

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20222118

· 综述 ·

医院高度风险区域高频接触表面清洁消毒的研究进展

张晓阳¹, 王超超², 赵秋平¹, 张卫红³

(1. 华北理工大学护理与康复学院, 河北 唐山 063000; 2. 华北理工大学临床医学院, 河北 唐山 063000; 3. 河北省人民医院医院感染管理科与公共卫生科, 河北 石家庄 050051)

[摘要] 医院感染主要传播方式是接触传播, 对高频接触表面的清洁消毒是否合格对于医院感染的预防与控制非常重要。本文主要对目前国内外医院高度风险区域的高频接触表面污染现状与危害、清洁消毒方法及效果评价的研究进展进行综述, 为医院感染管理者及今后医院高频接触表面清洁消毒的科学研究提供建议与参考。

[关键词] 高度风险区域; 高频接触表面; 物体表面; 消毒; 医院感染

[中图分类号] R187

Advances in cleaning and disinfection of high-touch surfaces in high risk areas of hospitals

ZHANG Xiao-yang¹, WANG Chao-chao², ZHAO Qiu-ping¹, ZHANG Wei-hong³ (1. College of Nursing and Rehabilitation, North China University of Science and Technology, Tangshan 063000, China; 2. College of Clinical Medicine, North China University of Science and Technology, Tangshan 063000, China; 3. Department of Healthcare-associated Infection Management and Public Health, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, China)

[Abstract] The main transmission mode of healthcare-associated infection (HAI) is contact transmission, whether the cleaning and disinfection of high-touch surfaces is qualified is very important for the prevention and control of HAI. This paper mainly reviewed the research progress of current situation and harm, cleaning and disinfection methods, and effect evaluation of contamination of high-touch surfaces in high risk areas of hospitals at domestic and abroad, so as to provide suggestions and references for HAI managers and future scientific research on cleaning and disinfection of high-touch surfaces in hospitals.

[Key words] high risk area; high-touch surface; object surface; disinfection; healthcare-associated infection

医院感染是全球性的公共卫生问题, 可导致患者住院时间延长, 住院费用增加, 浪费医疗护理资源, 甚至导致患者死亡, 全球每年约有几亿人遭受医院感染造成的痛苦^[1]。高频接触表面是病原微生物的载体, 病原微生物可在上面存活数小时乃至数月, 并通过接触的方式在医护人员、患者、环境之间传播, 导致医院感染的发生^[2-4]。医院的高度风险区域如重症监护病房(intense care unit, ICU)、烧伤病房等, 其医院感染发病率高^[5], 医院感染主要传播方式是接触传播, 因此对高频接触表面的清洁消毒是

否合格对于医院感染的预防与控制非常重要。因此, 本文旨在对医院感染高度风险区域的高频接触表面污染现状、清洁消毒方法及效果评价进行综述, 以为医院感染管理者及今后关于此方面的科学研究提供参考依据。

1 高度风险区域与高频接触表面的定义

2016 年, 我国卫生健康委发布的《医疗机构环境物体表面清洁与消毒管理规范》(以下简称“规范”)^[6]

[收稿日期] 2021-11-09

[作者简介] 张晓阳(1996-), 女(汉族), 河北省石家庄市人, 硕士研究生, 主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 张卫红 E-mail: hbghzhangweihong@126.com

中将高风险区域定义为有感染或定植患者居住的区域,以及对高度易感患者采取保护性隔离的区域,如 ICU、烧伤病房、早产儿室等。

2010 年 Huslage 等^[7]采用定量研究的方法定义高频接触表面,通过观察 ICU 和 7 个普通内、外科病房的医护人员、患者与物体表面的互动频次,将互动频次位于前 5 位的床栏杆、床表面、治疗车、床边桌、输液泵定义为高频接触表面。2016 年发布的规范中将高频接触表面定义为患者或医护人员频繁接触的表面,如床栏杆、门把手、监护仪等^[6]。2016 年,Link 等^[8]通过观察手术室医护人员与环境表面的互动频次,结果接触频次从高到低依次为麻醉电脑鼠标、手术床、护士电脑鼠标、手术椅、麻醉治疗车。Wang 等^[9]通过分别观察急诊科和血液透析室的医护人员、患者、访客与物体表面的互动频次,结果发现担架扶手、隐私窗帘、访客座椅扶手和靠背、患者床边桌占在急诊科观察到的所有触摸事件的 80%;治疗车抽屉、透析机控制面板和键盘、洗手池水龙头、床边桌、床栏杆或透析椅扶手占在血液透析室观察到的所有触摸事件的 71%。尽管不同科室之间的高频接触表面类型有所重叠,但也由于提供的医疗护理服务、所使用的医疗设备等存在差别,因此不同科室之间的高频接触表面也有所不同。

2 高频接触表面污染现状及其危害

病原微生物可以在高频接触表面上存活数小时,甚至数日、数月^[10],因此高频接触表面是病原微生物的储藏库,在医院感染中发挥着不可忽视的作用。Zenati 等^[11]从 868 份高频接触表面标本中,分离出 67 株鲍曼不动杆菌(AB),分别来自医疗设备(13 株)、门把手(12 株)、床单(12 株)、医疗设备手推车(5 株)和床栏杆(4 株)等。Adams 等^[12]研究显示,手与物体表面接触频率和其污染状况呈正相关。一项 Meta 分析结果显示,患者若入住曾发生过医院感染的病床,则其发生医院感染的总合并 OR 值为 2.13^[13]。国内也有类似的文献报道,班海群等^[14]通过调查我国 9 个省市 29 所医院高频接触表面污染现状,发现门把手、床栏、各种操作表面的菌落数 >5 CFU/cm² 的标本占 31.5%, >10 CFU/cm² 的占 25.8%,致病菌检出率为 33.3%。陈春燕等^[15]对某医院 ICU 一起耐碳青霉烯类鲍曼不动杆菌(CRAB)医院感染暴发事件进行调查发现,其中 7 例 CRAB 医院感染患者中 4 例是同一张病床收治的患

者,且在该床单元的吸引外置架上培养出的 CRAB 与 7 例患者的 CRAB 耐药谱相同。江冬萍等^[16]通过调查 ICU 泛耐药鲍曼不动杆菌(XDR-AB)医院感染暴发的原因发现,194 份医护人员手及环境表面的标本中 134 份菌落数超标,47 份标本中检出 AB,其中有 37 株为 XDR-AB。马思旻等^[17]对神经外科 ICU 发生的 6 例耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(CRKP)医院感染的原因进行调查,发现 6 例患者的保洁员为同一人,且在保洁员手部和呼吸机表面标本中检出与患者药敏结果一致的 CRKP。

以上研究均证明高频接触表面的清洁消毒在医院感染中的重要作用,由于手卫生依从性低或清洁消毒不彻底,这些附着于高频接触表面的细菌可通过医护人员的手间接在患者之间传播,或通过入住曾发生过医院感染的病床,增加其发生医院感染的风险,由此可见,提高手卫生依从性和清洁消毒质量对切断病原微生物在高频接触表面与患者之间的传播起着十分重要的作用。

3 高频接触表面的清洁消毒方法

3.1 消毒剂 规范中推荐高度风险区域的高频接触表面消毒推荐使用中低水平消毒剂,如醇类、碘类和季铵盐类^[6]。目前我国医院用于高频接触表面的清洁消毒以含氯消毒剂为主,欧美国家以季铵盐类为主,英国以酚类为主^[18]。含氯消毒剂杀菌效果好,属于高效消毒剂,但其对皮肤黏膜刺激性强,因此在使用过程中应注意防护,而季铵盐类消毒剂因其具有刺激性小、安全、稳定的特点,近年来也逐渐受到人们的青睐^[19]。规范中指出当发生感染暴发或检出多重耐药菌时应该强化消毒,在强化消毒时应根据病原微生物的特点选择合适的消毒剂及浓度^[6]。近年来,细菌对消毒剂耐药性的报道越来越常见,其耐药性的出现与消毒剂的滥用,处理方法不当,以及使用亚抑制浓度的消毒剂有关^[20-21],但目前尚缺乏消毒剂耐药的相关监测,因此在选择消毒剂种类及浓度时仍缺乏参考依据。

3.2 抗菌表面 病原微生物可吸附在高频接触表面形成生物膜,生物膜对环境有很强的抗性,消毒剂也难以穿透,因此一旦生成,很难去除^[22]。抗菌表面也被称为自消毒表面^[23],包括抗黏附表面、抗菌表面、抗黏附抗菌表面、智能抗菌表面^[24]。其可以通过阻止病原微生物在表面吸附或(和)释放杀菌物质杀灭细菌,从而阻止生物膜形成^[25],防止高频接

触表面成为病原微生物的储藏库,是一种十分有前景的抗菌材料。国外关于抗菌表面在高频接触表面中的应用研究较多,已有多项研究^[26-30]证实将其应用于高频接触表面消毒中的优越性。国内目前对于抗菌表面的研究主要集中于材料制备和在医用植入物、医用敷料、建筑材料等^[24]方面的应用。在未来,如果要将抗菌表面广泛应用于高频接触表面的清洁消毒中,其应该在控制和预防医院感染的同时,减少由抗菌材料带来的环境污染、病原微生物耐药等问题,以及提高其安全性和经济性^[31-32]。

3.3 消毒频次 规范中规定高度风险区域的高频接触表面每日至少实施 2 次中低水平的消毒^[6],《重症监护病房医院感染预防与控制规范》^[33]中指出,ICU 的物体表面应该每日进行 1~2 次的中水平消毒,美国疾病控制与预防中心制定的 2008 版消毒灭菌指南^[34]指出,物体表面应该每日进行 1 次或每周进行 3 次清洁或消毒。柴建华等^[35]对消毒 2 h 后的 ICU 高频接触表面进行采样,结果菌落数合格率仅为 67.47%,门把手和治疗车污染最严重,合格率仅为 30.0%、50.0%,低于平均值,并且检出与患者痰培养耐药性一致的 AB。申桂娟等^[36]分别在消毒后 2、8 h 对 ICU 高频接触表面进行采样,结果显示消毒 2 h 后,所有高频接触表面的总合格率为 81.9%,其中血压计袖带合格率最低,仅为 51.7%;在消毒 8 h 后,合格率最低的为亚高温治疗仪,仅为 33.30%。张晶等^[37]分别在使用双链季铵盐消毒湿巾消毒后 2、4、6、8 h 对神经外科 ICU 高频接触表面(床栏、微量泵、监护仪按钮、洗手液按压开关、鼠标、病历夹)进行采样,结果在消毒后 2、4 h 所有表面菌落数均在合格范围内,在消毒 6 h 微量泵上的菌落数略 > 5 CFU/cm²,消毒 8 h 后微量泵上的菌落数远 > 5 CFU/cm²,鼠标、病历夹、消毒剂按压开关上的菌落数略 > 5 CFU/cm²。李颖等^[38]通过比较含有效氯 500 mg/L 的消毒剂、2 种不同品牌的双链季铵盐消毒湿巾(洁力佳和卡瓦布)及酸性氧化电位水的抑菌效果,结果显示 2 h 内除酸性氧化电位水外,使用其他消毒剂消毒的表面菌落数合格率均 > 90%;消毒 4 h 后 4 种消毒剂的合格率均 < 40%,酸性氧化电位水合格率为 0;消毒 6 h 后仅含有效氯 500 mg/L 消毒剂的菌落数合格率为 2.5%,其他 3 种均为 0。以上研究均表明,目前所规定的消毒频次不能满足高度风险区域的高频接触表面的消毒需求。其次,由于高频接触表面与手接触的频率、物体表面的材质、干湿程度不同以及所使用的消毒剂不同等原因,不

同的高频接触表面可能需要不同的消毒频次,因此在消毒工作中确定消毒频次应根据实际情况综合考虑。

上文提及的抗菌表面相较于传统消毒剂,可以保持较长时间的消毒效果,Widmer 等^[26]研究结果表明,涂有银离子抗菌涂层的高频接触表面的菌落数低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.001$),金黄色葡萄球菌、肠球菌的检出率也低于对照组,并且效果可维持长达 6 个月。唐代彬等^[39]研究结果表明,长链有机硅与聚六亚甲基双胍的复合物抗菌表面在喷涂后 2 个月仍然有效。尤其在“超级细菌”越来越多、新型冠状病毒肺炎疫情常态化的当下,高频接触表面消毒的需求越来越高,抗菌表面可以降低消毒频次、节省人力,或将成为未来高频接触表面消毒的主要措施。

3.4 消毒工具与设备 目前使用最多的消毒方法为擦拭消毒,但重复使用的毛巾可能会影响消毒剂效果、藏污纳垢,导致医院感染的发生,Sifuentes 等^[40]通过调查 10 所医院用于清洁消毒的毛巾发现,93% 的毛巾都检出菌落,平均菌落数为 133 CFU/cm²。消毒湿巾相较于传统的清洁工具具有成本低、随用随弃、无二次浸泡、无刺激性等优点,比毛巾更适合高度风险区域的高频接触表面的消毒^[41]。

除使用毛巾或湿巾的擦拭方法外,还有一些自动消毒装置可用于高频接触表面的消毒,如杀菌灯、过氧化氢消毒装置、臭氧等可同时对空气和高频接触表面进行无接触式消毒,但由于这些自动消毒装置存在对人体有害、耗时、成本高等问题,多被用于传统消毒方式的补充或终末消毒^[23]。杀菌灯最常用的是紫外线杀菌灯,常被用于病房的终末消毒,多项研究^[42-44]均表明在传统消毒方式的基础上,应用紫外线杀菌灯可以进一步降低高频接触表面的微生物负荷。高强度窄光谱环境净化系统(high-intensity narrow-spectrum light environmental decontamination system, HINS)是一种新型的基于光照的物理消毒方法,通过发射出高强度 405 nm 的光源对物体表面进行消毒,对人体无害,可以在有人环境下持续使用^[23],国外多项研究^[45-46]均表明,HINS 打开期间,高频接触表面上的菌落数大幅度降低,关闭 HINS 后,菌落数反弹,有力证明 HINS 可作为一种有效的辅助消毒方式,有利于医院环境净化。过氧化氢自动消毒装置可分为汽化型和气溶胶型,两种类型的装置都能够很好地减少高频接触表面的多重耐药菌污染^[47-48],还有研究^[49]显示,两者在消毒效

果上无差异,但使用汽化过氧化氢消毒后,物体表面上残留的过氧化氢更少。臭氧是一种强氧化剂,可对无人病房进行消毒,对金属、橡胶等可造成损害,并且消毒效果容易受到环境的影响^[6]。但床单位型臭氧消毒机可以在有人环境下使用,将待消毒物品装入消毒袋密封后,开启机器,消毒完毕后,待臭氧散尽即可取出使用,臭氧消毒机采用纳米技术,臭氧浓度高,将空气压缩,使臭氧能完全渗透棉、布、纤维内部消毒,穿透力强,且消毒过程中臭氧泄露少,不会对人造造成刺激^[50]。

3.5 消毒工作模式 目前最常用的消毒工作模式是清洁单元模式,即将一个病床及其周围设施作为一个单元,一个清洁单元配备一套专用的清洁工具,不与其他单元混用^[51],此工作模式避免了不同床单元之间的交叉感染。

病原微生物可以通过公用毛巾擦拭在两个床单元之间传递,高频表面之间共用毛巾,也可以造成病原微生物的播散,一块毛巾吸收消毒剂的能力有限,毛巾擦拭的表面越多,毛巾上积累的病原微生物越多,消毒效果越差^[52],因此,在清洁单元的基础上,对高频接触表面衍生出“一表面、一巾、一方向”的擦拭方法。Edwards 等^[53]研究显示,使用沾有消毒剂的毛巾对物体表面进行消毒,第一次擦拭时杀菌率 >70%,但当用该毛巾擦拭第二次时,发现物体表面再次受到污染,于是提出在对物体表面消毒时应采用“一表面、一巾、一方向”的擦拭方法,避免来回擦拭造成的二次污染。

3.6 清洁消毒效果评价 高风险区域的高频接触表面的卫生等级应该为消毒级,评估其清洁消毒效果的方法主要有目测法、化学法(荧光标记法、荧光粉剂法、生物荧光检测法)、微生物法。(1)目测法:要求做到肉眼可见整洁卫生、无污渍。(2)荧光标记法:在保洁工作前,在高频接触表面做荧光标记,保洁工作完成后检测无荧光标记残留为合格。(3)荧光粉剂法:其目的是考察“一床一巾”措施实施的依从性,预先将荧光粉撒在某个清洁单元的高频接触表面上,待保洁工作完成后检查荧光粉剂是否扩散到其他清洁单元。(4)微生物法:即棉拭子环境采样,是检验高频接触表面有无病原微生物污染的金标准。(5)生物荧光检测法:是利用三磷酸腺苷(ATP)与荧光在荧光素酶的作用下发生化学反应,通过 ATP 荧光仪测量其发出的相对光单位值(RLU),RLU 与 ATP 含量成正比,通过 RLU 值推断出细菌含量,从而判断清洁消毒质量^[54]。生物荧

光检测法可以快速、便捷地获得结果,更适用于平时高频接触表面消毒质量检查,但目前其评估方法不统一,不能代替微生物法^[55]。

4 小结与展望

医院高度风险区域的高频接触表面污染现状不容乐观。各科室之间由于所提供的医疗护理服务、使用的医疗设备等不同,因此各科室间的高频接触表面也有所不同。不同的高频接触表面可能需要不同的消毒频次,目前规范中规定的最低消毒频次不能满足消毒需求,不同医院、不同科室往往是在最低消毒频次的基础上,自行追加消毒频次,但此做法缺乏循证依据,目前关于高频接触表面消毒频次方面的研究较少,今后可多开展此类研究,为我国指南或规范的制定、医院感染管理工作提供参考。目前关于细菌消毒剂抗性的报道越来越多见,但尚缺乏对细菌消毒剂耐药性的监测,在选择消毒剂时缺乏参考依据。抗菌表面是一种新兴的技术,可保持长期的抗菌效果,减少消毒频次,节省人力,目前在高频接触表面中的应用仍然较少,如果能解决在经济性、安全性、环保性、耐药性等方面存在的问题,则在未来将被广泛应用。目前清洁单元、“一物一巾一方向”的消毒模式已被证实可以有效提高消毒效果,防止交叉感染,但大多数医院的保洁工作都是外包公司承担,由于保洁员文化程度低、年龄大,所以消毒依从性差。因此,今后可研究提高保洁员消毒工作依从性的干预方法,制定标准化高频接触表面消毒流程,为临床更有效的控制医院高度风险区域的高频接触表面污染提供参考依据。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] Protano C, Cammalleri V, Romano Spica V, et al. Hospital environment as a reservoir for cross transmission: cleaning and disinfection procedures[J]. *Ann Ig*, 2019, 31(5): 436-448.
- [2] Weber DJ, Anderson D, Rutala WA. The role of the surface environment in healthcare-associated infections[J]. *Curr Opin Infect Dis*, 2013, 26(4): 338-344.
- [3] Facciola A, Pellicano GF, Visalli G, et al. The role of the hospital environment in the healthcare-associated infections: a general review of the literature[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2019, 23(3): 1266-1278.
- [4] 朱仁义,沈伟.从循证医学角度看物体表面消毒在医院感染

- 预防和控制中的作用[J]. 中国消毒学杂志, 2008, 25(1): 60 - 63.
- Zhu RY, Shen W. The role of object surface disinfection in nosocomial infection prevention and control from the perspective of evidence-based medicine[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2008, 25(1): 60 - 63.
- [5] 李燕, 巩林霞, 高岸英, 等. 多药耐药菌感染患者科室分布特点及影响因素分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(22): 3502 - 3505.
- Li Y, Gong LX, Gao AY, et al. Distribution of patients with multidrug-resistant organisms infections in departments and influencing factors [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(22): 3502 - 3505.
- [6] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 医疗机构环境表面清洁与消毒管理规范: WS/T 512—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. Regulation for cleaning and disinfection management of environmental surface in healthcare; WS/T 512 - 2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [7] Huslage K, Rutala WA, Sickbert-Bennett E, et al. A quantitative approach to defining "high-touch" surfaces in hospitals [J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2010, 31(8): 850 - 853.
- [8] Link T, Kleiner C, Mancuso MP, et al. Determining high touch areas in the operating room with levels of contamination [J]. Am J Infect Control, 2016, 44(11): 1350 - 1355.
- [9] Wang TZ, Simon MS, Westblade LF, et al. Quantitative characterization of high-touch surfaces in emergency departments and hemodialysis facilities[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2021, 42(4): 474 - 476.
- [10] Wißmann JE, Kirchhoff L, Brüggemann Y, et al. Persistence of pathogens on inanimate surfaces: a narrative review[J]. Microorganisms, 2021, 9(2): 343.
- [11] Zenati K, Touati A, Bakour S, et al. Characterization of NDM-1- and OXA-23-producing *Acinetobacter baumannii* isolates from inanimate surfaces in a hospital environment in Algeria[J]. J Hosp Infect, 2016, 92(1): 19 - 26.
- [12] Adams CE, Smith J, Watson V, et al. Examining the association between surface bioburden and frequently touched sites in intensive care[J]. J Hosp Infect, 2017, 95(1): 76 - 80.
- [13] Russotto V, Cortegiani A, Raineri SM, et al. What is the risk of acquiring bacteria from prior intensive care unit bed occupants? [J]. Crit Care, 2017, 21(1): 55.
- [14] 班海群, 朱仁义, 刘晓杰, 等. 医院物体表面微生物污染现状及控制策略研究[J]. 中国消毒学杂志, 2015, 32(7): 649 - 653.
- Ban HQ, Zhu RY, Liu XJ, et al. Study on microbial contamination and control strategy of hospital inanimate objects surfaces[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2015, 32(7): 649 - 653.
- [15] 陈春燕, 黄冰冰, 罗培燕, 等. 某综合 ICU 耐碳青霉烯类不动杆菌下呼吸道医院感染暴发调查[J]. 中国感染控制杂志, 2016, 15(5): 341 - 343, 347.
- Chen CY, Huang BB, Luo PY, et al. An outbreak of healthcare-associated carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* lower respiratory tract infection in an intensive care unit[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2016, 15(5): 341 - 343, 347.
- [16] 江冬萍, 王洁, 李艳霞, 等. ICU 泛耐药鲍曼不动杆菌感染暴发调查及控制[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(5): 445 - 450.
- Jiang DP, Wang J, Li YX, et al. Investigation and control of healthcare-associated infection outbreak caused by extensively drug-resistant *Acinetobacter baumannii* in intensive care unit [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18(5): 445 - 450.
- [17] 马思旻, 王艾嘉, 谭昆, 等. 神经外科 ICU 疑似耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌医院感染暴发调查与控制[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(6): 933 - 937.
- Ma SM, Wang AJ, Tan K, et al. Investigation and control of outbreak of a suspected carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infection in ICU of neurosurgery department[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2021, 31(6): 933 - 937.
- [18] 李涛, 班海群, 沈瑾, 等. 消毒学与医院感染管理的相互促进[J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(14): 3139 - 3142, 3146.
- Li T, Ban HQ, Shen J, et al. Mutual promotion between disinfection and nosocomial infection management [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2017, 27(14): 3139 - 3142, 3146.
- [19] 刘军, 王佳奇, 班海群, 等. 消毒过程对人体刺激性及危害研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2017, 34(1): 68 - 71.
- Liu J, Wang JQ, Ban HQ, et al. Research progress on irritation and harm of disinfection process to human body[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2017, 34(1): 68 - 71.
- [20] Mc Carlie S, Boucher CE, Bragg RR. Molecular basis of bacterial disinfectant resistance[J]. Drug Resist Updat, 2020, 48: 100672.
- [21] 卢中一, 陈勇, 陈伟, 等. 金黄色葡萄球菌对消毒剂的抗性及其流行病学研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2014, 13(7): 442 - 446.
- Lu ZY, Chen Y, Chen W, et al. Research advances in resistance of *Staphylococcus aureus* to disinfectant and its epidemiology[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2014, 13(7): 442 - 446.
- [22] 任哲, 魏秋华. 医疗机构中生物膜污染现状与应对措施[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(9): 702 - 704.
- Ren Z, Wei QH. Current situation and countermeasures of biofilm pollution in medical institutions[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2019, 36(9): 702 - 704.
- [23] Dancer SJ. Controlling hospital-acquired infection: focus on the role of the environment and new technologies for decontamination[J]. Clin Microbiol Rev, 2014, 27(4): 665 - 690.
- [24] 范玲玲, 黎槟瑞, 张浩伟, 等. 表面抗菌功能涂层的构建及在生物医用材料中的应用研究[J]. 高分子学报, 2021, 52(3):

253 - 271.

Fan LL, Li BR, Zhang HW, et al. Fabrication of antibacterial coatings and their applications in biomedical materials[J]. *Acta Polymerica Sinica*, 2021, 52(3): 253 - 271.

- [25] Bartlett K, Movafaghi S, Dasi LP, et al. Antibacterial activity on superhydrophobic titania nanotube arrays[J]. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 2018, 166: 179 - 186.
- [26] Widmer AF, Kuster S, Dangel M, et al. Long-term antimicrobial effectiveness of a silver-impregnated foil on high-touch hospital surfaces in patient rooms[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2021, 10(1): 120.
- [27] Salgado CD, Sepkowitz KA, John JF, et al. Copper surfaces reduce the rate of healthcare-acquired infections in the intensive care unit[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2013, 34(5): 479 - 486.
- [28] Schmidt MG, Attaway HH, Sharpe PA, et al. Sustained reduction of microbial burden on common hospital surfaces through introduction of copper[J]. *J Clin Microbiol*, 2012, 50(7): 2217 - 2223.
- [29] Schmidt MG, von Dessauer B, Benavente C, et al. Copper surfaces are associated with significantly lower concentrations of bacteria on selected surfaces within a pediatric intensive care unit[J]. *Am J Infect Control*, 2016, 44(2): 203 - 209.
- [30] Sifri CD, Burke GH, Enfield KB. Reduced health care-associated infections in an acute care community hospital using a combination of self-disinfecting copper-impregnated composite hard surfaces and linens[J]. *Am J Infect Control*, 2016, 44(12): 1565 - 1571.
- [31] Adlhart C, Verran J, Azevedo NF, et al. Surface modifications for antimicrobial effects in the healthcare setting; a critical overview[J]. *J Hosp Infect*, 2018, 99(3): 239 - 249.
- [32] Pal C, Asiani K, Arya S, et al. Metal resistance and its association with antibiotic resistance[J]. *Adv Microb Physiol*, 2017, 70: 261 - 313.
- [33] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 重症监护病房医院感染预防与控制规范: WS/T 509—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. Regulation for prevention and control of healthcare associated infection in intensive care unit; WS/T 509 - 2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [34] 李春辉, 吴安华. 2008 年美国医疗机构消毒灭菌指南节译(II)——医疗机构环境表面的清洁与消毒[J]. *中国感染控制杂志*, 2010, 9(3): 224, 210.
Li CH, Wu AH. The translation of 2008 Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities of United States (II)—cleaning and disinfection of environmental surfaces in healthcare facilities[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2010, 9(3): 224, 210.
- [35] 柴建华, 常洪美, 李炼, 等. ICU 手高频接触物体表面消毒后目标菌监测结果分析[J]. *中国消毒学杂志*, 2016, 33(6): 547 - 548, 551.
Chai JH, Chang HM, Li L, et al. Analysis of monitoring result of target bacteria from hand high-frequency contact surfaces after disinfection in ICU[J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2016, 33(6): 547 - 548, 551.
- [36] 申桂娟, 王李华, 祝进, 等. ICU 物体表面的消毒效果监测[J]. *中华医院感染学杂志*, 2015, 25(3): 710 - 712.
Shen GJ, Wang LH, Zhu J, et al. Monitoring the effect of surface disinfection on frequently touched objects in ICU[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2015, 25(3): 710 - 712.
- [37] 张晶, 周晶, 田洋洋, 等. 神经外科监护病房高频接触物体表面消毒频次的研究[J]. *中国感染控制杂志*, 2019, 18(4): 331 - 334.
Zhang J, Zhou J, Tian YY, et al. Disinfection frequency of high-touched object surface in neurosurgical intensive care unit[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2019, 18(4): 331 - 334.
- [38] 李颖, 戈伟, 许文, 等. ICU 物体表面消毒方法优选试验研究[J]. *中华医院感染学杂志*, 2013, 23(7): 1629 - 1631.
Li Y, Ge W, Xu W, et al. Study on optimized method for disinfection of object surface in ICU[J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2013, 23(7): 1629 - 1631.
- [39] 唐代彬, 严秀芳, 金鏐洋, 等. 一种长效消毒剂用于高频接触物体表面消毒效果观察[J]. *中国消毒学杂志*, 2018, 35(3): 182 - 185.
Tang DB, Yan XF, Jin LY, et al. Observation on the efficacy of a kind of long-effect disinfectant in the disinfection of high frequently contacted surfaces[J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2018, 35(3): 182 - 185.
- [40] Sifuentes LY, Gerba CP, Weart I, et al. Microbial contamination of hospital reusable cleaning towels[J]. *Am J Infect Control*, 2013, 41(10): 912 - 915.
- [41] 张廷轩, 孙丽静, 刘晓鹏. 一次性消毒湿巾与传统消毒方法对物体表面消毒效果的对比[J]. *中国消毒学杂志*, 2017, 34(3): 279 - 281.
Zhang TX, Sun LJ, Liu XP. Comparison of disinfection effect between disposable disinfectant wipes and traditional disinfection methods on object surface[J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2017, 34(3): 279 - 281.
- [42] Simmons S, Dale C Jr, Holt J, et al. Environmental effectiveness of pulsed-xenon light in the operating room[J]. *Am J Infect Control*, 2018, 46(9): 1003 - 1008.
- [43] Hosein I, Madeloso R, Nagaratnam W, et al. Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet light device for isolation room disinfection in a United Kingdom hospital[J]. *Am J Infect Control*, 2016, 44(9): e157 - e161.
- [44] Kitagawa H, Mori M, Kashiyama S, et al. Effect of pulsed xenon ultraviolet disinfection on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination of high-touch surfaces in a Japanese hospital[J]. *Am J Infect Control*, 2020, 48(2): 139 - 142.
- [45] Maclean M, Macgregor SJ, Anderson JG, et al. Environmental decontamination of a hospital isolation room using high-in-

tensity narrow-spectrum light[J]. J Hosp Infect, 2010, 76(3): 247-251.

- [46] Bache SE, Maclean M, MacGregor SJ, et al. Clinical studies of the high-intensity narrow-spectrum light environmental decontamination system (HINS-light EDS), for continuous disinfection in the burn unit inpatient and outpatient settings[J]. Burns, 2012, 38(1): 69-76.
- [47] McCord J, Prewitt M, Dyakova E, et al. Reduction in *Clostridium difficile* infection associated with the introduction of hydrogen peroxide vapour automated room disinfection[J]. J Hosp Infect, 2016, 94(2): 185-187.
- [48] Ali S, Muzslay M, Bruce M, et al. Efficacy of two hydrogen peroxide vapour aerial decontamination systems for enhanced disinfection of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* and *Clostridium difficile* in single isolation rooms[J]. J Hosp Infect, 2016, 93(1): 70-77.
- [49] Blazejewski C, Wallet F, Rouzé A, et al. Efficiency of hydrogen peroxide in improving disinfection of ICU rooms[J]. Crit Care, 2015, 19(1): 30.
- [50] 黄蔷薇, 金茹, 黄筱燕. 床单位臭氧消毒机对血透室床单位消毒效果的研究[J]. 中国消毒学杂志, 2014, 31(1): 101-102.
Huang QW, Jin R, Huang XY. Study on disinfection effect of bed unit ozone disinfection machine on bed unit of hemodialysis room[J]. Chinese Journal of Disinfection, 2014, 31(1): 101-102.
- [51] 胡必杰, 倪晓平, 覃金爱, 等. 医院环境物体表面清洁与消毒最佳实践[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2012.
Hu BJ, Ni XP, Qin JA, et al. Best practices in environmental surface cleaning and disinfecting in health care settings[M].

Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2012.

- [52] West AM, Nkemngong CA, Voorn MG, et al. Surface area wiped, product type, and target strain impact bactericidal efficacy of ready-to-use disinfectant Towelettes[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2018, 7: 122.
- [53] Edwards NWM, Best EL, Goswami P, et al. Recontamination of healthcare surfaces by repeated wiping with biocide-loaded wipes: “One Wipe, One Surface, One Direction, Dispose” as best practice in the clinical environment[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(24): 9659.
- [54] Nante N, Ceriale E, Messina G, et al. Effectiveness of ATP bioluminescence to assess hospital cleaning: a review[J]. J Prev Med Hyg, 2017, 58(2): E177-E183.
- [55] Amodio E, Dino C. Use of ATP bioluminescence for assessing the cleanliness of hospital surfaces: a review of the published literature (1990-2012)[J]. J Infect Public Health, 2014, 7(2): 92-98.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式: 张晓阳, 王超超, 赵秋平, 等. 医院高度风险区域高频接触表面清洁消毒的研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(6): 610-616. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222118.

Cite this article as: ZHANG Xiao-yang, WANG Chao-chao, ZHAO Qiu-ping, et al. Advances in cleaning and disinfection of high-touch surfaces in high risk areas of hospitals[J]. Chin J Infect Control, 2022, 21(6): 610-616. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222118.