

DOI:10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20252535

· 论 著 ·

血液透析室两班次之间空气及环境物体表面微生物调查与分析

刘玉华^{1,2}, 刘思娣¹, 朱晓芳³, 赖凌宇⁴, 王丽萍⁵, 黄 勋¹

(1. 中南大学湘雅医院医院感染控制中心, 湖南 长沙 410008; 2. 福建医科大学孟超肝胆医院感控科, 福建 福州 350028; 3. 克拉玛依市第二人民医院 克拉玛依市康复医院医院感染管理科, 新疆 克拉玛依 834000; 4. 福建医科大学肿瘤临床医学学院 福建省肿瘤医院感染管理科, 福建 福州 350014; 5. 贵州中医药大学第二附属医院医院感染控制办公室, 贵州 贵阳 550000)

[摘 要] 目的 了解血液透析室铺床操作对床单元周围空气的影响, 评估常规终末消毒效果, 为优化感染控制措施提供科学依据。方法 对即将血液透析下机的床单元周围进行空气采样(铺床前组)和环境物体表面采样(终末消毒前组), 以及铺床后进行空气采样(铺床时组)和终末消毒后进行环境物体表面采样(终末消毒后组), 并进行细菌计数和鉴定。结果 共采集 45 个血液透析单元的 238 个床单元铺床前和铺床时的空气标本 714 份。铺床时的平均菌落数高于铺床前[(2. 72 ± 3. 43) CFU/皿 VS (0. 69 ± 1. 50) CFU/皿, $P < 0. 05$]; 铺床前微生物菌落数合格率高于铺床时(96. 64% VS 64. 71%, $P < 0. 05$)。共采集 45 个血液透析单元的 90 个床单元终末消毒前后环境物体表面标本 450 份, 终末消毒前的平均菌落数高于终末消毒后[(8. 18 ± 20. 6) CFU/cm² VS (1. 49 ± 3. 44) CFU/cm², $P < 0. 05$]; 终末消毒后微生物菌落数合格率高于终末消毒前(98. 22% VS 92. 44%, $P < 0. 05$)。空气及环境中的微生物主要为凝固酶阴性葡萄球菌。结论 铺床对床单元周围空气微生物有一定影响, 终末消毒能降低环境菌落数, 应重视治疗环境的清洁与消毒工作, 在清场条件下实施铺床操作, 以最大限度降低感染风险。

[关 键 词] 血液透析; 空气; 环境物体表面; 铺床; 微生物

[中图分类号] R181. 3⁺2

Microorganisms in air and environmental object surfaces of hemodialysis room between two shifts

LIU Yuhua^{1,2}, LIU Sidi¹, ZHU Xiaofang³, LAI Lingyu⁴, WANG Liping⁵, HUANG Xun¹
(1. Center for Healthcare-associated Infection Control, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China; 2. Department of Infection Control, Mengchao Hepatobiliary Hospital of Fujian Medical University, Fuzhou 350028, China; 3. Department of Healthcare-associated Infection Management, The Second People's Hospital of Karamay, Karamay Rehabilitation Hospital, Karamay 834000, China; 4. Department of Infection Management, Clinical Oncology School of Fujian Medical University, Fujian Cancer Hospital, Fuzhou 350014, China; 5. Office of Healthcare-associated Infection Control, The Second Affiliated Hospital of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550000, China)

[Abstract] Objective To understand the impact of bed-making manipulation on the air surrounding bed units in hemodialysis room, evaluate the effectiveness of routine terminal disinfection, and provide scientific basis for optimizing infection control measures. Methods Air specimens (pre-bed-making group) and environmental object surface specimens (pre-terminal disinfection group) around bed units were collected when hemodialysis was about to be finished. Air specimens after bed-making (bed-making group) and environmental object surface specimens after ter-

minimal disinfection (terminal disinfection group) were also collected. Bacterial colonies were counted and identified.

Results A total of 714 air specimens were collected from 238 bed units of 45 hemodialysis units before and during bed-making. The average bacterial colony count during bed-making was higher than that before bed-making ($[2.72 \pm 3.43]$ CFU/plate vs $[0.69 \pm 1.50]$ CFU/plate, $P < 0.05$). The qualified rate of microbial colony count before bed-making was higher than that during bed-making (96.64% vs 64.71%, $P < 0.05$). A total of 450 environmental object surface specimens from 90 bed units of 45 hemodialysis units were collected before and after terminal disinfection. The average bacterial colony count before terminal disinfection was higher than that after terminal disinfection ($[8.18 \pm 20.6]$ CFU/cm² vs $[1.49 \pm 3.44]$ CFU/cm², $P < 0.05$). The qualified rate of microbial colony count after terminal disinfection was higher than that before terminal disinfection (98.22% vs 92.44%, $P < 0.05$). The microorganisms in the air and environment were mainly coagulase negative *Staphylococcus*. **Conclusion** Bed-making has a certain impact on the air microorganisms around the bed units, and terminal disinfection can reduce the bacterial colony count of the environment. It is necessary to pay attention to the cleaning and disinfection of the environment for medical treatment, and carry out bed-making manipulation under clear condition to minimize the risk of infection.

[Key words] hemodialysis; air; environmental object surface; bed-making; microorganism

血液透析是终末期肾病患者的主要治疗手段。然而,由于免疫功能低下以及治疗过程中的频繁侵入性操作(如血管通路建立),加上透析区空间密闭、人员密集,终末期肾病患者成为医院交叉感染的高危人群^[1]。医疗机构中的空气和环境物体表面是各种微生物的重要储存场所^[2-3],微生物通过接触传播可引起外源性医院感染^[4-6]。日常操作(如铺床)已被证实会导致空气中微生物负荷的短暂增加^[7]。自2024年2月1日起实施的《医院感染监测标准》新增了对门诊血液透析感染事件的监测要求^[8],体现了对血液透析感染防控的高度重视。然而,目前的研究多集中于血液透析的操作流程和水路管理,对于“空气动力学行为”(如铺床)及环境物体表面消毒时效性的研究仍显不足。微生物学证据表明,表皮葡萄球菌等凝固酶阴性葡萄球菌在血液透析患者体表及环境中广泛存在^[9-10],可能随气流扩散和交叉传播,形成难以清除的持续传播源。为明确铺床操作对周围床单元空气的实际影响并评估常规终末消毒的效果,本研究对某医院血液透析室进行了铺床前、铺床时的空气微生物采样,并在终末消毒前后对环境物体表面进行了微生物采样,以期优化感染控制措施提供科学依据。现将结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2024年9—11月对血液透析室45个透析床单元在铺床前、铺床时进行空气微生物采样,以及对终末消毒前后环境物体表面进行微生物采样。

1.2 床单元终末消毒措施 每班次结束后,先清场

患者,送洗床单和被单;然后使用含有效氯500 mg/L消毒剂的清洁布巾,按血液透析机表面、床栏、小桌板、血压计袖带的顺序擦拭床单元;最后铺床(铺消毒后的床单和被单)。

1.3 采样方法 在即将进行血液透析下机时,对床单元周围进行空气采样(铺床前组)和环境物体表面采样(终末消毒前组),以及在铺床时进行空气采样(铺床时组)和终末消毒后进行环境物体表面采样(终末消毒后组)。铺床前组采样时,患者卧床休息,周围工作人员无流动。空气采样和环境物体表面采样方法参照2012版《医院消毒卫生标准》^[9]:空气采样采用平皿沉降法,对铺床前和铺床时的床单元周围,包括床单元左侧、右侧和对侧进行采样,每个床单元在对角线上内、中、外3点各放置一个平皿,暴露5 min后盖上平皿盖及时送检;对铺床前和铺床时的床单元环境物体表面,包括血透机表面、床栏、小桌板、被单、血压计袖带表面进行采样,使用5 cm × 5 cm规格板,用浸有生理盐水的无菌棉拭子采样100 cm²,去除手接触部分,将棉拭子放入装有10 mL中和剂的试管(购于重庆庞通医疗器械有限公司)中送检。

1.4 细菌计数与鉴定方法 空气采样后的平皿置于35~37℃恒温箱培养48 h。环境物体表面采样液充分振荡后,吸取1.0 mL接种至普通营养琼脂平皿中,置于35~37℃恒温箱培养48 h。培养结束后,对空气采样平皿和普通营养琼脂平皿进行菌落计数,通过分离纯化,选择单个菌落,并使用梅里埃全自动快速微生物质谱检测系统进行细菌鉴定,以大肠埃希菌(ATCC 8739)为标准质控菌株。根据2012年版《医院消毒卫生标准》^[9],血液透析室为Ⅲ

类环境,空气平板暴露法合格值为 ≤ 4.0 CFU/皿(5 min),环境物体表面合格值为 ≤ 10.0 CFU/cm²。

1.5 统计学方法 应用 SPSS 27.0 统计软件对数据进行统计分析。正态分布资料以均数 \pm 标准差表示,采用独立样本 *t* 检验进行比较;率的比较采用卡方检验;以 $P\leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 铺床前后空气检测情况 对 45 个透析单元在铺床前和铺床时共采集 238 个床单元周围空气标本 714 份。结果显示,铺床时空气平均菌落数为(2.72 \pm 3.43) CFU/皿,高于铺床前的(0.69 \pm 1.50) CFU/皿,差异具有统计学意义($P<0.001$)。铺床前床单元周围空气微生物菌落数合格率为 96.64%,高于铺床时的 64.71%,差异具有统计学意义($P<0.001$)。见表 1。

2.2 环境物体表面终末消毒前后检测结果 对 45 个血液透析患者床单元,在终末消毒前后共采集 90 个床单元环境物体表面标本 450 份。终末消毒前

表 1 铺床前、铺床时周围床单元的空气微生物学检测结果

Table 1 Microbiological detection results of air surrounding bed units before and during bed-making

分组	标本数 (皿)	平均菌落数 (CFU/皿)	床单元		
			数量 (个)	空气合格数量 (个)	合格率 (%)
铺床前	357	0.69 \pm 1.50	119	115	96.64
铺床时	357	2.72 \pm 3.43	119	77	64.71
<i>t</i> / χ^2	/	-0.984	/	/	53.521
<i>P</i>	/	<0.001	/	/	<0.001

注:/表示数据不存在。

环境物体表面平均菌落数为(8.18 \pm 20.6)CFU/cm²,高于终末消毒后的(1.49 \pm 3.44)CFU/cm²,差异有统计学意义($t=3.370$, $P<0.001$)。终末消毒前环境物体表面微生物菌落数合格率为 92.44%,低于终末消毒后的 98.22%,差异有统计学意义($\chi^2=21.394$, $P<0.001$);终末消毒后的床单和血压计袖带表面微生物菌落数合格率较消毒前高(均 $P<0.05$)。见表 2。

表 2 终末消毒前、后床单元物体表面微生物学检测结果

Table 2 Microbiological detection results of object surface around bed units before and after terminal disinfection

分组	菌落数($n=45^\#$, CFU/cm ²)					合格情况[$n=45^\#$, 份(%)]				
	血液透析机	床栏	小桌板	床单	血压计袖带	血液透析机	床栏	小桌板	床单	血压计袖带
终末消毒前	5.70 \pm 8.54	6.65 \pm 3.91	6.21 \pm 4.90	15.00 \pm 43.93	7.32 \pm 7.42	43(95.56)	44(97.78)	44(97.78)	38(84.44)	39(86.67)
终末消毒后	0.52 \pm 1.31	0.98 \pm 2.57	1.06 \pm 3.14	2.48 \pm 4.83	2.40 \pm 4.10	45(100)	45(100)	45(100)	41(91.11)	45(100)
<i>t</i> / χ^2	2.968	6.285	4.461	2.278	2.733	2.045	1.011	1.011	11.114	6.429
<i>P</i>	0.004	<0.001	<0.001	0.027	0.008	0.153	0.315	0.315	0.004	0.011

注:#表示每项标本份数。

2.3 病原体种类检出情况 铺床前和铺床时分别检出 176、447 株病原体,主要为凝固酶阴性葡萄球菌,见表 3。终末消毒前和终末消毒后分别检出

157、68 株病原体,同样以凝固酶阴性葡萄球菌为主,见表 4。

表 3 铺床前和铺床时床单元周围空气检出病原体种类分布

Table 3 Distribution of pathogen species detected from air surrounding bed units before and during bed-making

病原体	铺床前		铺床时		病原体	铺床前		铺床时	
	株数	构成比(%)	株数	构成比(%)		株数	构成比(%)	株数	构成比(%)
凝固酶阴性葡萄球菌	113	64.20	254	56.83	短波单胞菌属	1	0.57	0	0
枯草杆菌	12	6.82	42	9.40	真菌	0	0	3	0.67
微黄球菌	49	27.84	146	32.66	肠杆菌属	1	0.57	1	0.22
皮特不动杆菌	0	0	1	0.22	合计	176	100	447	100

表 4 终末消毒前后床单元物体表面检出病原体种类分布

Table 4 Distribution of pathogen species detected from object surface around bed units before and after terminal disinfection

病原体	终末消毒前		终末消毒后	
	株数	构成比(%)	株数	构成比(%)
凝固酶阴性葡萄球菌	62	39.49	31	45.59
枯草杆菌	49	31.21	14	20.59
微黄菌	40	25.47	22	32.35
霉菌	2	1.27	1	1.47
异常球菌属	1	0.64	0	0
索丝菌属	1	0.64	0	0
副球菌属	1	0.64	0	0
玫瑰单胞菌属	1	0.64	0	0
合计	157	100	68	100

3 讨论

近年来,慢性肾脏疾病(chronic kidney disease, CKD)的全球负担持续增加,接受血液透析治疗的患者人数也在不断上升。2021 年,全球约有 470 万患者接受肾脏替代治疗(kidney replacement therapy, KRT)^[10],而截至 2022 年底,我国接受血液透析治疗的人数达 84.5 万。血液透析患者由于免疫功能低下、频繁的血管通路操作(如导管置入)和血液体外循环暴露等因素,医院感染发病率显著高于普通人群,成为医院感染的高危群体^[11]。在血液透析过程中,医疗设备(如透析机、管路)的污染、透析液或用水质量不达标、医护人员手卫生执行不规范等均可能引发交叉感染。研究^[12]指出,透析室环境微生物监测不合格率与感染发病率呈正相关。医院感染不仅延长患者住院时间、增加医疗费用,还与高病死率相关。例如,导管相关血流感染可进展为败血症,重症感染患者的病死率显著升高;还会导致患者质疑医院的服务水平和医务人员的业务能力,严重者甚至会出现不必要的医患矛盾或纠纷,不利于医护人员的心理健康和医院的社会影响力^[13]。

血液透析环境对免疫力低下的患者至关重要。研究^[14]表明,铺床会影响空气质量,本研究也发现铺床时的平均菌落数高于铺床前,且铺床时的空气微生物菌落数合格率低于铺床前。通过对比铺床前后的菌落数,可以确认铺床会直接影响空气中微生物数量。这是由于铺床过程中,床单、被褥等物品的翻动和拍打会导致附着在这些织物上的微生物和尘

埃等微粒被扬起并散布到空气中,从而显著增加空气中的菌落数。研究^[7]发现,铺床后空气中细菌密度的升高不会立即恢复,需要一段时间自然沉降,细菌等微粒才会逐渐回到物体表面或地面。这提示在铺床操作后,应等待 30 min 以上,让空气中的细菌沉降,再进行彻底清洁和消毒,以确保治疗环境的卫生质量。这样的流程不仅能有效减少空气中的细菌,还能降低因空气污染导致的交叉感染风险,为血液透析患者提供更安全的治疗环境^[7]。然而,在血液透析室实际临床工作中,为节约时间,可能在工作人员为某床单元铺床时,邻近床位的患者正在进行上机或下机操作。此时,上下机操作涉及患者血管通路的建立(易暴露于空气中),同时铺床动作也会扰动周围环境,两者均可能增加空气微生物,引发微生物定植甚至血流感染的风险。因此,有研究^[3]建议,在进行血液透析治疗(尤其是涉及血管通路操作)前,应对治疗区域进行清场,减少不必要的人员流动和物品移动(如铺床),以降低空气污染风险;或者采取物理屏障等措施,隔离不同操作区域,避免交叉影响。

本研究发现,使用含氯消毒剂进行终末消毒后,平均菌落数显著减少,床单和血压计袖带表面采样微生物菌落数合格率高于消毒前。每次透析结束后,应彻底清洁和消毒透析单元内的所有物体表面,如透析机外部、床单、血压计袖带和小桌板等。这些区域容易积聚血液、体液和分泌物等污染物,可能成为病原微生物的载体。

本研究发现,空气与环境标本中的主要细菌是凝固酶阴性葡萄球菌,这与文献^[15]报道的血液透析导管定植菌和相关血流感染的主要病原体一致。这些细菌通常定植于人体表面,可能通过皮肤脱屑污染环境,并通过铺床或接触等方式传播,存在交叉感染的风险。此外,研究还检测到环境和空气中存在皮特不动杆菌和真菌等条件致病菌。因此,加强环境空气和物体表面的清洁与消毒措施,对保护免疫力低下的血液透析患者至关重要。

本研究的局限性在于采样时间段为两班次交接期,未能涵盖全天治疗高峰期。由于血液透析室的临床操作需求,采样空间和人员走动相对不独立,空气采样并非完全静态,仅对铺床周围的床单元进行了空气微生物评估,未确定铺床对更远床单元空气的影响。此外,未对患者皮肤体表进行采样,也未通过分子分型[如脉冲场琼脂糖凝胶电泳(PFGE)、多位点序列分型(MLST)]确认环境菌株与患者感染

菌株的同源性,无法证实交叉感染路径。

综上所述,铺床会影响床单元周围的空气微生物,而环境物体表面的终末消毒可以减少菌落数,提高微生物菌落数检测合格率。为了确保血液透析患者的治疗安全,必须重视治疗环境的清洁和消毒,在清场的情况下进行铺床操作,以最大程度地降低感染风险。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 许嫦娥. 血液透析室的医院感染预防与控制[J]. 心血管病防治知识, 2016(11): 157 - 159.
Xu CE. Prevention and control of healthcare-associated infection in hemodialysis room[J]. Prevention and Treatment of Cardiovascular Disease, 2016(11): 157 - 159.

[2] 王颖, 檀敏, 武向兰, 等. 血液透析机表面污染境况调查[J]. 中国血液净化, 2011, 10(1): 47 - 49.
Wang Y, Tan M, Wu XL, et al. Investigation on the surface contamination on hemodialysis machines[J]. Chinese Journal of Blood Purification, 2011, 10(1): 47 - 49.

[3] Weber DJ, Rutala WA, Miller MB, et al. Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens; norovirus, *Clostridium difficile*, and *Acinetobacter* species[J]. Am J Infect Control, 2010, 38(5 Suppl 1): S25 - S33.

[4] Fernstrom A, Goldblatt M. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases[J]. J Pathog, 2013, 2013: 493960.

[5] Pastuszka JS, Marchwinska-Wyrwal E, Wlazlo A. Bacterial aerosol in Silesian hospitals: preliminary results[J]. Pol J Environ Stud, 2005, 14(6): 883 - 890.

[6] Kim KY, Kim YS, Kim D. Distribution characteristics of air-borne bacteria and fungi in the general hospitals of Korea[J]. Ind Health, 2010, 48(2): 236 - 243.

[7] Warnke P, Pappisch VR, Frickmann H, et al. Influence of bed making on loads of airborne and surface-associated drug-resistant bacteria in patient rooms[J]. J Hosp Infect, 2023, 136: 45 - 54.

[8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 医院感染监测标准: WS/T 312—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
National Health Commission of the People's Republic of China. Standard for healthcare associated infection surveillance: WS/T 312 - 2023 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 医院消毒卫生标准: GB 15982—2012[S]. 北

京: 中国标准出版社, 2012.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Standardization Administration of the People's Republic of China. Hygienic standard for disinfection in hospitals: GB 15982 - 2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[10] Ramada DL, de Vries J, Vollenbroek J, et al. Portable, wearable and implantable artificial kidney systems: needs, opportunities and challenges[J]. Nat Rev Nephrol, 2023, 19(8): 481 - 490.

[11] 吴传芳, 姚小红, 席明霞, 等. 尿毒症合并肺结核患者血液透析过程中的医院感染管理[J]. 当代护士, 2017, 24(5): 115 - 117.
Wu CF, Yao XH, Xi MX, et al. Hospital infection management during hemodialysis in uremic patients with pulmonary tuberculosis[J]. Modern Nurse, 2017, 24(5): 115 - 117.

[12] Allegranzi B, Bagheri Nejad S, Combescure C, et al. Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and Meta-analysis[J]. Lancet, 2011, 377(9761): 228 - 241.

[13] 张颖. 预见性护理预防糖尿病肾病血液透析患者医院感染的效果观察[J]. 实用临床医药杂志, 2018, 22(6): 36 - 39.
Zhang Y. Effect of predictive nursing in prevention of noscomial infection in diabetic nephropathy patients with hemodialysis[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2018, 22(6): 36 - 39.

[14] Beggs CB, Kerr KG, Noakes CJ, et al. The ventilation of multiple-bed hospital wards: review and analysis[J]. Am J Infect Control, 2008, 36(4): 250 - 259.

[15] 彭瑾, 何敏, 张锋, 等. 慢性肾衰血液透析后感染病例流行病学、临床及微生物学特征分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(9): 1207 - 1211.
Peng J, He M, Zhang F, et al. Epidemiological, clinical, and microbiological characteristics analysis of infection cases after hemodialysis in chronic renal failure [J]. Journal of Pathogen Biology, 2025, 20(9): 1207 - 1211.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式:刘玉华, 刘思娣, 朱晓芳, 等. 血液透析室两班次之间空气及环境物体表面微生物调查与分析[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(10): 1430 - 1434. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20252535.

Cite this article as: LIU Yuhua, LIU Sidi, ZHU Xiaofang, et al. Microorganisms in air and environmental object surfaces of hemodialysis room between two shifts[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(10): 1430 - 1434. DOI: 10. 12138/j. issn. 1671 - 9638. 20252535.