DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20262913

·论著·

血液透析中心物体表面残留血含量与接触频次二维象限模型构建及分析

张彩虹[1]，章海芬[1]，班海群[2]，方妮娜[3]，姚春瑛[4]，梁　燕[5]，何吕玲[6]，丁国华[3]，吴轶华[4]，王玲玲[5]，陈　燕[6]，赵　丹[1]，刘婷婷[1]，黄　妹[2]，阎思瑾[2]，黄诗雯[2]

（1. 上海交通大学医学院附属仁济医院护理部，上海　200127；2. 上海交通大学医学院附属仁济医院感染管理办公室，上海　200127；3. 上海交通大学医学院附属仁济医院西院血透室，上海　200001；4. 上海市浦东新区浦南医院血透室，上海　200125；5. 上海市宝山区大场医院血透室，上海　201900；6. 上海市嘉定区中心医院血透室，上海　201800）

［摘　要］ **目的**　了解血液透析中心物体表面残留血含量状况，为清洁消毒优先级划分及感染控制资源配置提供数据支持。**方法**　采用表面残留血检测套装采样器进行半定量检测，构建“残留血含量－接触频次”二维象限模型，并结合热力图进行可视化分析。**结果**　共纳入 752 个采样点，残留血阳性率为 46.28%（348 个）。残留血含量以 1 μg（37.93%）和 5 μg（36.21%）为主，提示残留血含量以低至中度为主。血液透析机、透析床内部不同部位阳性率比较，差异均有统计学意义（均 $P<0.001$）。16 名护士对物体表面接触频次评分，结果一致性良好（Fleiss' kappa = 0.661，$P<0.01$）。二维象限模型分析显示，血液透析机底部、透析器固定架及透析床床栏等位于“高残留－高接触”区域，治疗车侧面、下层位于“高残留－低接触”区域，电脑键盘及治疗车上层位于“低残留－低接触”区域，血液透析机监视器正面、护理记录平板电脑背面等位于“低残留－高接触”区域。热力图结果与象限模型高度一致，进一步验证了其污染分布识别的准确性和策略指导价值。**结论**　血液透析护理环境物体表面污染具有结构性差异与隐蔽性特征，部分“低接触”区域存在较高污染风险，传统清洁策略存在覆盖盲区。通过构建“残留血含量－接触频次”二维象限模型并结合热力图分析，可实现高风险部位的精准识别与差异化清洁路径制定，推动感染控制管理向精细化转型。

［关　键　词］ 血液透析中心；物体表面；残留血含量；二维象限模型

［中图分类号］ R197.38　R473

Construction and analysis of two-dimensional quadrant model of residual blood content on object surface and contact frequency in hemodialysis centers

ZHANG Caihong[1], *ZHANG Haifen*[1], *BAN Haiqun*[2], *FANG Nina*[3], *YAO Chunying*[4], *LIANG Yan*[5], *HE Lyuling*[6], *DING Guohua*[3], *WU Yihua*[4], *WANG Lingling*[5], *CHEN Yan*[6], *ZHAO Dan*[1], *LIU Tingting*[1], *HUANG Mei*[2], *YAN Sijin*[2], *HUANG Shiwen*[2]（1. *Department of Nursing, Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai* 200127, *China*; 2. *Office of Infection Management, Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai* 200127, *China*; 3. *Hemodialysis Unit, West Branch of Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai* 200001, *China*; 4. *Hemodialysis Unit, Shanghai Punan Hospital of Pudong New District, Shanghai* 200125, *China*; 5. *Hemodialysis Unit, Dachang Hospital of Shanghai Baoshan District, Shanghai* 201900, *China*; 6. *Hemodialysis Unit, Shanghai Jiading Central Hospital, Shanghai* 201800, *China*）

［**Abstract**］ **Objective**　To understand the residual blood content on object surface in hemodialysis centers, and provide data support for prioritizing cleaning and disinfection as well as allocating infection control resources.

［收稿日期］ 2025－08－29

［基金项目］ 上海交通大学医学院附属仁济医院院感管理持续质量改进项目（RJIPC2025004）

［作者简介］ 张彩虹（1984－），女（汉族），上海市人，主管护师，主要从事血液透析医院感染预防与控制相关研究。

［通信作者］ 章海芬　E-mail：haifenzhang@163.com；黄妹　E-mail：huangmei@renji.com

Methods Semi-quantitative detection was performed using surface residual blood detection device. A two-dimensional quadrant model of "residual blood content-contact frequency" was constructed, and visualization analysis was conducted combined with heatmap. **Results** A total of 752 sampling points were included, and positive rate of residual blood was 46.28% (n = 348 points). The residual blood content was predominantly 1 μg (37.93%) and 5 μg (36.21%), indicating that the residual blood content was mainly low to moderate. The positive rates of different internal sites of hemodialysis machine and dialysis bed were compared, and differences were all statistically significant (all $P<0.001$). Sixteen nurses rated the frequency of contacting with object surface, the results showed good consistency (Fleiss' kappa = 0.661, $P<0.01$). The two-dimensional quadrant model analysis showed that the bottom of hemodialysis machine, dialyzer holder, and the bed rail of dialysis bed were in the "high-residue-high-contact" quadrant. The side panel and the lower shelf of treatment cart were in the "high-residue-low-contact" quadrant, computer keyboard and the upper shelf of treatment cart were in the "low-residue-low-contact" quadrant, the front panel of hemodialysis machine monitor and the back surface of nursing record tablet were in the "low-residue-high-contact" quadrant. The heat map findings were highly consistent with the quadrant model, which further validated the accuracy of its identification for contamination distribution and strategic guidance value. **Conclusion** Contamination of object surface in hemodialysis nursing environment exhibits structural heterogeneity and concealed characteristics, with some "low-contact" areas presenting relatively high contamination risk, indicating coverage gaps existing in traditional cleaning strategies. The combined use of two-dimensional quadrant model of "residual blood content-contact frequency" and heat map analysis enables precise identification of high-risk sites and the development of differentiated cleaning pathways, facilitating a transition toward more refined infection control management.

[**Key words**] hemodialysis center; object surface; residual blood content; two-dimensional quadrant model

血液透析中心因操作频繁且患者免疫力低下，成为感染控制的高风险区域[1-4]。环境表面作为血源性病原体传播的重要媒介，其清洁质量一直备受关注[5-6]。目前临床常用的环境表面清洁质量评估方法有菌落计数法、视觉评估法和荧光标记法等[7-10]，但这些方法分别存在操作耗时、易受主观因素干扰及覆盖范围有限等问题。血液透析中心在穿刺、连接、上下机等体外循环环节，容易发生血液渗出、滴落或喷溅，而隐性血液常被忽视，因此急需一种能快速、高效评估环境物体表面污染率的工具。本研究采用残留血检测技术结合接触频次评估，检测血液透析中心物体表面，并参考波士顿矩阵法构建"残留血含量－接触频次"二维象限模型，形成环境表面污染风险分布模型，旨在为清洁路径优化及感染控制资源配置提供理论依据与决策支持。

1 材料与方法

1.1 *研究现场的选择* 本研究采用方便抽样法，选取 5 所血液透析中心作为调查场所（编号 1～5）。各中心布局较为统一，均包含透析工作区（配备透析机及配套透析床）、医疗物资存放区和护理工作站等主要功能区域。本研究已获该院伦理委员会免除伦理审查批准，批件号为 EX-2025－003。

1.2 *接触频次等级评定* 接触频次由 5 所血液透析中心内接受统一培训的 16 名护士（包括感染监控护士、质量控制护士及护士长）进行评定。所有参与评定的护士均明确掌握中国疾病预防控制中心（CDC）《医疗机构环境感染控制指南》（2003/2019 年版）中关于"接触可能性"与"暴露频率"的风险评估原则。基于临床观察与实际操作流程，研究者自行设计问卷并通过电子问卷星平台发放，对血液透析中心内五类常见物体表面（血液透析机、治疗车、透析床、护理记录平板电脑、电脑键盘）的接触频率划分为三个等级（1 = 低频，2 = 中频，3 = 高频）。

1.3 *残留血污染检测*

1.3.1 *采样点的选择* 研究从每所血液透析中心随机选取 2 个血液透析护理区域，共 10 个区域作为调查对象。抽样工作由 2 名感染监控护士分工完成，采用抽签法确保随机性。在每个选定的护理区域内，均对五类常见高频接触物体进行标准化采样，具体点位包括：血液透析机，含 A/B 液吸液把手、机身底部、红蓝快速接头、机壳表面、监视器正面、顶部置物层、透析器固定架、血压测量袖套，共 8 个点位；透析床，含小桌板、床栏、床垫，共 3 个点位；治疗车含上层、抽屉、侧面、下层，共 4 个点位；护理记录平板电脑含正面、背面，共 2 个点位；以及电脑键盘，1 个点位。所有采样点位统一设定，以保证各中心数据可比性。采样时间为 2025 年 2 月 26 日—3 月 18 日，于每日末班透析治疗结束并完成环境清洁消

毒后统一进行。

1.3.2　*残留血检测方法*　采用表面残留血检测套装采样器(BeWE®,上海),基于血红蛋白中铁卟啉的过氧化氢酶活性与显色剂反应,实现快速定性及半定量检测[11]。采样工作由 6 名经统一培训的感染监控护士完成,其中 1 名负责全程质量控制,其余人员负责采样、污染等级判定(双人核对)及记录。采样方法依据《医院消毒卫生标准》(GB 15982—2012)[12]:取一支采样拭子,于采样前滴加 A、B 两种显色液润湿,在物体表面按纵横方向各擦拭 5 次,不规则表面采用直接涂抹方式采样。采样后静置 10 min,参照比色卡判定污染等级:阴性(无显色,记为 0),阳性结果按色阶依次记录为 1、5、10、50、100 μg,以反映不同级别的污染程度。见图 1。

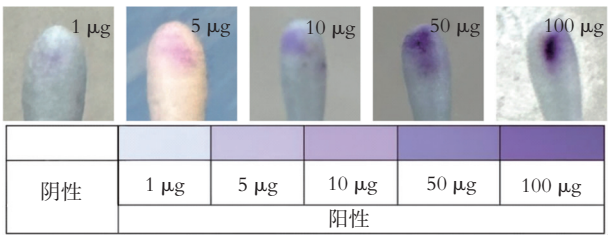


图 1　残留血含量半定量标准对比色卡

Figure 1　Semi-quantitative reference color scale for residual blood content

1.4　*热力图与二维象限模型*　通过热力图直观展示不同残留血含量等级在各采样点位的分布比例。该热力图以采样点位为列,以半定量残留血含量等级(1、5、10、50、100 μg)为行构建数据矩阵,矩阵中各数值代表相应含量等级在该点位的相对比例。颜色梯度从浅到深表示污染含量由低到高。

波士顿矩阵于 1970 年提出,最初用于企业战略分析[13]。近年来该方法被引入医院管理领域,通过双变量构建的象限结构辅助优化资源配置[14-15]。该模型不仅适用于医院业务发展,还可应用于临床风险管理,如导管非计划拔管的风险管理[16-18]。本研究借鉴波士顿矩阵分析法,结合血液透析中心物体表面污染特点,以"残留血含量"为纵轴、"接触频次"为横轴,构建用于识别清洁优先级的二维象限模型。为量化残留血含量,本研究依据半定量血检测结果将污染程度划分为五个等级(1、5、10、50、100 μg),用以表征由低至高的残留血污染等级。设第 i 个污染等级的样本数为 n_i,总样本数为 n,则该等级在全部监测样本中的相对频率定义为:$p_i = \frac{n_i}{n}$,且满足

$$\sum_{i=1}^{k} p_i = 1$$

综合污染指标采用加权平均法进行计算,其计算公式如下。

$$Index = \sum_{i=1}^{k} p_i c_i$$

其中,p_i 表示第 i 个污染等级所占比例(权重),c_i 表示第 i 个污染等级对应的含量代表值(μg),k 为污染等级总数(本研究中 k = 5)。该指标为含量分布的加权平均值,可通过各等级比例与其对应含量值的乘积求和,综合反映监测点位的残留血污染负荷。加权平均法在医疗质量指标整合及污染暴露评价等领域已有广泛应用[19-20]。

接触频次由 16 名护士根据临床观察和标准化操作流程,评估物体表面的触碰概率与暴露强度,并划分为三个等级:1 = 低频,2 = 中频,3 = 高频,作为象限图横轴的量化指标。以各点位的加权污染指标(残留血含量)为纵轴,接触频次等级为横轴绘制散点图,每个散点代表一个监测点位。以两变量的中位数作为象限划分阈值,将散点图划分为四个风险管理象限:第Ⅰ象限(高残留 - 高接触区)、第Ⅱ象限(高残留 - 低接触区)、第Ⅲ象限(低残留 - 低接触区)和第Ⅳ象限(低残留 - 高接触区)。图中仅显示阳性点位,不包含阴性点位,以便聚焦污染特征。见图 2。

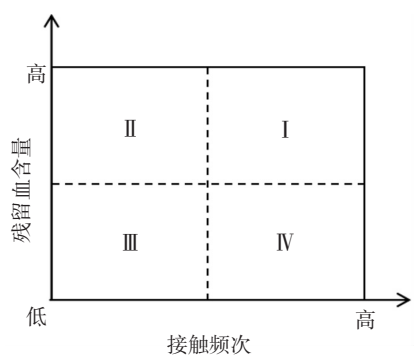


图 2　残留血含量 - 接触频次的二维象限

Figure 2　Two-dimensional quadrant plot of "residual blood content-contact frequency"

1.5　*统计分析*　应用 SPSS 30.0 软件进行统计分析。计数资料以个数(百分比)[*n*(%)]表示。率的比较采用 Pearson χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。残留血半定量结果采用 *Kruskal-Wallis H* 检验或 *Mann-Whitney U* 检验,多组间两两比较采用 *Bonferroni* 法。接触频次的一致性评估采用 Fleiss' kappa 系数。$P \leqslant 0.05$ 表示差异具有统计学意义。数据可视化使用 OriginPro 2025 软件完成。

2　结果

2.1　血液透析中心的基本概况　5 所血液透析中心均采用消毒湿巾对物体表面进行清洁，但所使用的湿巾配方、工作人员配置以及透析班次等方面存在差异。见表 1。

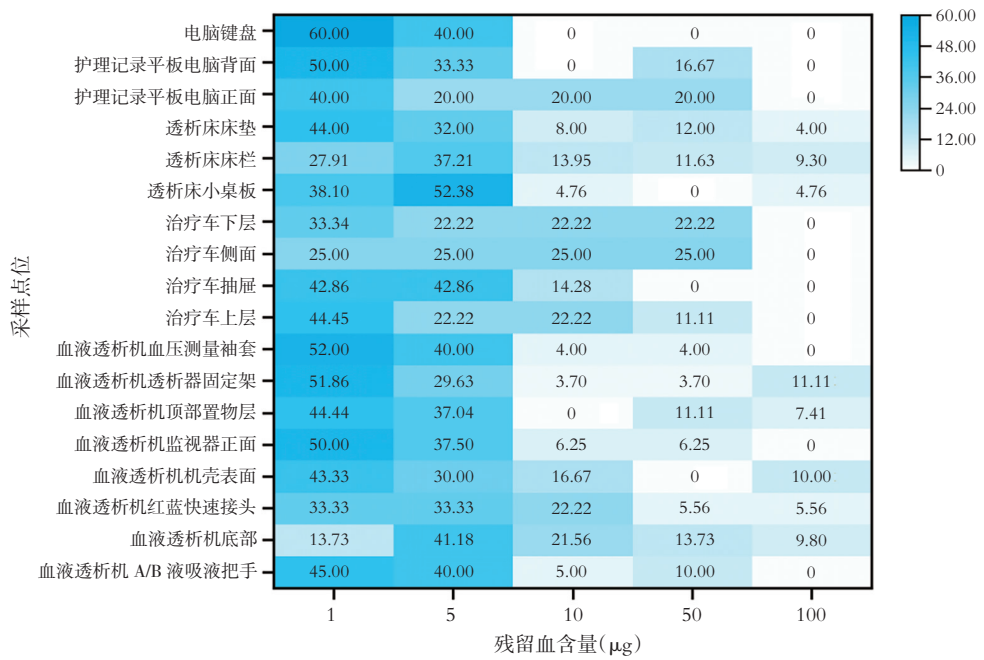
表 1　5 所血液透析中心的基本概况

Table 1　Basic condition of 5 hemodialysis centers

血液透析中心编号	透析单元数量(个)	透析班次	配备护理人员人数(名)	配备保洁人员人数(名)	物体表面清洁消毒湿巾配方
1	60	周一、三、五为 3 班次，周二、四、六为 2 班次	18	3	2.0～2.4 g/L 季铵盐
2	45	周一～周六均为 2 班次	16	2	1.8～2.2 g/L 复合双链季铵盐
3	40	周一～周六，除周三 2 班次外，其余均为 3 班次	19	2	0.18%～0.22%复合双链季铵盐 + 45.00%～55.00%乙醇
4	32	周一、三、五为 3 班次，周二、四、六为 2 班次	18	4	1%过氧化氢
5	60	周一、三、五为 3 班次，周二、四、六为 2 班次	33	6	2.2～2.8 g/L 复合双链季铵盐 + 15%～19%异丙醇

2.2　接触频次等级评定　16 名评定者一致将血液透析机与护理记录平板电脑评为高接触频次物体表面；透析床中 93.75% 的评分属于高接触频次，6.25%为中等频次；治疗车被评为中等频次，电脑键盘则普遍被判定为低频接触表面。通过 Fleiss' kappa 检验评估评分者间一致性，结果显示 kappa 系数为 0.661（$P<0.01$），表明在物体表面接触频次评定上具有较高一致性，为“残留血含量－接触频次”二维象限模型的构建提供了可靠依据。

2.3　残留血污染阳性概况　残留血检测覆盖了 752 个采样点位，总体阳性率为 46.28%（348 个）。在阳性标本中，残留血含量主要分布在 1 μg 和 5 μg，占比分别为 37.93%（132 个）、36.21%（126 个），10、50、100 μg 含量的占比分别为 11.49%（40 个）、8.62%（30 个）、5.75%（20 个）。分析血透机各个部位的污染情况显示，血透机底部污染率最高；透析床各个部位的污染情况中，床栏污染率最高。热力图展示了 18 个采样点位残留血含量构成比的分布情况，见图 3。



注：图中数值为各采样点位残留血含量的构成比（%）。

图 3　血液透析中心物体表面残留血含量分布热力图

Figure 3　Heatmap of residual blood content distribution on object surface in hemodialysis centers

血液透析机和透析床内部不同点位间的阳性率比较，差异均有统计学意义（χ^2 值分别为 55.20、17.75，均 $P<0.001$）。而样本量较小的治疗车和护理记录平板电脑内部不同点位间的阳性率比较，差异均无统计学意义（均 $P>0.05$）。电脑键盘因仅有一个采样点，未进行统计学检验。采用非参数秩和检验比较同一物体不同采样点位的半定量污染等级：血液透析机不同点位污染分布差异有统计学意义（$H=23.91$，$P=0.001$）；透析床、治疗车、护理记录平板电脑差异均无统计学意义（均 $P>0.05$）。见表 2。

表 2　血液透析中心物体表面残留血检测结果

Table 2　Detection results of residual blood on object surfaces in hemodialysis centers

采样点位	残留血阳性份数	阳性率（%）	χ^2	P	残留血含量分布[份（%）]					H/Z	P
					1 μg	5 μg	10 μg	50 μg	100 μg		
血液透析机（$n=62$）			55.20	<0.001						23.91	0.001
AB 液吸液把手	20	32.26			9(45.00)	8(40.00)	1(5.00)	2(10.00)	0(0)		
底部	51	82.26			7(13.73)	21(41.18)	11(21.56)	7(13.73)	5(9.80)		
红蓝快速接头	18	29.03			6(33.33)	6(33.33)	4(22.22)	1(5.56)	1(5.56)		
机壳表面	30	48.39			13(43.33)	9(30.00)	5(16.67)	0(0)	3(10.00)		
监视器正面	16	25.81			8(50.00)	6(37.50)	1(6.25)	1(6.25)	0(0)		
顶部置物层	27	43.55			12(44.44)	10(37.04)	0(0)	3(11.11)	2(7.41)		
透析器固定架	27	43.55			14(51.86)	8(29.63)	1(3.70)	1(3.70)	3(11.11)		
血压测量袖套	25	40.32			13(52.00)	10(40.00)	1(4.00)	1(4.00)	0(0)		
治疗车（$n=10$）			/	0.064*						1.62	0.655
上层	9	90.00			4(44.45)	2(22.22)	2(22.22)	1(11.11)	0(0)		
抽屉	7	70.00			3(42.86)	3(42.86)	1(14.28)	0(0)	0(0)		
侧面	4	40.00			1(25.00)	1(25.00)	1(25.00)	1(25.00)	0(0)		
下层	9	90.00			3(33.34)	2(22.22)	2(22.22)	2(22.22)	0(0)		
透析床（$n=62$）			17.75	<0.001						3.43	0.180
小桌板	21	33.87			8(38.10)	11(52.38)	1(4.76)	0(0)	1(4.76)		
床栏	43	69.35			12(27.91)	16(37.21)	6(13.95)	5(11.63)	4(9.30)		
床垫	25	40.32			11(44.00)	8(32.00)	2(8.00)	3(12.00)	1(4.00)		
护理记录平板电脑（$n=10$）			/	1.000*						−0.49	0.314
正面	5	50.00			2(40.00)	1(20.00)	1(20.00)	1(20.00)	0(0)		
背面	6	60.00			3(50.00)	2(33.33)	0(0)	1(16.67)	0(0)		
电脑键盘（$n=10$）	5	50.00	/	/	3(60.00)	2(40.00)	0(0)	0(0)	0(0)	/	/

注：* 表示采用 Fisher 确切概率法，/表示不适用。

2.4　二维象限模型解读　根据二维象限模型，以残留血含量（加权污染指标）中位数 11.533 为纵轴界值，接触频次中位数 2.667 为横轴界值，将区域划分为四个象限。结果显示：血液透析中心物体表面残留血主要集中在“高残留－高接触”区域，包括血液透析机底部及透析床床垫等。其次，“低残留－高接触”区域的点位也存在一定污染风险，主要涉及护理记录平板电脑背面、血液透析机监视器正面、血压测量袖套等。“高残留－低接触”区域的点位为治疗车侧面及下层。“低残留－低接触”区域的点位包括电脑键盘及治疗车上层。见图 4。

2.5　不同消毒湿巾配方处理后接触表面残留血阳性率情况　不同配方消毒湿巾对血液透析中心物体表面清洁消毒后的残留血阳性率比较，差异存在统计学意义（$\chi^2=26.63$，$P<0.001$）。见表 3。

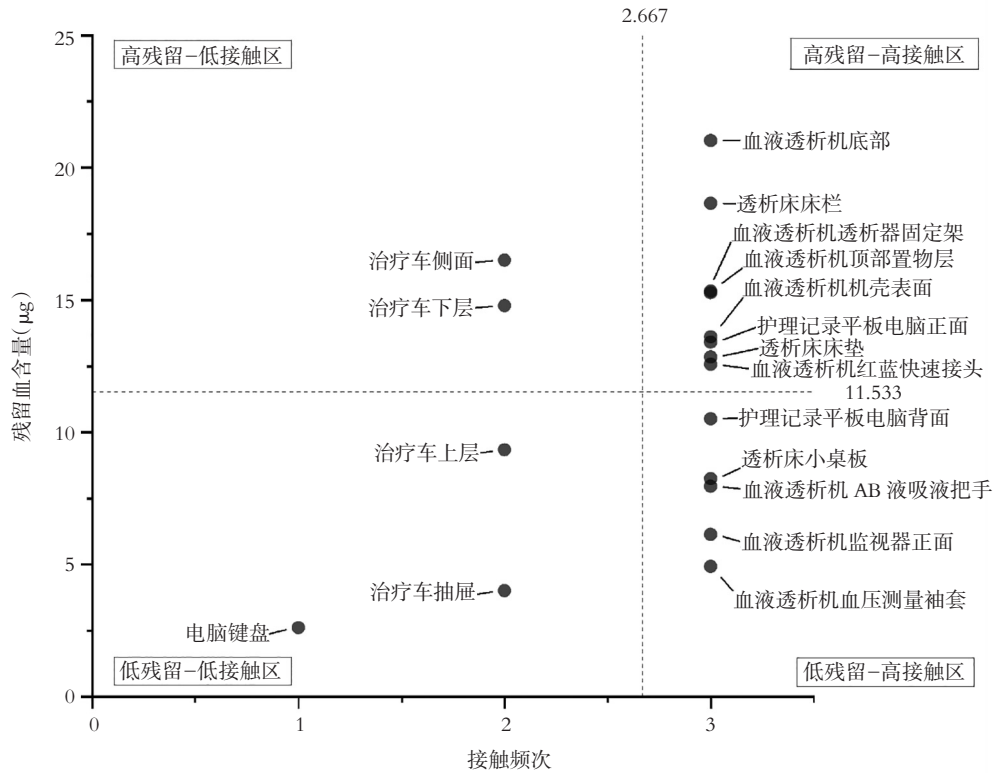


图 4　血液透析中心物体表面残留血含量－接触频次二维象限模型

Figure 4　Two-dimensional quadrant model of "residual blood content-contact frequency" of object surface in hemodialysis centers

表 3　不同消毒湿巾配方处理后接触表面残留血阳性情况

Table 3　Positive residual blood on contact object surface after treated by disinfectant wipes of different formulations

消毒湿巾配方	检测份数	阳性份数	阳性率(%)
2.0～2.4 g/L 季铵盐	168	89	52.98
1.8～2.2 g/L 复合双链季铵盐	146	65	44.52
0.18～0.22%复合双链季铵盐＋45%～55%乙醇	146	88	60.27
1%过氧化氢	146	55	37.67
2.2～2.8 g/L 复合双链季铵盐＋15%～19%异丙醇	146	51	34.93

3　讨论

3.1　*血液透析护理环境表面残留血污染现状及其临床风险*　本次调查结果显示，血液透析中心物体表面总体残留血阳性率为 46.28%，表明在现有清洁消毒制度下，环境中仍存在一定"隐匿性"血液污染风险。该结果与既往研究[21-22]相符，提示在日常高频操作与复杂工作流程中，部分无明显可见迹象的污染可能被遗漏。本研究中，残留血含量以 1 μg（37.93%）和 5 μg（36.21%）为主，高含量（50 μg 和 100 μg）占比较低（分别为 8.62%、5.75%），且多数不易通过肉眼识别。此外，研究发现残留血在同一物体不同部位的分布存在显著差异。其中，血液透析机底部阳性率最高（82.26%）高于机壳表面（48.39%）和红蓝快速接头（29.03%）等区域（$P<0.001$），可能与底部位置隐蔽、易被清洁忽视有关。透析床床栏阳性率为 69.35%，高于床垫（40.32%）和小桌板（33.87%）（$P<0.001$）。床栏常用于血液透析管路的辅助固定，且邻近血液透析机，这些因素可能增加其污染风险。

治疗车上层与下层阳性率均为 90.00%，高于抽屉（70.00%）和侧面（40.00%），提示污染主要集中在物品直接放置或手频繁触碰的水平操作面。护理记录平板电脑整体阳性率为 55.00%，表明移动信息设备可能成为病原载体。电脑键盘阳性率为 50.00%，因其结构缝隙多、清洁难度大，也是潜在的污染风险点。Li 等[23]研究指出，高侵入性操作可导致手套表面隐性血液污染率达 60.13%；Jinadatha 等[24]在 400 个常规消毒后的物体表面检出 60 种致病菌；李欢等[25]研究发现，即使使用含复方双链季铵盐（1.85±0.185）g/L 的消毒湿巾处理后，手套表

面残留血污染检出率仍达 15.38%。此外，其他研究[22,26]也表明，部分外观清洁的表面仍可检出血红蛋白、乙型肝炎病毒（HBV）或丙型肝炎病毒（HCV），提示病原体可能在无视觉提示的污染表面持续存在并传播。透析机各点位残留血含量等级分布不一致（$P=0.001$），提示同一设备内存在显著的“高污染点位”，应列为优先干预目标。治疗车与透析床的残留血含量分布相近（均 $P>0.05$），建议对这两类物体表面采取常规全面清洁。护理记录平板电脑正反面污染程度差异无统计学意义（$P=0.314$），提示两面污染水平相近。由于治疗车与平板电脑部分分组的样本量较小，上述“无差异”结论仅为当前数据所示，仍需扩大样本量进行前瞻性研究验证。

3.2 基于“残留血含量－接触频次”二维象限模型的污染识别与差异化清洁消毒策略 本研究构建了“残留血含量－接触频次”二维象限模型，用于物体表面结构化风险分类。分析显示，位于“高残留－高接触”区域的部位，如血液透析机底部和床垫等，在血液透析患者连续治疗过程中，易形成“污染残留—操作接触—交叉传播”的风险循环。若日常过程消毒不充分或终末消毒未严格遵循产品规定的接触时间，污染物将持续累积，并通过高频接触增加血源性病原体的传播风险[7,27]。因此，“高残留－高接触”区域应作为清洁与终末消毒的重点目标，纳入质量控制核心要点，确保消毒覆盖面积与接触时间符合规范，并建立基于残留血检测阳性率的量化评估与反馈机制；同时，应明确规定医护人员在此类高风险区域操作前后必须执行手卫生或更换手套，以切断以手/手套为媒介的交叉污染链[23]。

位于“高残留－低接触”区域的部位，如治疗车侧面及下层，其污染通常并非直接来自患者接触，而是反映了操作中间接污染传播及环境清洁存在的结构性疏漏。若在关键操作前未及时更换手套或执行手卫生，可能导致污染扩散至低接触表面；若清洁消毒覆盖面不足，也可能残留较多微生物[28]。此外，治疗车等储物设备的污染提示其物品存放方式可能存在“洁污交叉”的风险。若在执行关键操作（如取用无菌物品）前未及时更换手套或执行手卫生，可能导致污染扩散至低接触表面。因此，应强化洁污分区与存放管理，对治疗车等储物设备采取封闭摆放，减少“洁污交叉”污染。在“接触患者后/接触清洁物品前”等关键节点，必须进行手卫生或更换手套，以阻断手/手套介导的交叉污染。关于治疗车在象限中的定位，本研究前期由护士团队依据标准化操作流程对其接触频次进行了评估，初步判定为“中频”接触表面。但在实际象限划分中，由于模型以接触频次的中位数作为高低分界阈值，且血液透析中心治疗车的实际接触频次低于一般科室（穿刺操作多依赖独立穿刺包完成），故最终被归类于“低接触”象限。

位于“低残留－高接触”区域的部位，如护理记录平板电脑背面、血液透析机监视器正面、血压测量袖套等，应增加消毒频率，加强人员教育并定期抽样检测。研究[29]指出，尽管医护人员具备感染防控知识，但在清洁执行上仍存在差异，需通过持续培训与监督提升操作一致性。对于“低残留－低接触”区域的部位，如治疗车抽屉及电脑键盘等，其污染水平主要受表面材质与清洁难度影响[30]，而非接触频率。设备本身的设计结构（如抽屉的轨道与电脑键盘缝隙）增加了清洁难度，易造成污染物积聚。对于受表面材质与清洁难度影响的物体表面，可考虑使用移动式紫外线消毒器或过氧化氢雾化/喷雾作为终末消毒的补充措施[31-33]，同时采取周期性清洁消毒与抽样检测。热力图分析显示，污染呈现“部位聚集性”分布特征，主要集中于操作死角与结构缝隙，如透析机底部、床栏等部位。该结果与二维象限模型结果高度一致，验证了模型的实用性，也提示传统的以“物品类型”为单位的感染防控策略可能难以全面覆盖所有污染风险点。

3.3 传统高频接触表面风险再识别 既往对“高频接触表面”的定义多基于临床经验和常规操作流程，主要集中在患者周围区域，如床栏、治疗台及监护设备等，为早期感染防控奠定了基础框架。然而，随着护理工作信息化的发展，平板电脑等电子记录设备在临床操作中的接触频率不断增加，却常被清洁流程忽视，形成潜在盲区。研究[34]显示，93.4%的平板电脑和 94.3%的保护壳检出革兰阳性菌，21%的平板电脑及屏幕检出革兰阴性菌。本研究中，护理记录平板电脑的污染率较高，其中最高污染含量达 50 μg。即使在三级医院环境中，仍有 11%的平板电脑标本检出金黄色葡萄球菌[35]，表明新型信息操作设备可能已成为致病菌传播的重要载体。

3.4 不同配方消毒湿巾与残留血污染阳性率的探索性分析 为初步探讨不同消毒湿巾配方与物体表面残留血污染的潜在关联，本研究根据 5 所血液透析中心实际使用的消毒湿巾成分进行分组比较，具体分为季铵盐类、复合双链季铵盐类、过氧化氢类，

以及复合双链季铵盐分别与乙醇或异丙醇的复配类。结果显示，不同消毒湿巾对血液透析中心物体表面清洁消毒后残留血污染阳性率比较，差异具有统计学意义（$P<0.001$）。各组阳性率从高到低依次为：复合双链季铵盐 + 乙醇组（60.27%）、季铵盐组（52.98%）、复合双链季铵盐组（44.52%）、过氧化氢组（37.67%）及复合双链季铵盐 + 异丙醇组（34.93%）。该结果提示消毒湿巾配方可能与物体表面残留血污染的检出率存在一定关联。但由于各中心使用的消毒湿巾配方与其人员、流程等固有因素紧密相关，因此，上述发现仅为初步描述性结果，不能确立配方与污染之间的因果关系，其临床意义有待进一步验证。

综上所述，在血液透析护理环境中，物体表面污染具有隐蔽性，残留血检测法能有效识别污染部位、污染程度及污染率。通过“残留血含量 - 接触频次”二维象限模型分析显示，污染不仅存在于传统意义上的“高频接触”区域，部分“低接触”部位也存在较高含量的残留血。此外，新型信息操作设备的污染常被忽视，需引起血液透析中心护理人员的重点关注。本研究实现了对血液透析环境物体表面污染程度的精准识别，为优化清洁策略，推动清洁消毒工作向精细化转型提供了参考。本研究的局限性在于仅纳入 5 所血液透析中心，区域代表性有限；同时，物体表面接触频次的评估易受主观因素影响。后续建议结合人工观察、流程分析及视频追踪等多种方法，以获取更客观的数据。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Karkar A, Bouhaha BM, Dammang ML. Infection control in hemodialysis units: a quick access to essential elements[J]. Saudi J Kidney Dis Transpl, 2014, 25(3): 496 - 519.

[2] Jadoul M, Labriola L, Gordon CE. HCV can and should be eliminated from dialysis units[J]. Am J Kidney Dis, 2021, 78(4): 487 - 488.

[3] Elamin S, Abu-Aisha H. Prevention of hepatitis B virus and hepatitis C virus transmission in hemodialysis centers: review of current international recommendations[J]. Arab J Nephrol Transplant, 2011, 4: 35 - 47.

[4] 国家卫生健康委员会. 关于江苏省东台市人民医院发生血液透析患者感染丙肝事件有关情况的通报[EB/OL]. (2019 - 06 - 18)[2025 - 01 - 10]. https://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/201906/dd47f6aad261493f9237fe3a6efe30fa.shtml.
National Health Commission of the People's Republic of China. Notification on the hepatitis C infection incident among hemodialysis patients at Dongtai People's Hospital, Jiangsu Province[EB/OL]. (2019 - 06 - 18)[2025 - 01 - 10]. https://www.nhc.gov.cn/wjw/c100175/201906/dd47f6aad261493f9237fe3a6efe30fa.shtml.

[5] Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities[J]. MMWR Recomm Rep, 2003, 52(RR - 10): 1 - 42.

[6] Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology. Guide to environment of care: environmental cleaning[M]. Arlington, VA: APIC, 2023.

[7] 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 surfaces in healthcare settings: WS/T 512 - 2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.

[8] Doll M, Stevens M, Bearman G. Environmental cleaning and disinfection of patient areas[J]. Int J Infect Dis, 2018, 67: 52 - 57.

[9] 赵洪武，高喆. 荧光标记法在感染高风险部门物体表面清洁效果评价的应用[J]. 护理学杂志，2017，32(17)：13 - 14，24.
Zhao HW, Gao Z. Application of fluorescent marker method in evaluating surface cleaning effectiveness in high-risk infection departments[J]. Journal of Nursing Science, 2017, 32(17): 13 - 14, 24.

[10] 周翠云，朱明月，闫东辉，等. 医院中心透析室物体表面清洁效果不同评价方法的探讨[J]. 临床和实验医学杂志，2016，15(2)：179 - 181.
Zhou CY, Zhu MY, Yan DH, et al. Discussion on different evaluation methods for surface cleaning effectiveness in hospital central dialysis rooms [J]. Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2016, 15(2): 179 - 181.

[11] Ding JY, Huang M, Shen YD, et al. Contamination and control of environmental surfaces and personal protective equipment in dental clinics: a multi-centre study [J]. Journal of Hospital Infection, 2025, 161: 44 - 51.

[12] 中华人民共和国卫生部. 医院消毒卫生标准：GB 15982—2012[S]. 北京：中国标准出版社，2012.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Hygienic standard for disinfection in hospitals: GB 15982 - 2012 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.

[13] Henderson BD. The product portfolio[EB/OL]. [2025 - 07 - 30]. https://www.bcg.com/publications/1970/product-portfolio.

[14] Tao ZQ, Shi AM. Application of Boston matrix combined with SWOT analysis on operational development and evaluations of hospital development[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2016, 20(10): 2131 - 2139.

[15] 刘菲,王晓岩,梁艳超,等.基于 TOPSIS 法和波士顿矩阵的医院神经专科能力评估研究[J].中国卒中杂志,2024,19(08):880-887.
Liu F, Wang XY, Liang YC, et al. Evaluation of neurology department capacity in hospitals based on the TOPSIS method and BCG matrix [J]. Chinese Journal of Stroke, 2024, 19(08): 880-887.

[16] 张一枝,吴卫军,刘慧,等.波士顿矩阵在医院运营分析中的应用[J].解放军医院管理杂志,2019,26(9):861-864.
Zhang YZ, Wu WJ, Liu H, et al. Application of the BCG matrix in hospital operation analysis [J]. Journal of PLA Hospital Management, 2019, 26(9): 861-864.

[17] 蔡进,谭剑,康静.基于波士顿矩阵的公立医院科室业务发展战略研究[J].医学与社会,2019,32(5):47-51.
Cai J, Tan J, Kang J. Strategic study on departmental business development in public hospitals based on the BCG matrix [J]. Medicine and Society, 2019, 32(5): 47-51.

[18] 彭湘群,徐晓平,禹球,等.二维象限法在非计划拔管风险管理中的运用[J].护理学杂志,2014,29(20):7-9.
Peng XQ, Xu XP, Yu Q, et al. Application of the two-dimensional quadrant method in risk management of unplanned extubation [J]. Journal of Nursing Science, 2014, 29(20): 7-9.

[19] DiDiodato G. An alternative methodology for interpretation and reporting of hand hygiene compliance data[J]. Am J Infect Control, 2012, 40(4): 332-335.

[20] Wu Y, Song G. The impact of activity-based mobility pattern on assessing fine-grained traffic-induced air pollution exposure [J]. Int J Environ Res Public Health, 2019, 16(18): 3291-3301.

[21] Nguyen DB, Gutowski J, Ghiselli M, et al. A large outbreak of hepatitis C virus infections in a hemodialysis clinic[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2016, 37: 125-133.

[22] Girou E, Chevaliez S, Challine D, et al. Determinant roles of environmental contamination and noncompliance with standard precautions in the risk of hepatitis C virus transmission in a hemodialysis unit[J]. Clin Infect Dis, 2008, 47: 627-633.

[23] Li L, Ni K, Du X, et al. Assessment of the invisible blood contamination on nurses' gloved hands during vascular access procedures in a hemodialysis unit[J]. Am J Infect Control, 2022, 50(6): 712-713.

[24] Jinadatha C, Navarathna T, Negron-Diaz J, et al. Understanding the significance of microbiota recovered from healthcare surfaces[J]. Am J Infect Control, 2024, 52(2): 220-224.

[25] 李欢,闻智,周丽丽,等.采血室护士连续多次采血手卫生策略[J].中华医院感染学杂志,2024,34(18):2838-2842.
Li H, Wen Z, Zhou LL, et al. Hand hygiene strategies for nurses performing consecutive blood collections in phlebotomy rooms [J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2024, 34(18): 2838-2842.

[26] Soi V, Soman S. Preventing hepatitis B in the dialysis unit[J]. Adv Chronic Kidney Dis, 2019, 26(3): 179-184.

[27] Centers for Disease Control and Prevention. Environmental cleaning procedures[EB/OL]. (2022-08-22)[2025-07-29]. https://www.cdc.gov/healthcare-associated-infections/hcp/cleaning-global/procedures.html.

[28] Okafor SA, Ifeanyi AA, Okeke AC, et al. Comparative microbial assessment of high and low contact surfaces in selected hospitals in Awka metropolis, Anambra State, Nigeria[J]. Adv Microbiol, 2022, 12(5): 313-327.

[29] El-Megharbel N, El-Megharbel NA, Eltokhy HM. Assessment of a dialysis unit compliance with the guidelines for environmental infection control procedures in one of the biggest health insurance hospitals in Egypt[J]. J Adv Microbiol Res, 2024, 32(1): 45-53.

[30] Brigando G, Gradisar I, Floyd C, et al. Assessing the surface microbiome of a public rehabilitation clinic during the COVID-19 pandemic[J]. PLoS One, 2023, 18(2): e0280650.

[31] 中国卫生监督协会.移动式紫外线消毒器卫生要求:T/WSJD 62—2024[S].北京:中国卫生监督协会,2024.
China Health Supervision Association. Hygienic requirements for mobile ultraviolet disinfectors: T/WSJD 62-2024[S]. Beijing: China Health Supervision Association, 2024.

[32] 中华人民共和国卫生部.医疗机构消毒技术规范:WS/T 367—2012[S].北京:中华人民共和国卫生部,2012.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Regulation of disinfection technique in healthcare settings: WS/T 367-2012[S]. Beijing: Ministry of Health of the People's Republic of China, 2012.

[33] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.过氧化物类消毒液卫生要求:GB/T 26371—2020[S].北京:国家市场监督管理总局/国家标准化管理委员会,2020.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China. Hygienic requirements for peroxide disinfectants: GB/T 26371-2020[S]. Beijing: State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China, 2020.

[34] Khan A, Rao A, Reyes-Sacin C, et al. Use of portable electronic devices in a hospital setting and their potential for bacterial colonization[J]. Am J Infect Control, 2015, 43(3): 286-288.

[35] Frey PM, Marti GR, Droz S, et al. Bacterial colonization of handheld devices in a tertiary care setting:a hygiene intervention study[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2019, 8: 97.

(本文编辑:文细毛、左双燕)

本文引用格式:张彩虹,章海芬,班海群,等.血液透析中心物体表面残留血含量与接触频次二维象限模型构建及分析[J].中国感染控制杂志,2026,25(3):363-371. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20262913.

Cite this article as: ZHANG Caihong, ZHANG Haifen, BAN Haiqun, et al. Construction and analysis of two-dimensional quadrant model of residual blood content on object surface and contact frequency in hemodialysis centers[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(3): 363-371. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20262913.