女,博士,教授,主任医师。中华医学会呼吸病学分会重症监护学组组长,上海市医学会感染与化疗专科分会委员,上海市医学会危重病专科分会呼吸学组副组长,上海市医院管理协会老年医疗管理专委会副主任委员,上海市医院管理协会重症医疗管理专委会委员。主要研究方向:老年危重感染和脏器功能支持。

机、拔管 48 小时内出现的肺炎^[7,8]。此外,划分出呼吸机辅助通气的医院获得性肺炎(ventilator hospital-acquired pneumonia, vHAP),定义为严重 HAP 患者因呼吸系统疾病进展需要使用呼吸机进行辅助通气^[9]。我国依然将 VAP 视为 HAP 的特殊类型。

2 流行病学特征

对中国 13 家大型教学医院进行调查,结果发现在呼吸科病房及呼吸科重症病房(respiratory ICU, RICU)中 HAP 的平均发生率分别为 1.4% 与 15.3%^[3]。机械通气患者中 VAP 的发生率为 9.7%~48.4%,或为(1.3~28.9)/1000 机械通气日,病死率为 21.2%~43.2%^[3]。来自美国胸科协会及感染病协会的研究提示 HAP 的发病率为 5~20 例/1000 住院患者,免疫功能低下、老年及外科住院患者的发病率更高^[8]。美国流行病报告表明 VAP 的发病率为 2~16/1000 机械通气日^[8]。国际医院感染控制联盟(INICC)报告显示,中低收入国家的 VAP 发病率平均为 11.96 例/千机械通气日,较 2002 年 2005 年的 24.1 例有所下降^[10]。

3 对患者预后及医疗的影响

ICU 内 HAI 给患者和医疗系统带来沉重负担。研究表明,VAP 患者的平均住院时间显著延长至 22.54 天(未感染患者仅为 6.57 天)^[10]。VAP 与导管血流感染等感染同时发生时,住院时间可达 33.53 天。尤为重要的是,一项涉及 37 个国家 312 家医院的多中心研究证实,VAP 是 ICU 患者死亡的独立危险因素^[10]。ICU 患者常接受气管插管等侵入性操作,显著增加了其暴露于定植菌或感染多重耐药细菌的机会^[11]。

4 发生机制

4.1 经典机制 HAP 的发生主要分为内源性和外源性微生物致病两种途径。前者指住院患者在抗生素暴露、留置胃管等危险因素的作用下,口腔正常菌群发生改变,含有定植菌的口咽分泌物被误吸进入下呼吸道;后者指含致病微生物的气溶胶或凝胶微粒被吸入进下呼吸道,是院内暴发感染的重要原因^[7]。此外,还包括导管相关血流感染(catheter-related bloodstream infection, CLABSI)播散致肺部或

污染器械操作直接感染等其他途径^[7]。VAP 的发生机制:①气管插管使原来相对无菌的下呼吸道直接暴露于外界,口咽部定植菌大量繁殖,在气囊放气时,含大量定植菌的口咽分泌物进入下呼吸道;②气管插管及镇静、镇痛药物使患者无法进行有效咳嗽,纤毛运动功能受损,降低了气道保护功能;③插管的内外表面易形成生物被膜,由吸痰引起的生物被膜脱落使气道堵塞(生物膜被定义为聚集的细胞群落,这些细胞生活和生长在自身产生的胞外多糖基质中,能够黏附于惰性物体表面或活组织);④气管插管使得口腔清洁困难;⑤在插管操作中因无菌技术不当,吸入含致病微生物的气溶胶^[7,10]。

4.2 菌群与宿主免疫失调机制 近期研究发现感染与肺部菌群失调相关联,表现为肺内菌群多样性的降低及致病菌的增殖^[12]。菌群失调的发生与患者免疫系统状态(包括肠道免疫调节)密切相关,造成免疫系统的防御功能下降,屏障功能受损。VAP 患者多为危重症且合并其他慢性疾病患者,免疫功能容易发生紊乱,促炎细胞因子如白细胞介素(IL)-1 β 、IL-6、IL-8 水平升高,更易出现菌群失调^[13]。此外,危重患者的胃肠道细菌可通过血行或淋巴途径转移至肺部及其他器官^[12]。

5 病原谱

鲍曼不动杆菌在 HAP 患者中的检出率高达 16.2%~38.5%,而 VAP 的鲍曼不动杆菌分离率亦高达 35.7%~50%,其次为铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌及金黄色葡萄球菌等,可见革兰阴性杆菌占比居高不下(见表 1)^[3]。HAP/VAP 常见的耐药细菌包括碳青霉烯类耐药的鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌(carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*, CRKP)、产超广谱 β -内酰胺酶的肠杆菌科细菌、甲氧西林耐药的金黄色葡萄球菌(methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA)等^[9]。此外,在 2020 年新型冠状病毒(SARS-CoV-2)全球大流行及之后间歇性的季节性流行时期,细菌性和病毒性的 HAP 发生率升高^[14]。此外,2019 冠状病毒疾病(coronavirus disease 2019, COVID-19)患者发生 VAP 的风险是非 COVID-19 通气患者的两倍^[15]。

表 1 我国 HAP 和 VAP 患者常见细菌分离率(%)

病原谱	鲍曼不动杆菌	铜绿假单胞菌	肺炎克雷伯菌	金黄色葡萄球菌	大肠埃希菌	阴沟肠杆菌	嗜麦芽窄食单胞菌
HAP	20.6~25.7	18.7~20.0	8.9~14.9	9.8~12.0	3.8~7.4	2.1~4.3	4.3~6.0
VAP	12.1~50.5	12.5~27.5	9.0~16.1	6.9~21.4	4.0~11.5	2.0~3.4	1.8~8.6

6 防控措施

有效预防重症患者发生院内感染是重症救治的前提,在 ICU 内需要多措并举,实现院内感染的

有效防控^[5,7]。上海交通大学医学院附属瑞金医院在 2018 年提出了围绕“早识别、强隔离、精操作、严消毒、重评估”的感染防控原则,通过整合主动筛

查(ASC)、分层降阶梯干预与目标性集束措施的多模式策略,优化了ICU内呼吸感染的防控体系,使ICU患者感染率明显下降^[16]。

6.1 针对耐药菌的主动筛查 首先,使用ICU-CARB系统评分(无需等待培养结果)快速筛查患者是否存在耐碳青霉烯类革兰阴性菌(carbapenem-resistant Gram-Negative Bacilli, CR-GNB)的定植,为CR-GNB高负荷地区提供了可复制的床旁决策工具^[16]。该评分涵盖:是否有神经系统疾病、高危科室住院史、住院 ≥ 14 天、ICU住院史、有创机械通气、胃肠管置入及碳青霉烯类抗生素使用等七个变量,将患者分为极低(0~110分)、低(111~220)、中(221~330)、高(331~450)风险四级^[16]。ICU-CARB评分 ≥ 221 分触发红色预警,自动推送至院感系统;对中风险患者常规筛查(每周2次主动监测培养,ASC),接触隔离;对极高/高风险患者入院即启动单间隔离+优先筛查(如痰液/支气管肺泡灌洗液培养)^[16]。所有患者入院72小时内完成首次ASC(痰液、咽拭子、直肠拭子),2小时内完成声门下分泌物抽吸与CRKP筛查,后续每周2次。结合快速分子检测(如PCR筛查CRE基因)缩短结果等待时间(传统培养需48~72小时),连续2次阴性ASC降级干预(如解除隔离),如阳性结果立即升级至一级干预(单间隔离、专用设备、强化手卫生)^[16]。针对耐药菌的主动筛查促使ICU院内感染防控从被动应对转向主动预测-精准干预-数据反馈的闭环体系,见图1。

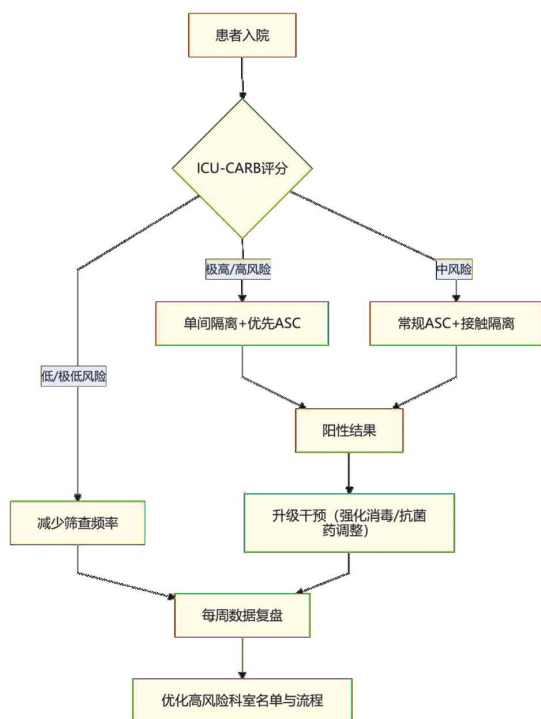


图1 ICU内呼吸道感染的主动检测与防控

6.2 规范临床操作,集束化管理 实际临床操作亦是综合的过程,包括执行操作前风险评估、提供适当的基础设施、明确步骤及可能出现的问题、专业培训医务人员如何进行无菌技术、信息记录、专业监测、制定标本培养标准化方案,并纳入电子病历系统^[17]。集束化管理通过将多个经过验证的最佳实践措施捆绑成一个必须整体执行的“套餐”,强制性地提高关键医疗过程的可靠性和一致性。

6.2.1 HAP的预防 ①注意手卫生;②预防误吸(床头抬高 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$,合理喂食);③减少上呼吸道及消化道致病菌的定植(氯己定口腔护理、应用益生菌);④积极治疗基础疾病(加强危重症患者的营养支持,纠正水电解质、酸碱失衡,加强康复训练);⑤对于免疫功能抑制患者采取保护性隔离;⑥对耐药菌感染或定植患者采取接触隔离^[7];⑦耐药菌(如CRKP/CRAB)定植者使用后的支气管镜需强化消毒($\geq 2\%$ 戊二醛浸泡30分钟)^[15]。

6.2.2 VAP的集束化管理 建立“呼吸机集束干预智能核查表”,包含呼吸机使用前:①严格掌握气管插管适应证,根据患者病情可考虑无创通气;②呼吸机清洁与消毒:呼吸机的消毒主要指对呼吸机整个气路系统;③呼吸回路及时更换;④注意手卫生^[10, 18]。呼吸机使用中:①遵循呼吸机脱机指征;②尽可能减少镇静,避免使用苯二氮卓类药物,改用其他药物;③将床头抬高至 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$;④定时进行口腔护理,不推荐使用氯己定;⑤早期开放肠内营养,而非肠外营养;⑥冷凝液收集瓶应始终处于管道最低位置,保持直立并及时清理,湿化罐、雾化器液体应使用灭菌水,每24h倾倒更换;⑦改善全身状况,早期启动康复锻炼计划可减少机械通气时间,缩短ICU住院时间;⑧呼吸机管路出现明显污垢或故障时及时更换呼吸机管路;⑨动态评估:建立“呼吸感染风险评估电子看板”,集成患者APACHE II、插管天数、抗生素暴露史等变量,每日自动生成感染风险分级(绿/黄/红),并联动隔离级别与护理人力配置,实现精准防控与资源最优分配^[7, 10, 16]。可能有效的干预措施:①引入一次性带声门下吸引功能的锥形高容低压气囊气管导管,降低微误吸;②对于胃不耐受或误吸风险高的患者,考虑幽门后喂养;③口服益生菌^[7, 10]。

6.2.3 预防CLABSI—降低血流感染播散导致的肺部感染 ICU内呼吸感染的发生机制之一来自血流感染的播散。据统计,我国ICU中超过50%的血流感染与中心静脉导管(central venous catheter, CVC)相关,ICU中CLABSI的平均发生率为1.5/千导管日^[19]。CLABSI增加肺部感染,使脓毒症发

生风险增加 4% ~ 14%, 死亡风险增加 12% ~ 25%^[19]。预防 CLABSI 能够减少 ICU 肺部感染的发生。

6.3 提高手卫生依从性 手卫生能有效降低病患医院感染发病率。世界卫生组织提出医务人员在接触患者前、实施清洁或无菌操作前、接触患者后、接触患者血液或体液后以及接触患者环境后均应进行手卫生^[6]。除洗手和手消毒外,需将指甲管理纳入手卫生相关的政策中^[20]。

医务人员指甲的长度不应超过指尖,不应佩戴人造甲片,外科手术及与无菌区域相关的人员必须禁用指甲油^[20]。当手部有肉眼可见的污染物时,应立即使用洗手液和流动水洗手,无可见污染物时推荐使用含醇类的速干手消毒剂进行擦拭^[21]。洗手或擦手时应采用六步揉搓法,双手揉搓时间应不少于 15 s,腕部有污染时揉搓腕部,时间 40 ~ 60 s^[21]。戴手套不能替代手卫生。设施是实施手卫生的保障,基本配置包括流动水洗手池、感应式水龙头、洗手液、干手纸巾、含醇类手消毒剂等^[22]。为手部皮肤易刺激的医务人员提供带棉内衬的手套,并培训如何使用,让医务人员参与手卫生用品的选择^[20]。设置手卫生设施时应遵循方便可及原则。除按要求配备手卫生设施外,医疗机构应开展多种形式的手卫生宣传活动,提高医务人员手卫生意识与技能^[17]。

6.4 隔离预防措施的实施 筛查发现的 MDRO 感染/定植患者,应按《医院隔离技术规范》要求做好接触隔离、环境和设备清洁消毒的落实^[23]。隔离房间或隔离区域应有隔离标识,应尽量单间安置 MDRO 感染/定植患者,无单间时,可将相同 MDRO 感染/定植患者安置在同一房间。遵循先清洁,再消毒原则,隔离房间诊疗用品应专人专用,并及时消毒。医务人员对患者实施诊疗护理操作时应采取标准预防,进出隔离房间、接触患者前后应执行手卫生^[24]。当执行污染操作时应使用手套和隔离衣。当 MDRO 好转或治愈,如为耐万古霉素金黄色葡萄球菌感染,还需连续两次培养阴性^[24]。

6.5 环境和设备清洁消毒的落实 加强 MDRO 感染/定植患者诊疗环境的清洁、消毒工作,尤其是高频接触的物体表面。当受到患者的血液、体液等污染时,应先去除污染物,再清洁与消毒。轮椅等不能专人专用的医疗器械、器具及物品,需在每次使用后擦拭消毒。对重复使用的支气管镜上海瑞金医院实行“床旁预处理+中心供应室低温等离子灭菌”双保险流程,缩短周转时间并确保灭菌质量^[16]。MDRO 感染/定植患者诊疗过程中产生的医疗废物,

应按照医疗废物管理有关规定进行处置;患者出院或转往其他科室后,应执行终末消毒^[20]。常用环境和设备消毒剂:①有效氯 2000 ~ 5000 mg/L 消毒剂擦拭,作用时间>30 min;②70% ~ 80% (体积比)乙醇擦拭物体表面两遍,作用 3 min;③在密闭空间内,相对湿度 $\geq 70\%$,采用浓度为 60 mg/ml³ 的臭氧作用 60 ~ 120 min;④紫外线灯消毒物体表面,作用 30 min^[17]。采用紫外线+过氧化氢雾化联合的终末消毒方式,重点处理床单位周边 2 米区域^[16]。针对建筑设施管道系统中的水传播病原体,可考虑使用 EPA 注册的抗生物膜消毒剂进行污水管道消毒^[20]。擦拭布巾、拖把、地巾宜集中处理;不能集中处置的,也应每天进行清洗消毒,干燥保存^[24]。

6.6 环境微生物监测与管理 ICU 作为耐药细菌感染发生的高风险科室,需要积极开展主动筛查,包括在高频接触表面(呼吸机面板、床栏、输液泵)安装 ATP 荧光监测点,每周随机抽检,结果与科室绩效挂钩。对 CRKP 患者出院后的终末消毒引入紫外-臭氧联合机器人,确保终末消毒后 ATP < 200 RLU^[16]。结合大数据和人工智能技术,通过实时监测、系统追踪多重耐药细菌,识别传播路径,实现院内耐药细菌的精准防控^[17]。耐药细菌更容易在工作人员皮肤表面定植且不发生侵袭性感染,增加了耐药细菌在 ICU 内的隐匿性传播机会。定期开展医院感染培训,普及多重耐药细菌感染的防控知识,提高医护人员和保洁人员相关意识和能力^[17]。

6.7 完善 ICU 室内布局、基础设施 合理规划 ICU 室内布局,拆除不必要或临时医疗装置,以及采用更高效的环境清洁技术(如紫外线消毒灯)。新建的 ICU 病房应优化空间布局和通风系统,将传统开放式大病房升级为“负压单间+可切换正压缓冲间”组合,实现高危 CRKP 定植患者物理隔离;同时配置床旁可视化呼吸回路支架,减少回路拖拽导致的冷凝水回流,尽可能减少耐药细菌在 ICU 环境中传播与定植^[17]。基础设施的安置应遵循方便可及原则。

6.8 抗生素与多重耐药菌管理策略 规范抗微生物药物使用是控制耐药细菌感染的重要环节之一。抗菌药物选择性压力是细菌产生耐药性的主要原因,合理、谨慎使用抗菌药物可以延缓和减少 MDRO 的产生。

严格掌握应用指征,尽量在抗菌治疗前及时留取相应合格标本送病原学检测,尽早查明感染源,争取目标性抗菌治疗^[25]。获知病原学检测结果后,需综合菌种及其耐药性、患者临床情况及治疗反应、药物抗菌谱、抗菌活性、药物经济学以及药物

PK/PD 特点等合理选择抗菌药物品种、剂量、给药间隔、给药途径以及疗程^[25]。优先选择窄谱、高效、价廉的抗菌药物,避免无指征联合用药和局部用药,减少不必要的静脉输注抗菌药物^[25]。对于多重耐药菌株需根据药敏情况选择敏感药物,精准靶向抗微生物药物治疗替代广谱抗微生物药物。根据患者临床症状、体征、炎症指标、病原学检测与耐药菌株确定来拟定具体治疗疗程^[11, 19]。

7 小结

ICU 内呼吸感染的防控是一项多环节、持续改进的系统工程。本文通过整合循证医学证据与临床实践,提出集束化管理、手卫生、环境控制、抗生素精准使用的综合防控体系。未来,需进一步强化医疗、护理、信息、院感、检验等多部门协同,推动信息化监测与智能预警建设,并持续开展教育与行为干预,才能真正实现“降低感染率、缩短住院日、减少耐药菌传播”的目标,最终改善重症患者的预后。

【参考文献】

- [1] Dantas LF, Peres IT, Antunes BBP, et al. Prediction of multidrug-resistant bacteria (MDR) hospital-acquired infection (HAI) and colonisation: A systematic review[J]. *Infect Dis Health*, 2025, 30(1): 50-60.
- [2] Blot S, Ruppé E, Harbarth S, et al. Healthcare-associated infections in adult intensive care unit patients; changes in epidemiology, diagnosis, prevention and contributions of new technologies[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2022, 70: 103227.
- [3] 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 中国成人医院获得性肺炎及呼吸机相关性肺炎诊断与治疗指南[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2018, 41(4): 255-280.
- [4] Fernando SM, Tran A, Cheng W, et al. Diagnosis of ventilator-associated pneumonia in critically ill adult patients-a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(6): 1170-1179.
- [5] 柴文昭, 刘晶晶, 王小婷, 等. 重症医学科医院感染控制原则专家共识[J]. *协和医学杂志*, 2024, 15(3): 522-531.
- [6] 黄勋, 邓子德, 倪语星, 等. 多重耐药菌医院感染预防与控制中国专家共识[J]. *中国感染控制杂志*, 2015, 14(1): 1-9.
- [7] File TM Jr, Ramirez JA. Pulmonary infections in adults: nosocomial pneumonia[J]. *FP Essent*, 2025, 550: 16-22.
- [8] Torres A, Niederman MS, Chastre J, et al. International ERS/ES-ICM/ESCMID/ALAT guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia: Guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia (HAP)/ventilator-associated pneumonia (VAP) of the European Respiratory Society (ERS), European Society of Intensive Care Medicine (ES-ICM), European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) and Asociacion Latinoamericana del Torax (ALAT)[J]. *Eur Respir J*, 2017, 50(3): 1700582.
- [9] 周发春. 入住 ICU 的医院内肺炎治疗方法的更新与进展[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2021, 21(4): 501-504.
- [10] Rosenthal VD, Memish ZA, Bearman G. Preventing ventilator-associated pneumonia: A position paper of the International Society for Infectious Diseases, 2024 update[J]. *Int J Infect Dis*, 2025, 151: 107305.
- [11] 沈皖珠, 程君, 殷俊. 重症监护病房患者院内多重耐药细菌感染风险因素防控策略[J]. *华西医学*, 2025, 40(3): 348-353.
- [12] Ulsamer A, Bonilla S, Pérez-Fernández X, et al. The pathogenesis of ventilator-associated pneumonia: old and new mechanisms[J]. *Expert Rev Respir Med*, 2025, 19(7): 655-671.
- [13] Korkmaz FT, Traber KE. Innate immune responses in pneumonia[J]. *Pneumonia (Nathan)*, 2023, 15(1): 4.
- [14] Klompas M. Ventilator-associated pneumonia, ventilator-associated events, and nosocomial respiratory viral infections on the leeward side of the pandemic[J]. *Respir Care*, 2024, 69(7): 854-868.
- [15] Llitjos JF, Bredin S, Lascarrou JB, et al. Increased susceptibility to intensive care unit-acquired pneumonia in severe COVID-19 patients: a multi-center retrospective cohort study[J]. *Ann Intensive Care*, 2021, 11(1): 20.
- [16] Dai Y, Zhang L, Pan T, et al. The ICU-CARB score: a novel clinical scoring system to predict carbapenem-resistant gram-negative bacteria carriage in critically ill patients upon ICU admission[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2023, 12(1): 118.
- [17] 杨启文, 吴安华, 胡必杰, 等. 临床重要耐药菌感染传播防控策略专家共识[J]. *中国感染控制杂志*, 2021, 20(1): 1-14.
- [18] Weinberger J, Cocoros N, Klompas M. Ventilator-associated events: epidemiology, risk factors, and prevention[J]. *Infect Dis Clin North Am*, 2021, 35(4): 871-899.
- [19] 中华医学会重症医学分会. 血管内导管相关性血流感染预防与诊治指南[J]. *中华危重病急救医学*, 2025, 37(3): 193-219.
- [20] 肖园园, 谭彩霞, 吴安华. SHEA/IDSA/APIC 实践建议: 预防医院感染策略纲要(2022 年更新版)[J]. *中国感染控制杂志*, 2024, 23(5): 652-660.
- [21] Filipe HAL, Fiuza SM, Henriques CA, et al. Antiviral and antibacterial activity of hand sanitizer and surface disinfectant formulations[J]. *Int J Pharm*, 2021, 609: 121139.
- [22] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 医务人员手卫生规范: WS/T313-2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [23] Marino A, Augello E, Bellanca CM, et al. Antibiotic therapy duration for multidrug-resistant gram-negative bacterial infections: an evidence-based review[J]. *Int J Mol Sci*, 2025, 26(14): 6905.
- [24] AlBahrani S, Saad M, Alqahtani JS, et al. Multicomponent approaches to reduce multidrug-resistant organisms in critical care: determining the ideal strategy[J]. *J Epidemiol Glob Health*, 2024, 14(4): 1371-1380.
- [25] Hixson R, Jensen KS, Melamed KH, et al. Device associated complications in the intensive care unit[J]. *BMJ*, 2024, 386: e077318.

(收稿日期: 2025-09-22; 修回日期: 2025-10-12)

(本文编辑: 彭羽)