DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20263408

·论著·

基于 HFMEA 的术前专岗管理模式在手术部位感染防控中的应用效果

戴荣兄[1],李占结[2],闫振龙[1],刘　娟[2],许　晔[1],冯建萍[1]
(南京医科大学第一附属医院 1. 麻醉与围术期医学科;2. 感染管理科,江苏 南京　210029)

[摘　要]　**目的**　探讨基于医疗失效模式与效应分析(HFMEA)设立术前静脉输液与体温管理专岗(以下简称专岗管理)对手术部位感染(SSI)的防控效果。**方法**　采用风险优先指数(RPN)与措施优先级(AP)相结合的方式,基于 HFMEA 法识别围术期患者 SSI 的高风险失效模式。采用历史对照设计,以 2023 年 1 月 1 日—12 月 31 日在南京医科大学第一附属医院接受择期手术并实施常规围术期流程的患者作为对照组,2024 年 1 月 1 日—12 月 31 日接受择期手术的患者纳入干预组,干预组实施以设立专岗管理为核心的结构化新流程,比较干预前后患者的 SSI 发病率、围术期低体温发生率、预防性抗菌药物术前 0.5 ～1 h 给药时间正确率及接台手术间隔时间;干预结束后,对高风险失效模式进行再次评估,以评价该模式实施效果。**结果**　共识别出 6 个 RPN≥125 的高风险失效模式,其中 3 个失效模式 AP 分级为高优先级,3 个为中优先级。实施专岗管理模式后,干预组患者各项指标均较对照组改善:SSI 发病率由 0.72%降至 0.48%($P=0.006$),围术期低体温发生率由 3.61%降至 1.19%($P<0.001$),预防性抗菌药物给药时间正确率由 35.88%提升至 94.52%($P<0.001$),接台手术间隔时间由(50.04±25.48)min 缩短至(45.64±16.57)min($P<0.001$)。再次评估显示,6 个失效模式 RPN 值均<125,AP 分级均降至低优先级。**结论**　HFMEA 能够有效识别围术期患者 SSI 的高风险失效模式。在此基础上设立术前专岗管理,通过抗菌药物集中精准给药联合主动体温管理,能显著降低 SSI 与围术期低体温风险。

[关　键　词]　手术部位感染;抗菌药物预防;体温管理;围术期护理;医疗失效模式与效应分析
[中图分类号]　R181.3+2

Effectiveness of the preoperative dedicated-role management model based on HFMEA in the prevention and control of surgical site infections

DAI Rongxiong[1], *LI Zhanjie*[2], *YAN Zhenlong*[1], *LIU Juan*[2], *XU Ye*[1], *FENG Jianping*[1]
(1. *Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine*; 2. *Department of Infection Management*, *The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University*, *Nanjing* 210029, *China*)

[**Abstract**]　**Objective**　To explore the effect of preoperative dedicated role for intravenous infusion and temperature management (hereinafter referred to as dedicated-role management) on the prevention and control of surgical site infection (SSI) based on healthcare failure mode and effect analysis (HFMEA). **Methods**　The risk priority number (RPN) and action priority (AP) were combined to identify high-risk failure modes for SSI in perioperative patients based on HFMEA. A historical control design was adopted. Patients who underwent elective surgery and received routine perioperative management at the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University from January 1 to December 31, 2023 were included in the control group, while patients who underwent elective surgery from January 1 to December 31, 2024 were included in the intervention group. The intervention group received a structured new process centered on dedicated-role management. The SSI incidence, perioperative hypothermia incidence, correct rate of prophylactic antimicrobial administration 0.5 h－1 h before surgery, and interval between consecutive surgeries were compared between the two groups. After the intervention, the high-risk failure modes were reassessed to evaluate the effectiveness of this management model. **Results**　A total of 6 high-risk failure modes with RPN≥125 were identified, of which 3 were classified as high priority and 3 as medium priority according to AP. After the implementation of dedicated-role management, all indicators in the intervention group improved compared

[收稿日期]　2026－06－05
[基金项目]　中华预防医学会医院感染学科发展青年人才托举项目(CPMA-HAIC-2024012900108);江苏省医院协会医院管理创新研究课题(JSYGY-3-2023-559)
[作者简介]　戴荣兄(1977－),女(汉族),江苏省盐城市人,副主任护师,主要从事手术室护理管理研究。
[通信作者]　冯建萍　E-mail:jpfengyx@aliyun.com

with those in the control group: the incidence of SSI decreased from 0.72% to 0.48% ($P=0.006$), the incidence of perioperative hypothermia decreased from 3.61% to 1.19% ($P<0.001$), and the correct rate of prophylactic antibiotic administration increased from 35.88% to 94.52% ($P<0.001$). The interval between consecutive surgeries decreased from (50.04±25.48) min to (45.64±16.57) min ($P<0.001$). Reassessment showed that the RPN values of all 6 failure modes were <125 and their AP classifications were all reduced to low priority. **Conclusion** HFMEA can effectively identify high-risk failure modes for SSI in perioperative patients. On this basis, establishing preoperative dedicated-role management, through centralized and precise administration of antimicrobial agents combined with active temperature management, can significantly reduce the risk of SSI and perioperative hypothermia.

[**Key words**] surgical site infection; antimicrobial prophylaxis; temperature management; perioperative nursing; healthcare failure mode and effect analysis

手术部位感染(surgical site infection, SSI)是指无植入物手术后 30 d 内或有植入物手术后 90 d 内发生于手术切口处或附近的感染[1],SSI 是最常见的医院获得性感染之一,可显著延长患者住院时间、增加医疗费用及死亡风险,是围术期质量管理的核心挑战[2]。研究[3]表明,全球患者 SSI 发病率约为 2.5%。为实现对 SSI 的有效防控,国内外学者已形成共识,主张建立基于循证医学证据、贯穿围术期全程的集束化预防策略。该策略覆盖术前、术中及术后 3 个阶段,整合了肠道准备、预防性应用抗菌药物、围术期体温管理与血糖控制等多个关键环节[4-7]。然而,将此系统性策略转化为具体、可推广的常规临床实践仍面临普遍挑战。传统管理模式的结构性缺陷在于:关键感染防控任务被分散嵌入以手术间和麻醉诱导为中心的高负荷、快节奏流程中,过度依赖个体执行,导致流程呈碎片化,整体依从性不高,使感染防控任务在差异化临床情境中难以落实。2024 年,国家卫生健康委启动"夯实围术期感染防控,保障手术质量安全"专项行动,为围术期感染防控流程优化提供了明确导向[8-9]。在此背景下,如何构建既能融入国家战略,又能切实落地并有效整合多部门资源的防控模式,成为关键课题。

基于此,本研究运用医疗失效模式与效应分析(healthcare failure mode and effect analysis, HFMEA)工具[10],识别围术期流程中的高风险失效模式,设计并实施"术前静脉输液与体温管理专岗"(以下简称专岗管理)这一结构性干预策略。该策略旨在将关键感染防控环节前移并整合至专门受控节点,并评估该策略在实现抗菌药物精准给药与体温管理前移、最终降低 SSI 发病率方面的效果,从而为构建高可靠性围术期感染防控体系提供新的范式与实证依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究为单中心、基于 HFMEA 的围术期质量改进项目,采用历史对照设计。以 2023 年 1 月 1 日—12 月 31 日在南京医科大学第一附属医院接受择期手术并实施常规围术期流程的患者作为对照组。自 2024 年 1 月 1 日起,全面实施以设立专岗管理为核心的结构化新流程,将 2024 年 1 月 1 日—12 月 31 日接受择期手术的患者纳入干预组。排除日间手术、急诊手术、局部麻醉手术和资料缺失病例。

患者来自心脏外科、胸外科、肝胆外科、胃肠外科、泌尿外科、骨科、神经外科及胰腺外科 8 个专科。两组患者在性别、手术时间、出血量等基线资料方面均衡,具有可比性。本研究方案经该院伦理委员会审查批准(批准文号:伦审 2025-SR-228 号)并获得知情同意豁免。

1.2 HFMEA 分析与"术前专岗"的构建

1.2.1 组建多学科团队 成立由麻醉与围术期医学科、感染管理科和信息中心骨干共 8 人组成的 HFMEA 核心团队。所有成员均接受统一的 HFMEA 方法学培训。

1.2.2 绘制流程地图与识别失效模式 团队以患者从病房至手术切皮的完整路径为视角,绘制详细的核心流程地图。通过系统的头脑风暴,识别出从医嘱下达、药物配送、术前准备到麻醉诱导等各环节中的所有潜在失效模式。采用风险优先指数(RPN)对每个失效模式进行量化评估,RPN 值为失效模式严重程度(S)、发生频率(O)与探测度(D)的乘积(三者评分范围均为 1~10 分,分数越高,风险越大)[11]。医疗风险管理中通常以 125 为 RPN 值的阈值,RPN≥125 即被认为是高风险点,需采取干预措施以降低风险[12]。此外,依据风险控制措施优先级表,基于 S、O、D 的具体评分,可计算出相应的措施优先级(AP)。该指标共包含三个级别,其中"H"级(高优先级)表示应最优先进行评审与干预,"M"级(中优先级)表示评审与干预的中等优先程度,"L"级(低优先级)则表示较低的优先程度[13]。HFMEA 团队最终确定了 6 项 RPN≥125 的高风

险失效模式，其中 3 项的 AP 分级为“H”，3 项的 AP　　分级为“M”，见表 1。

表 1　SSI 防控风险失效模式及分析

Table 1　Risk failure modes and analysis for SSI prevention and control

风险类别	潜在失效模式	S	O	D	RPN	AP
A 环境与设施控制	A1. 每日首台手术前未提前 30 min 开启空气洁净装置	6.13	6.88	5.63	237.44	M
	A2. 手术间人数超过限值（Ⅰ级＞14 人、Ⅱ级＞12 人、Ⅲ/Ⅳ级＞10 人）	3.13	8.38	1.13	29.64	L
	A3. 手术进行中手术间门未保持关闭或频繁开启	2.88	9.25	1.25	33.30	L
	A4. 每个手术间观摩人员超过 3 人，或未保持安全距离	6.25	4.50	3.88	109.13	L
	A5. 连台手术未对手术台及周边 1.0～1.5 m 范围清洁消毒	5.13	3.75	5.63	108.31	L
	A6. 层流净化系统日常监测维护不到位	4.25	4.63	4.00	78.71	L
	A7. 保洁人员未分区清洁消毒或清洁工具混用	5.75	3.50	5.13	103.24	L
B. 无菌技术操作规范	B1. 未按规范执行外科手消毒或卫生手消毒	5.88	7.38	1.25	54.24	L
	B2. 无菌器械台铺置与维护不规范	3.50	4.63	2.50	40.51	L
	B3. 术中器械传递不规范（未避开术野、背后传递，锐器未通过安全区域无触式传递）	4.50	4.00	1.50	27.00	L
	B4. 手术衣或无菌手套破损后未及时更换，或更换后未重新手消毒	6.38	3.88	3.75	92.83	L
	B5. 污染器械（接触空腔脏器或其他污染部位）未单独放置	5.63	1.25	2.38	16.75	L
C. 围术期抗菌药物使用管理	C1. 未根据手术部位及该部位常见病原菌谱选择抗菌药物	4.88	1.25	2.38	14.52	L
	C2. 预防性抗菌药物未在切皮前 0.5 ～1 h 内输注完毕（万古霉素、氟喹诺酮类需切皮前 1 ～2 h）	7.75	9.13	3.63	256.85	H
	C3. 未依据患者实际体重、肾功能及手术出血量调整抗菌药物剂量	4.50	1.13	2.25	11.44	L
	C4. 未及时记录抗菌药物给药时间	1.88	7.63	2.13	30.55	L
	C5. 术中未按药物半衰期（超过 2 个半衰期）或估算失血量＞1 500 mL 时追加抗菌药物	5.00	3.50	4.75	83.13	L
D. 围术期体温管理	D1. 术前等候区环境温度过低或未配备保温设备	5.63	6.25	3.63	127.73	M
	D2. 患者进入手术间前未常规监测并记录体温	5.38	9.25	4.63	230.41	H
	D3. 患者进入手术间前未采取主动保温措施	5.75	9.63	4.63	256.37	H
	D4. 术中未使用主动保温设备（手术时间＞30 min 或麻醉时间＞1 h）	5.63	1.63	3.13	28.72	L
	D5. 静脉输注液体（≥1 000 mL）或术中体腔冲洗液未加温至 37℃	5.50	5.63	4.25	131.60	M
	D6. 恢复室保温未与术中保温措施有效衔接	4.75	3.25	5.13	79.19	L
	D7. 患者转运过程中关闭或移除保温设备	5.00	5.00	2.75	68.75	L
E. 感染防控培训与考核落实	E1. 新进医护人员岗前感染防控培训中缺失 SSI 防控核心内容	5.38	2.75	2.38	35.21	L
	E2. 在职人员未定期复训感染防控技能	5.50	4.13	2.50	56.79	L
	E3. 转运人员（护工）未接受围术期体温管理专项培训	3.25	6.50	2.75	58.09	L
	E4. 保洁人员未接受分区清洁消毒的操作培训	6.38	4.38	3.00	83.83	L
	E5. 感染防控培训后未进行操作技能考核或效果评价	5.25	4.50	3.88	91.67	L
F. 感染监测与预警机制	F1. 未定期开展感染防控自查、分析感染发病率与监测指标关联性	5.63	5.38	2.50	75.72	L
	F2. 缺乏术前抗菌药物使用的实时审核与预警系统	6.13	6.63	1.25	50.80	L
	F3. 未定期抽查保洁消毒质量	5.63	1.63	4.38	40.19	L
	F4. 感染监测数据未实时反馈至临床科室	4.50	3.50	1.25	19.69	L
	F5. 感染防控检查结果未纳入质量改进闭环及绩效考核	3.88	4.50	1.38	24.09	L

1.2.3 根因分析与对策制定 本研究运用“5Why”根因分析法对 6 项高风险失效模式，尤其是 AP 分级为“H”的 3 个高风险失效模式进行深入剖析，发现其根本原因主要集中在以下三方面：(1)流程结构缺陷。抗菌药物输注与体温管理等关键任务分散于各手术间，由巡回护士在麻醉诱导期间兼顾执行，缺乏专责岗位，多任务并行易因工作负荷过重与注意力分散导致执行遗漏或延迟。(2)过程管控缺失。缺乏基于实时手术进程精准计算给药时间并进行预警的机制，术前体温管理亦无标准化流程与明确执行节点，执行与否依赖护士自主判断。(3)信息协同障碍。药物配送状态、患者体温数据与动态手术排程等信息未能实现系统化整合与实时共享，形成信息孤岛，影响决策时效与执行连贯性。

基于上述分析，团队提出并实施针对性干预策略：在手术室术前等候区设立固定的专岗管理，对高风险环节实施集中化、专业化管理，以系统提升相关感染防控措施执行的可靠性与时效性。

1.2.4 干预方案：术前专岗标准化运行流程 (1)岗位设置。在术前等候区设置独立、固定的工作岗位，配备必需的输液设备、体温监测仪、充气加温毯、液体恒温箱及环境温度计。该岗位由经过专项培训的资深护士专职负责，其核心职责为统一接收、核对所有择期手术患者的预防性抗菌药物，并执行标准化输注；同时对进入该区域的患者进行体温监测与管理。(2)标准化作业程序。①精准给药：专岗护士通过手术麻醉护理系统，实时获取基于麻醉诱导进度推算的预计切皮时间。以此为基准，严格执行切皮前 0.5～1 h 的给药时间窗，输注预防性抗菌药物，系统自动记录给药开始时间。②环境温度管理：术前等候区设置独立温控系统，维持环境温度在 23～25℃。手术日早晨，由专岗护士开启温控系统。③主动保温：患者抵达术前等候区后，专岗护士使用红外耳温计监测其核心体温。若初始体温＜36℃，即刻采取主动保温措施(如将充气加温毯设定在 38℃，视升温情况调至 43℃)，确保患者在转运至手术间前核心体温≥36℃。对于体温正常者，予以被动保温(如加盖预热棉被)，以预防低体温。④液体加温管理：专岗护士于术前 1 天将术中冲洗液置于恒温箱(设定为 38～40℃)中保温，对于预计术中输注≥1 000 mL 液体的患者，专岗护士在术前等候区启用输液加温仪对输注液体进行预加温。(3)信息化闭环管理。依托医院信息系统与移动护理终端，实现从药物接收、患者核对、时间计算、执行操作到数据录入的全流程电子化闭环管理。系统自动校验给药时间合理性，并对低体温状态进行预警，所有数据与手术麻醉记录无缝对接，确保过程可追溯、质量可监控。

1.3 评价指标

1.3.1 主要结局指标 (1)SSI 发病率。SSI 根据《医院感染诊断标准》进行诊断与统计[14]。(2)围术期低体温发生率。围术期低体温定义为从进入术前等候区至离开麻醉复苏室期间，任何一次测得的核心体温＜36.0 ℃，且持续时长≥30 min[15]。

1.3.2 次要结局指标 (1)预防性抗菌药物术前给药时间正确率：指在切皮前 0.5 ～1 h 内开始输注药物的病例数占全部病例数的百分比。(2)接台手术间隔时间：定义为上一台手术患者切口敷料包扎完毕至下一台手术开始切皮的时间间隔。

1.4 数据收集与统计学分析 所有数据均从医院感染实时监测系统、手术麻醉临床信息系统及护理操作记录系统中直接提取。应用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用独立样本 t 检验；计数资料以例数或百分比(%)表示，组间比较采用 χ^2 检验或 *Fisher* 确切概率法，等级资料采用 *Wilcoxon* 秩和检验。以 $P \leqslant 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料 对照组(2023 年度)纳入择期手术患者 15 590 例，干预组(2024 年度)纳入择期手术患者 16 091 例，合计 31 681 例。不同科室中干预组与对照组两组患者在性别、手术时间、估计出血量等基线资料方面比较，差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。在美国麻醉医师协会(ASA)分级方面，胰腺外科两组患者比较差异有统计学意义($P = 0.042$)，其余科室两组患者比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。表明两个队列患者资料具有可比性。见表 2。

表 2　不同科室中干预组与对照组手术患者基线资料与手术特征比较

Table 2　Comparison of baseline characteristics and surgical features of surgical patients between the intervention and control groups in different departments

组别	性别		ASA					手术时间（$\bar{x}\pm s$，min）	出血量（$\bar{x}\pm s$，mL）
	男	女	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ		
心脏外科									
干预组（n = 822）	524	298	0	4	363	450	5	256.94 ± 78.43	563.45 ± 340.40
对照组（n = 796）	496	300	0	13	361	414	8	263.78 ± 80.43	593.89 ± 345.55
$\chi^2/Z/t$	0.36				1.04			−1.73	−1.78
P	0.550				0.298			0.084	0.075
胸外科									
干预组（n = 3 284）	1 328	1 956	400	2 432	448	4	0	87.04 ± 53.79	84.54 ± 163.97
对照组（n = 3 170）	1 234	1 936	384	2 413	369	4	0	87.58 ± 47.50	81.61 ± 170.11
$\chi^2/Z/t$	1.54				1.56			−0.43	0.70
P	0.215				0.120			0.666	0.482
肝胆外科									
干预组（n = 2 604）	1 214	1 390	380	1 918	299	7	0	83.67 ± 65.77	167.54 ± 309.84
对照组（n = 2 600）	1 249	1 351	351	1 931	314	4	0	86.75 ± 71.91	155.03 ± 342.00
$\chi^2/Z/t$	1.05				1.10			−1.61	1.38
P	0.306				0.269			0.107	0.167
胃肠外科									
干预组（n = 2 540）	1 429	1 111	64	1 902	555	19	0	105.69 ± 60.79	99.30 ± 224.23
对照组（n = 2 581）	1 445	1 136	78	1 965	528	10	0	104.15 ± 55.67	91.57 ± 198.44
$\chi^2/Z/t$	0.04				1.79			0.95	1.31
P	0.844				0.073			0.342	0.192
泌尿外科									
干预组（n = 1 879）	1 408	471	124	1 366	380	9	0	108.89 ± 68.57	155.15 ± 300.55
对照组（n = 1 728）	1 289	439	101	1 234	388	5	0	105.80 ± 69.72	142.30 ± 230.77
$\chi^2/Z/t$	0.06				1.63			1.34	1.45
P	0.815				0.104			0.180	0.148
骨科									
干预组（n = 3 208）	1 464	1 744	405	2 295	482	26	0	107.07 ± 58.95	187.58 ± 345.03
对照组（n = 3 073）	1 431	1 642	392	2 191	468	22	0	109.22 ± 68.47	189.41 ± 372.69
$\chi^2/Z/t$	0.55				0.03			−1.33	−0.20
P	0.459				0.979			0.183	0.840
神经外科									
干预组（n = 1 406）	692	714	107	993	290	16	0	131.77 ± 70.01	210.69 ± 293.47
对照组（n = 1 304）	605	699	76	963	256	9	0	133.79 ± 72.70	201.06 ± 377.53
$\chi^2/Z/t$	2.16				0.01			−0.74	0.74
P	0.142				0.991			0.462	0.461
胰腺外科									
干预组（n = 348）	178	170	12	226	107	3	0	209.28 ± 92.83	286.66 ± 268.86
对照组（n = 338）	196	142	22	228	85	3	0	215.78 ± 100.74	321.77 ± 624.18
$\chi^2/Z/t$	3.24				2.03			−0.88	−0.95
P	0.072				0.042			0.381	0.342

注：ASA 为美国麻醉医师协会分级。

2.2 SSI 发病率比较 实施术前专岗管理后，SSI 总体发病率由 0.72%降至 0.48%，差异有统计学意义（$P=0.006$）。分析各专科，肝胆外科、胃肠外科、骨科患者的 SSI 发病率均有所下降，差异有统计学意义（均 $P<0.05$）；而心脏外科、胸外科、泌尿外科、神经外科及胰腺外科患者的 SSI 发病率与对照组比较，差异均无统计学意义（均 $P>0.05$），见表 3。

2.3 围术期低体温发生率比较 实施术前专岗管理后，围术期低体温总体发生率由 3.61%降至 1.19%，差异具有统计学意义（$P<0.001$）。且各专科干预组患者的围术期低体温发生率均较对照组下降，差异均具有统计学意义（均 $P<0.05$），见表 3。

2.4 预防性抗菌药物术前给药时间正确率比较 实施术前专岗管理后，预防性抗菌药物术前给药时间总体正确率由 35.88%大幅提升至 94.52%（$P<0.001$）。且各专科干预组患者的给药时间正确率均较对照组提升，差异均具有统计学意义（均 $P<0.001$），见表 3。

2.5 接台手术间隔时间比较 实施术前专岗管理后，总体平均接台手术间隔时间由（50.04±25.48）min 缩短至（45.64±16.57）min，差异具有统计学意义（$P<0.001$）。分析各专科，除胰腺外科外，其余各专科接台手术间隔时间均较对照组缩短，差异均具有统计学意义（均 $P<0.001$）；胰腺外科接台手术间隔时间虽有缩短，但差异无统计学意义（$P>0.05$），见表 3。

表 3 不同科室中干预组与对照组 SSI 发病率、低体温发生率、给药时间正确率及接台间隔时间比较

Table 3 Comparison of SSI incidence, hypothermia incidence, correct rate of prophylactic antimicrobial administration timing, and interval between consecutive surgeries between the intervention and control groups in different departments

组别	SSI 发病率[%(例)]	低体温发生率[%(例)]	给药时间正确率[%(例)]	接台手术间隔时间（$\bar{x}\pm s$，min）
心脏外科				
干预组（$n=822$）	0.36(3)	1.34(11)	86.37(710)	59.30±15.94
对照组（$n=796$）	0.50(4)	3.14(25)	66.83(532)	65.02±22.91
χ^2/t	/	6.04	86.56	−5.81
P	0.722*	0.014	<0.001	<0.001
胸外科				
干预组（$n=3\,284$）	0(0)	1.49(49)	95.19(3 126)	46.75±14.17
对照组（$n=3\,170$）	0.06(2)	4.01(127)	40.54(1 285)	49.31±25.67
χ^2/t	/	38.44	2 224.40	−4.95
P	0.241*	<0.001	<0.001	<0.001
肝胆外科				
干预组（$n=2\,604$）	0.19(5)	1.04(27)	95.12(2 477)	41.36±17.16
对照组（$n=2\,600$）	0.54(14)	4.38(114)	22.58(587)	44.13±20.75
χ^2/t	4.29	55.31	2 824.98	−5.25
P	0.038	<0.001	<0.001	<0.001
胃肠外科				
干预组（$n=2\,540$）	0.35(9)	1.30(33)	95.51(2 426)	41.25±17.18
对照组（$n=2\,581$）	0.81(21)	3.37(87)	29.83(770)	46.10±27.03
χ^2/t	4.64	24.01	2 351.08	−7.66
P	0.031	<0.001	<0.001	<0.001
泌尿外科				
干预组（$n=1\,879$）	0.21(4)	1.33(25)	95.80(1 800)	43.88±15.65
对照组（$n=1\,728$）	0.06(1)	3.94(68)	28.24(488)	46.75±21.53
χ^2/t	/	24.31	1 768.13	−4.54
P	0.377*	<0.001	<0.001	<0.001

续表 3　（Table 3，Continued）

组别	SSI 发病率[%(例)]	低体温发生率[%(例)]	给药时间正确率[%(例)]	接台手术间隔时间($\bar{x}\pm s$，min)
骨科				
干预组(n = 3 208)	0.09(3)	1.00(32)	95.48(3 063)	45.29 ± 16.06
对照组(n = 3 073)	0.33(10)	3.51(108)	37.36(1 148)	52.73 ± 29.35
χ^2/t	4.09	45.63	2 397.07	−12.4
P	0.043	<0.001	<0.001	<0.001
神经外科				
干预组(n = 1 406)	1.49(21)	0.50(7)	90.54(1 273)	52.82 ± 15.49
对照组(n = 1 304)	2.22(29)	1.23(16)	48.16(628)	59.68 ± 21.39
χ^2/t	1.99	4.27	578.27	−9.5
P	0.158	0.039	<0.001	<0.001
胰腺外科				
干预组(n = 348)	9.20(32)	2.30(8)	95.98(334)	50.70 ± 14.16
对照组(n = 338)	9.17(31)	5.33(18)	46.15(156)	52.37 ± 16.62
χ^2/t	0.001	4.31	206.13	−1.42
P	0.991	0.038	<0.001	0.156
合计				
干预组(n = 16 091)	0.48(77)	1.19(192)	94.52(15 209)	45.64 ± 16.57
对照组(n = 15 590)	0.72(112)	3.61(563)	35.88(5 594)	50.04 ± 25.48
χ^2/t	7.68	199.02	12 072.54	−18.16
P	0.006	<0.001	<0.001	<0.001

注：/表示无数值，* 表示采用 *Fisher* 确切概率法。

2.6　HFMEA 术前专岗管理模式对失效模式的干预效果　实施 HFMEA 联合术前专岗管理模式后，对 6 项高风险失效模式进行再次风险评估，结果显示其 RPN 值均降至 125 以下，AP 分级均降至“L”，见表 4。

表 4　高风险失效模式干预后效果评价

Table 4　Post-intervention evaluation of high-risk failure modes

潜在失效模式	S	O	D	RPN	AP
A1. 每日首台手术前未提前 30 min 开启空气洁净装置	6.50	1.75	2.38	27.02	L
C2. 预防性抗菌药物未在切皮前 0.5～1 h 内输注完毕(万古霉素、氟喹诺酮类需切皮前 1～2 h)	7.13	3.25	2.25	52.14	L
D1. 术前等候区环境温度过低或未配备保温设备	5.75	2.50	1.88	27.03	L
D2. 患者进入手术间前未常规监测并记录体温	5.13	2.75	3.00	42.32	L
D3. 患者进入手术间前未采取主动保温措施	5.75	3.00	3.13	53.99	L
D5. 静脉输注液体(≥1 000 mL)或术中体腔冲洗液未加温至 37℃	5.25	2.75	2.25	32.48	L

3　讨论

本研究通过设立专岗管理，对预防性抗菌药物应用与围术期体温管理两项关键环节进行结构性前移与整合。结果表明，该模式不仅有效降低了 SSI 发病率与围术期低体温发生率，同时显著提高了预防性抗菌药物术前给药时间正确率，并缩短了接台手术间隔时间。

本研究结果显示，术前专岗管理的实施使肝胆

外科、胃肠外科及骨科患者的 SSI 发病率显著降低；而在心脏外科、胸外科、泌尿外科、胰腺外科及神经外科患者中未观察到明显下降。这一差异很可能与不同专科特有的感染风险构成有关。心脏外科与胸外科的 SSI 风险主要源于患者术前已存在的全身性高风险状态，如高龄、糖尿病、肥胖、吸烟等代谢及生活方式相关因素[16-18]。这些因素构成了 SSI 发生的潜在风险基础，难以通过术中流程优化完全逆转。术前留置导尿管作为泌尿外科 SSI 的固有危险因素，因其持续破坏尿道屏障而增加细菌定植风险，难以通过术中流程优化得到完全干预[19]。胰腺外科与神经外科的 SSI 则更多与术后并发症相关：胰瘘引发的感染本质上是胰液外漏所致的继发性损伤[20-21]，使用抗菌药物无法预防胰瘘本身[22]；而脑脊液漏则破坏脑膜屏障完整性，易导致病原体逆行入侵[23-26]。这两类并发症的发生机制与时间进程，均非单次常规术前预防措施所能覆盖。因此，未来 SSI 防控应在规范执行抗菌药物给药与体温管理等基础措施的前提下，建立专科针对性的分级防控体系：针对以患者因素为主导的专科（如心脏外科、胸外科），应着力于术前预康复与患者基础状态优化，重点包括血糖管理、戒烟支持及控制感染等关键环节[27]；针对以导尿管相关风险为特征的专科（如泌尿外科），应聚焦于导尿管精细化管理，包括严格把控留置指征、缩短留置时间、加强尿道口维护等；针对以技术并发症为主导的专科（如胰腺外科、神经外科），则需将防控重点延伸至手术技术优化与术后并发症的精细管理。

本研究发现，实施术前专岗管理后，各专科患者围术期低体温发生率均显著降低。这一改善可能主要得益于预保温措施的前移：将体温干预的起点从手术间提前至术前等候区，使中高风险患者在术前即获得与其风险相匹配的主动保温，确保其核心体温在手术开始前维持正常。从机制层面分析，低体温可能通过抑制免疫功能、引起外周血管收缩及局部组织缺氧等途径，影响中性粒细胞活性，从而增加 SSI 风险[28]。目前，围术期低体温与 SSI 的关联仍是学术界探讨的重点，然而现有研究结论尚不一致。Pang 等[29]针对非心脏手术的回顾性分析发现，术中低体温持续时间＞195 min 与 SSI 风险增加相关；研究[28, 30]表明，二者关系与手术干预类型（如急诊手术、结直肠手术、乳腺手术）密切相关，且严重低体温（≤35℃）会显著增加 SSI 风险；而另有研究[31]则显示，术中低体温与 SSI 风险无关。尽管文献证据尚存争议，但本研究结果显示，实施术前专岗管理后，围术期低体温发生率与 SSI 发病率均显著下降，这提示主动预保温作为整体感染防控流程的一部分具有积极意义。因此，建议围术期团队将预保温作为体温管理的核心环节，对患者进行术前风险分层并提前干预，同时配合术中主动加温及输液加温等综合措施，以维持患者术中核心体温正常，最大限度降低低体温相关并发症风险[28]。

本研究表明，设立术前专岗管理显著提高了预防性抗菌药物给药时间正确率，总体平均接台间隔时间明显缩短，除胰腺外科外，其余专科接台手术间隔时间均显著下降。这一成效主要归因于将原由巡回护士在手术间兼顾完成的抗菌药物输注前移至术前等候区，并由专岗护士执行，此举既保障了给药时机的准确性，又减轻了巡回护士负荷，减少了任务并行所致的时间延误。胰腺外科接台间隔时间变化虽无统计学意义，但亦呈现一定的下降趋势。这可能与其手术本身的复杂性有关，该类手术（如胰十二指肠切除术）操作复杂、耗时长，手术结束时间易受术中情况影响，波动性较大，使得接台时间的起点存在固有不确定性，从而在一定程度上削弱了术前准备环节效率提升对整体接台手术间隔时间的改善作用。因此，未来优化接台效率需在专岗管理基础上，针对专科特有流程进行精准改进，通过多环节协同实现手术室整体运行效率的持续提升。

本研究存在以下几方面局限性。首先，本研究为单中心历史对照设计，限制了结论的推广应用价值，且虽已比较主要基线变量，但胰腺外科 ASA 分级不均衡，仍有部分潜在混杂因素（如手术医生经验、抗菌药物具体选择等）未能充分纳入分析。后续研究可进一步通过多因素 Logistic 回归校正 ASA 分级，或采用倾向性评分匹配等方法控制潜在混杂因素。其次，干预的长期效果及其卫生经济学效益也有待进一步验证。未来有必要开展多中心前瞻性研究和系统的成本效益分析，并进一步与信息化体系深度融合，推动该模式向可复制、可持续的精准感染防控体系发展。

综上所述，基于 HFMEA 构建的“术前静脉输液与体温管理专岗”，是一项以系统思维推动围术期感染防控流程结构性变革的实践。该策略通过将关键感染防控措施整合与前移，构建了高可靠性的执行节点，从而超越了仅依赖个体依从性改善的传统路径。本研究证实，该模式能显著提升预防性抗菌药物给药的规范性与围术期体温管理质量，并在部

分专科中有效降低了 SSI 发病率，为在复杂医疗场景下以系统化流程设计保障患者安全提供了重要借鉴。

作者贡献声明：戴荣凡负责研究设计、论文撰写与修改、数据收集、统计分析；李占结负责数据收集、统计分析；闫振龙负责数据收集、统计分析、绘制图表；刘娟负责数据收集与核对；许晔负责文献检索、数据核对；冯建萍负责研究设计、论文审校与修改。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] 倪语星，马小军，吴安华，等. 手术部位感染预防与控制标准 WS/T 861—2025[J]. 中国感染控制杂志，2025，24(8)：1183－1185.
Ni YX，Ma XJ，Wu AH. Standard for prevention and control of surgical site infection WS/T 861－2025[J]. Chinese Journal of Infection Control，2025，24(8)：1183－1185.

[2] Fuglestad MA，Tracey EL，Leinicke JA. Evidence-based prevention of surgical site infection[J]. Surg Clin North Am，2021，101(6)：951－966.

[3] Mengistu DA，Alemu A，Abdukadir AA，et al. Global incidence of surgical site infection among patients：systematic review and meta-analysis[J]. Inquiry，2023，60：46958023 1162549.

[4] 中华医学会外科学分会外科感染与重症医学学组，中国医师协会外科医师分会肠瘘外科医师专业委员会. 中国手术部位感染预防指南[J]. 中华胃肠外科杂志，2019，22(4)：301－314.
Chinese Medical Association. Chinese Society of Surgery. Chinese Society of Surgical Infection and Intensive Care，Chinese Medical Doctor Association. Chinese College of Surgeons. Chinese College of Gastrointestinal Fistula Surgeons. Chinese guideline for the prevention of surgical site infection[J]. Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery，2019，22(4)：301－314.

[5] 开乌塞，李引.《2024 年美国结直肠外科协会预防手术部位感染临床实践指南》解读与思考[J]. 消化肿瘤杂志(电子版)，2025，17(4)：438－445.
Kai WS，Li Y. Interpretation and reflection on the 2024 American Society of Colon and Rectal Surgeons clinical practice guidelines for preventing surgical site infections[J]. Journal of Digestive Oncology(Electronic Version)，2025，17(4)：438－445.

[6] Seidelman JL，Mantyh CR，Anderson DJ. Surgical site infection prevention：a review[J]. JAMA，2023，329(3)：244－252.

[7] Cunha T，Miguel S，Maciel J，et al. Surgical site infection prevention care bundles in colorectal surgery：a scoping review[J]. J Hosp Infect，2025，155：221－230.

[8] 国家卫生健康委医院管理研究所. 关于印发“夯实围术期感染防控，保障手术质量安全”专项行动实施方案的函：国卫医研函〔2024〕75 号[EB/OL]. (2024－04－15)[2026－08－06]. https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20240416/content-1632457.html.
National Institute of Hospital Administration of National Health Commission. Letter on Issuing the Action Plan for "Strengthening Perioperative Infection Prevention and Control to Ensure Surgical Quality and Safety"：guowei yiyan han [2024] No. 75[EB/OL]. (2024－04－15)[2026－08－06]. https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20240416/content-1632457.html.

[9] 刘善善，张娜，孙佳璐，等. “夯实围术期感染防控，保障手术质量安全”专项行动实施方案解读[J]. 中华医院感染学杂志，2024，34(23)：3521－3525.
Liu SS，Zhang N，Sun JL，et al. Interpretation of the implementation plan of special action " strengthen perioperative infection prevention and control and ensure surgical quality and safety"[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2024，34(23)：3521－3525.

[10] Chilakamarri P，Finn EB，Sather J，et al. Failure mode and effect analysis：engineering safer neurocritical care transitions[J]. Neurocrit Care，2021，35(1)：232－240.

[11] Toccafondi G，Dagliana G，Fineschi V，et al. Proactive risk assessment through FMEA of home parenteral nutrition care processes：a survey analysis[J]. Curr Pharm Biotechnol，2021，22(3)：433－441.

[12] 谭昆，鄢建军，吕倩，等. 失效模式与效应分析在血液透析中心医院感染管理中的应用[J]. 中华医院感染学杂志，2025，35(22)：3473－3478.
Tan K，Yan JJ，Lyu Q，et al. Application of failure mode and effect analysis in management of hospital-associated infections in hemodialysis center[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2025，35(22)：3473－3478.

[13] AIAG & VDA. FMEA Handbook：Failure Mode and Effects Analysis[M]. Southfield：Automotive Industry Action Group，2019：100－107.

[14] 张誉铮，董宏亮，陈文森，等. 我国与 WHO 医院感染监测标准比较及借鉴启示[J]. 中华医院感染学杂志，2025，35(12)：1877－1881.
Zhang YZ，Dong HL，Chen WS，et al. Comparison of healthcare-associated infection surveillance standards between China and WHO and inspirations[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2025，35(12)：1877－1881.

[15] 国家麻醉专业质量控制中心. 围术期患者低体温防治专家共识(2023 版)[J]. 临床麻醉学杂志，2023，39(7)：764－771.
National Center for Quality Control of Anesthesiology. Expert consensus on prevention and treatment of perioperative hypothermia (2023 edition)[J]. Journal of Clinical Anesthesiology，

2023，39(7)：764－771.

[16] Charlwood KV，Jackson J，Vaja R，et al. Identifying potential predictors of the risk of surgical site infection following cardiac surgery：a scoping review[J]. J Hosp Infect，2025，157：29－39.

[17] de Andrade LS，Siliprandi EMO，Karsburg LL，et al. Surgical site infection prevention bundle in cardiac surgery[J]. Arq Bras Cardiol，2019，112(6)：769－774.

[18] Hou YC，Hu YY，Song WJ，et al. Surgical site infection following minimally invasive lobectomy：is robotic surgery superior? [J]. Cancer Med，2022，11(11)：2233－2243.

[19] Truzzi JC，Figueiredo AA，Correia JAP，et al. Infection prophylaxis in urological diagnostic and surgical procedures：a narrative review and recommendations[J]. Int Braz J Urol，2025，51(6)：e20250333.

[20] Suragul W，Rungsakulkij N，Vassanasiri W，et al. Predictors of surgical site infection after pancreaticoduodenectomy[J]. BMC Gastroenterol，2020，20(1)：201.

[21] 李浩，孟葳，栾晓嵘. 胰十二指肠切除术患者手术部位感染目标性监测分析[J]. 中华医院感染学杂志，2025，35(20)：3079－3083.
Li H，Meng W，Luan XR. Targeted surveillance analysis of surgical site infection in patients undergoing pancreatoduodenectomy[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2025，35(20)：3079－3083.

[22] Nagai H，Henrich H，Wünsch PH，et al. Role of pancreatic enzymes and their substrates in autodigestion of the pancreas：in vitro studies with isolated rat pancreatic acini[J]. Gastroenterology，1989，96(3)：838－847.

[23] Fang CY，Zhu T，Zhang P，et al. Risk factors of neurosurgical site infection after craniotomy：a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Infect Control，2017，45(11)：e123－e134.

[24] Lü YF，Mao X，Deng YX，et al. Surgical site infections after elective craniotomy for brain tumor：a study on potential risk factors and related treatments[J]. Chin Neurosurg J，2023，9(1)：23.

[25] Patel S，Thompson D，Innocent S，et al. Risk factors for surgical site infections in neurosurgery[J]. Ann R Coll Surg Engl，2019，101(3)：220－225.

[26] 巨睿，祝苗，王一洋. 神经外科手术部位感染危险因素的logistic回归和分类树模型分析[J]. 中华医院感染学杂志，2025，35(4)：545－549.
Ju R，Zhu M，Wang YY. Analysis of risk factors for surgical site infections in neurosurgery department patients based on logistic regression and classification tree models[J]. Chinese Journal of Nosocomiology，2025，35(4)：545－549.

[27] 张静，彭焕椽，陈佳，等. 成人体外循环心脏手术患者预防手术部位感染的最佳证据总结[J]. 护理学报，2025，32(4)：41－47.
Zhang J，Peng HC，Chen J，et al. Summary of the best evidence for preventing surgical site infections in adult patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass[J]. Journal of Nursing(China)，2025，32(4)：41－47.

[28] Öner Cengiz H，Uçar S，Yilmaz M. The role of perioperative hypothermia in the development of surgical site infection：a systematic review[J]. AORN J，2021，113(3)：265－275.

[29] Pang QY，Yang YJ，Feng YM，et al. Relationship between intraoperative hypothermia and hyperthermia with postoperative pulmonary infection and surgical site infection in major non-cardiac surgery[J]. Front Med (Lausanne)，2024，11：1408342.

[30] Chen RR，Du YJ，Chen LY，et al. The impact of perioperative hypothermia on surgical site infection risk：a meta-analysis[J]. BMC Anesthesiol，2025，25(1)：443.

[31] Nguyen AP，Tran M，Khoche S，et al. Surgical site infection in thoracic surgery is not associated with perioperative hypothermia[J]. Cureus，2022，14(6)：e26427.

（本文编辑：陈玉华）

本文引用格式：戴荣兄，李占结，闫振龙，等. 基于 HFMEA 的术前专岗管理模式在手术部位感染防控中的应用效果[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(9)：1401－1410. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20263408.

Cite this article as：DAI Rongxiong，LI Zhanjie，YAN Zhenlong，et al. Effectiveness of the preoperative dedicated-role management model based on HFMEA in the prevention and control of surgical site infections[J]. Chin J Infect Control，2026，25(9)：1401－1410. DOI：10.12138/j.issn.1671－9638.20263408.