

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20256480

· 论 著 ·

胸外科达芬奇机器人术后医院感染经济损失——一项基于倾向性评分匹配的回溯性研究

张丽伟¹, 狄佳¹, 陶源², 冯诚悻¹, 朱丽丽¹, 金丹¹, 江淑芳¹

(江苏省常州市第一人民医院 1. 感染管理处; 2. 质控处, 江苏常州 213003)

[摘要] **目的** 了解胸外科达芬奇机器人术后患者发生医院感染所造成的经济学损失, 为预防与控制机器人术后医院感染提供依据。**方法** 采用回顾性研究, 选取某院 2019 年 4 月—2023 年 4 月于胸外科进行达芬奇机器人手术患者, 依据术后是否发生医院感染, 将其分为医院感染组和非医院感染组。通过 1:1 倾向性评分匹配(PSM), 两组各纳入 31 例, 比较两组患者的经济损失。**结果** 共纳入胸外科达芬奇机器人手术患者 921 例, 发生医院感染 51 例(医院感染组), 未发生医院感染 870 例(非医院感染组)。通过 1:1 PSM 后, 两组各纳入 31 例。PSM 前两组患者性别、年龄、疾病合并情况、美国麻醉医师(ASA)分级 4 个协变量比较, 差异有统计学意义(均 $P < 0.05$); PSM 后以上协变量在两组间分布都达到均衡(均 $P > 0.05$)。PSM 后医院感染组住院期间总费用中位数为 88 711.72 元, 非医院感染组为 78 509.46 元, 达芬奇机器人手术医院感染造成的直接经济损失为 10 202.26 元, 主要增加的费用为药费、护理费、实验室诊断费等, 西药费差值最高达 8 839.12 元, 其中以西药费中的抗菌药物费用差值占比最高, 达 73.55%。医院感染组与非医院感染组患者日均住院费用差值为 502.38 元; 医院感染组患者住院日数为 (21.59 ± 10.62) d, 非医院感染组患者住院日数为 (13.92 ± 9.21) d, 差异均具有统计学意义(均 $P < 0.05$)。**结论** 胸外科达芬奇机器人术后患者发生医院感染造成了一定的直接经济损失, 护理费、实验室诊断费、西药费(主要为抗菌药物费用)明显上升, 且延长患者住院日数。

[关键词] 手术后感染; 医院感染; 经济损失; 达芬奇机器人; 胸外科; 倾向性评分匹配

[中图分类号] R184.3⁺2

Economic losses due to healthcare-associated infection after Da Vinci robotic thoracic surgery: a retrospective study based on propensity score matching

ZHANG Liwei¹, DI Jia¹, TAO Yuan², FENG Chengyi¹, ZHU Lili¹, JIN Dan¹, JIANG Shufang¹ (1. Department of Infection Management; 2. Department of Quality Control, The First People's Hospital of Changzhou, Changzhou 213003, China)

[Abstract] **Objective** To understand the economic losses due to healthcare-associated infection (HAI) in patients after Da Vinci robotic thoracic surgery, and provide basis for preventing and controlling HAI after robotic surgery.

Methods Patients who underwent Da Vinci robotic surgery from April 2019 to April 2023 were retrospective studied. Patients were divided into HAI group and non-HAI group based on the occurrence of postoperative infection. Through 1:1 propensity score matching (PSM), 31 cases were included in each group, economic losses of two groups of patients were compared. **Results** A total of 921 patients who underwent Da Vinci robotic thoracic surgery were included in the study, 51 cases with HAI (HAI group) and 870 without HAI (non-HAI group). After 1:1 PSM, 31 cases were included in each group. Four covariates were compared between two groups of patients before

[收稿日期] 2024-08-11

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目(81502002); 常州市卫健委青年人才项目(QN202019、QN202355); 江苏省现代医院管理研究中心医院管理研究立项课题(JSY-3-2019-098)

[作者简介] 张丽伟(1989-), 女(汉族), 山西省长治市人, 主治医师, 主要从事医院感染预防与控制、抗菌药物使用与管理研究。

[通信作者] 江淑芳 E-mail: 450115289@qq.com

PSM, namely gender, age, comorbidities, and the American Society of Anesthesiologists (ASA) grading, all with statistically significant differences (all $P < 0.05$). After PSM, distribution of the above covariates reached equilibrium between the two groups (both $P > 0.05$). The median total expense for HAI group before PSM during hospitalization was 88 711.72 Yuan, while 78 509.46 Yuan for the non-HAI group. The direct economic losses caused by HAI after Da Vinci robot surgery was 10 202.26 Yuan, mainly increased by expense of medicine, nursing, laboratory diagnosis, etc. Difference in western medicine expense was the highest (8 839.12 Yuan), out of which expense of antimicrobial agents accounted for the highest proportion (73.55%). Difference in daily hospitalization expense between HAI-group and non-HAI group was 502.38 Yuan. Length of hospital stay of patients in HAI group and non-HAI group were (21.59 ± 10.62) and (13.92 ± 9.21) days, respectively, with statistical differences (all $P < 0.05$). **Conclusion** The occurrence of HAI in patients undergoing Da Vinci robotic thoracic surgery leads to direct economic losses, with obvious increases in expenses of nursing, laboratory diagnosis, western medicine (mainly antimicrobial agents). Length of hospital stay of patients also prolongs.

[Key words] postoperative infection; healthcare-associated infection; economic loss; Da Vinci robot; thoracic surgery; propensity score matching

随着加速康复外科理念的不断深入,为尽可能减少患者术后疼痛,微创手术已成为大多数外科医生和患者的首要选择。20 世纪 90 年代,电视胸腔镜手术(video-assisted thoracoscopic surgery, VATS)的成功,使胸腔镜技术迅速地流行、传播。多项研究^[1-2]已证明,VATS 手术相比传统手术具有明显优势,包括术后住院时间短,并发症少,疼痛轻等,现已成为胸外科主要手术方式。然而,随着机械自动化、三维成像技术、电脑模拟仿真技术及计算机图形技术的高速发展,出现了达芬奇机器人手术系统(Da Vinci surgical system, DVSS)。

近年来,DVSS 因其 3D 视野和灵活的机械臂等特点,进一步展现了其在封闭空间进行复杂运动的优势^[3]。目前,DVSS 已广泛应用于心胸外科、普通外科、妇科、泌尿外科等数十个学科。2001 年 Yoshino 等^[4]率先应用 DVSS 实施了非侵袭性胸腺瘤切除术,开启了 DVSS 在胸外科领域应用的先河,国内首例机器人辅助胸外科手术于 2009 年在上海胸科医院完成^[5]。目前的研究热点为比较机器人手术与以往开放手术、普通腔镜手术的术后并发症以及远期肿瘤学指标等^[6],机器人手术医院感染防控及经济学负担评价的相关研究极为少见。某院自 2019 年 4 月开始第一台达芬奇机器人手术以来,至 2023 年 4 月已成功开展达芬奇手术 2 000 余台。本研究采用回顾性研究方法,评估胸外科达芬奇机器人术后患者发生医院感染所致的直接经济损失,从卫生经济学的角度阐明加强医院感染管理的重要性。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选择某大型三甲医院 2019 年 4

月—2023 年 4 月全院进行达芬奇机器人胸外科手术的患者。手术类型主要包括胸腔镜下纵隔病损切除术、胸腔镜下胸膜病损切除术、胸腔镜下胸壁病损切除术、胸腔镜下肺叶切除术、胸腔镜下肺叶部分切除术、胸腔镜下肺段切除术、胸腔镜食管部分切除术、胸腔镜全食管切除术、胸腔镜肺叶节段切除术、肋骨部分切除术等。同时在杏林医院感染实时监控系统中选择 2019 年 4 月—2023 年 4 月胸外科发生术后医院感染的病例。将医院感染病例通过住院号与达芬奇机器人胸外科手术患者进行匹配与筛选。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:(1)术前胸部 CT 平扫或增强 CT 等影像学检查后诊断明确;(2)患者一般情况及心肺功能经评估可耐受手术;(3)若为肿瘤患者,肿瘤未严重侵犯周围大血管、器官,可手术切除;(4)无绝对手术禁忌。排除标准:(1)年龄 ≤ 18 岁;(2)患者临床数据不完整或缺失;(3)患者处于肿瘤晚期(如 TNM 分期为 IV 期)。

1.3 医院感染诊断 依据卫生部 2001 年颁发的《医院感染诊断标准(试行)》进行医院感染病例判定。

1.4 研究方法 采用回顾性研究方法,根据达芬奇机器人胸外科手术患者术后是否发生医院感染,分为医院感染组和非医院感染组,结局变量为以上患者住院总费用及各项分类费用,费用信息通过医院病案信息系统提取。为减少基线临床资料对结果的影响,采用 1:1 倾向性评分匹配(propensity score matching, PSM)分析^[7]均衡医院感染组与非医院感染组的混杂因素。

1.5 PSM 具体步骤 以患者是否发生医院感染为因变量,性别、年龄、疾病合并情况、美国麻醉医师协会(ASA)分级等为自变量,通过 logistic 回归模型

计算 921 例达芬奇机器人胸外科手术患者的倾向性评分(PS)得分,抽样方式为不放回抽样。匹配方式为最优化执行性能及抽取匹配项时随机排列个案顺序,随机数种子为 123456。以 1:1 的比例匹配医院感染组和非医院感染组,卡钳值(匹配容差)根据经验设为 0.05^[8],研究成功匹配 31 对。

1.6 统计学方法 应用 SPSS 23.0 统计软件进行数据分析,定性资料采用频数或构成比(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验,不符合 χ^2 检验的采用 Fisher 确切概率法;正态性检验采用 *Kolmogorov-Smirnov* (简称 *K-S* 检验),符合正态分布的定量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组均数比较采用独立样本 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料采用中位数(四分位数)[*M* (*P*₂₅, *P*₇₅)]表示,组间比较采用两独立样本 *Mann-Whitney U* 秩和检验。*P* ≤ 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 2019 年 4 月—2023 年 4 月全院进行达芬奇机器人手术患者 2 080 例,其中胸外科手术 921 例。同期胸外科发生术后医院感染的病例共 306 例,921 例达芬奇机器人胸外科手术患者中 51 例发生医院感染病例,剩余 870 例患者为非医院感染组。

921 例达芬奇机器人手术患者,年龄 27~92 岁。其中男性 376 例(40.83%),平均年龄(61.56 ± 11.23)岁;女性 545 例(59.17%),平均年龄(58.83 ± 11.57)岁。医院感染组患者 51 例,年龄 44~92 岁,平均年龄(70.24 ± 10.29)岁;男性 28 例,女性 23 例;住院日数 8~107 d,平均住院日数(19.18 ± 18.16) d。非医院感染组 870 例患者,年龄 27~86 岁,平均年龄(59.34 ± 11.29)岁;男性 348 例,女性 522 例;住院日数 6~60 d,平均住院日数(7.54 ± 4.63) d。

2.2 医院感染部位与病原体分布 51 例达芬奇机器人胸外科手术共发生医院感染 53 例次,主要以下呼吸道感染为主(29 例次,54.72%),含医院获得性肺炎(脓胸)1 例;其次为手术部位感染(10 例次,18.87%),含器官腔隙感染 5 例次,深部切口感染 4 例次,表浅切口感染 1 例次;51 例医院感染患者检出病原体 42 株,其中革兰阳性菌 12 株,革兰阴性菌 29 株,真菌 1 株,革兰阳性菌中以金黄色葡萄球菌

为主(7 株,16.67%),革兰阴性菌中以铜绿假单胞菌为主(9 株,21.43%)。见表 1、2。

表 1 胸外科达芬奇机器人手术患者医院感染类型分布

Table 1 Distribution of HAI types in patients who underwent Da Vinci robotic thoracic surgery

医院感染类型	例次数	构成比(%)
下呼吸道感染	29	54.72
手术部位感染	10	18.87
器官腔隙感染	5	9.43
深部切口感染	4	7.55
表浅切口感染	1	1.89
导管相关血流感染	5	9.43
菌血症	4	7.55
胸膜腔感染	2	3.77
上呼吸道感染	3	5.66
合计	53	100

表 2 胸外科达芬奇机器人手术患者医院感染病原体分布

Table 2 Distribution of pathogens causing HAI in patients who underwent Da Vinci robotic thoracic surgery

病原体	株数	构成比(%)
铜绿假单胞菌	9	21.43
金黄色葡萄球菌	7	16.67
肺炎克雷伯菌	6	14.29
嗜麦芽芽食单胞菌	5	11.91
纹带棒状杆菌	4	9.52
产气克雷伯菌	3	7.14
鲍曼不动杆菌	2	4.76
阴沟肠杆菌	2	4.76
其他病原体	4	9.52
合计	42	100

注:其他病原体包括流感嗜血杆菌、豚鼠气单胞菌、咽峡炎链球菌、近平滑念珠菌各 1 株。

2.3 两组 PSM 前后协变量比较 PSM 前,感染组与对照组年龄、性别、基础疾病、吸烟史、ASA 分级变量比较,差异均具有统计学意义(均 *P* < 0.05)。经过 PSM 后,模糊匹配到 31 对患者。其中男性 30 例,女性 32 例,年龄为 27~84 岁,平均年龄(64.68 ± 12.35)岁,PSM 后各协变量在组间分布达到均衡(均 *P* > 0.05)。见表 3。

表 3 胸外科 PSM 前后达芬奇机器人手术患者协变量分布

Table 3 Distribution of covariates before and after PSM in patients who underwent Da Vinci robotic thoracic surgery

协变量	PSM 前		t/χ^2	P	PSM 后		t/χ^2	P
	医院感染组 ($n=51$)	非医院感染组 ($n=870$)			医院感染组 ($n=31$)	非医院感染组 ($n=31$)		
年龄(岁)	70.24 ± 10.29	59.34 ± 11.29	-6.733	<0.001	63.25 ± 10.30	61.11 ± 13.31	0.708	0.482
性别[例(%)]			4.428	0.035			0.258	0.611
女	23(45.10)	522(60.00)			15(48.39)	17(54.84)		
男	28(54.90)	348(40.00)			16(51.61)	14(45.16)		
基础疾病[例(%)]			37.389	<0.001			0.265	0.607
无	19(37.25)	661(75.98)			12(38.71)	14(45.16)		
有	32(62.75)	209(24.02)			19(61.29)	17(54.84)		
吸烟史[例(%)]			9.759	0.002			0.065	0.799
无	25(49.02)	608(69.89)			14(45.16)	15(48.39)		
有	26(50.98)	262(30.11)			17(54.84)	16(51.61)		
手术方式[例(%)]			0.664	0.956			-	0.612
肺叶节段切除术	27(52.94)	496(57.01)			18(58.06)	21(67.74)		
肺叶切除术	18(35.29)	284(32.64)			11(35.48)	8(25.81)		
全食管切除术	4(7.85)	53(6.09)			1(3.23)	2(6.45)		
病损切除术	1(1.96)	24(2.76)			1(3.23)	0(0)		
其他	1(1.96)	13(1.50)			0(0)	0(0)		
ASA 分级[例(%)]			20.959	<0.001			0.567	0.753
I	18(35.29)	445(51.15)			11(35.48)	13(41.94)		
II	21(41.18)	368(42.30)			14(45.16)	14(45.16)		
III	12(23.53)	57(6.55)			6(19.36)	4(12.90)		

注:PSM 前其他手术包括肺节段切除术 4 例,肋骨部分切除术 4 例,食管部分切除术 2 例,下肺段切除术 2 例,下肺叶切除术 2 例。PSM 前病损切除术包括胸壁病损切除术 8 例,纵膈病损切除术 10 例,胸膜病损切除术 7 例。- 表示采用 Fisher 确切概率法,无统计值。

2.4 两组患者各项住院费用比较 PSM 后,两组患者之间基本达到均衡可比的状态。医院感染组住院总费用较非医院感染组高 10 202.26 元。医院感染组患者住院总费用、护理费、实验室诊断费用、西药费、抗菌药物费用均高于非医院感染组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),见表 4。

2.5 日均住院费用、药费占比 医院感染组和非医院感染组相比,日均住院费用的中位数差值为 502.38 元,药费占比差异为 6.67%,医院感染组平均住院日数比非医院感染组高 7.67 d,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 5。

表 4 胸外科 PSM 后两组达芬奇机器人手术患者各项住院费用比较[M(P₂₅, P₇₅), 元]

Table 4 Comparison of each hospitalization expense after PSM between two groups of patients who underwent Da Vinci robotic thoracic surgery (M[P₂₅, P₇₅], Yuan)

项目	医院感染组 (n = 31)	非医院感染组 (n = 31)	Z	P
总费用	88 711.72(76 138.08, 93 744.27)	78 509.46(70 452.57, 95 302.36)	- 6.115	<0.001
一般医疗服务费	1 123.00(609.00, 1 659.00)	852.50(657.50, 1 364.00)	- 0.546	0.585
护理费	780.35(297.50, 1 033.25)	363.50(268.00, 585.75)	- 1.064	0.029
病理费	2 076.00(389.00, 3 794.00)	1 867.25(430.78, 3 509.00)	- 1.115	0.265
实验室诊断费	5 329.00(3 327.25, 7 174.25)	4 496.00(4 022.75, 5 347.75)	- 2.996	0.003
影像学诊断费	3 279.00(2 260.50, 4 761.25)	2 597.50(1 963.50, 4 637.00)	- 0.946	0.344
临床诊断费	1 058.80(657.85, 1 677.25)	926.80(625.45, 1 383.25)	- 0.056	0.955
非手术治疗费	283.00(218.00, 723.50)	304.00(210.00, 544.90)	- 0.152	0.879
手术治疗费	16 141.15(15 049.10, 19 858.50)	14 857.80(13 176.55, 16 307.00)	- 0.998	0.732
麻醉费	2 030.15(1 941.70, 2 250.10)	2 058.15(1 842.60, 2 279.38)	- 0.054	0.964
手术费	10 634.40(10 044.20, 12 656.45)	9 154.70(9 025.45, 11 749.70)	- 1.381	0.167
西药费	14 136.67(6 229.6, 20 127.77)	5 297.55(2 718.99, 9 885.83)	- 2.286	0.009
抗菌药物费用	11 233.55(6 943.96, 17 761.04)	4 732.15(2 321.87, 8 589.22)	- 2.497	0.013
其他费用	311.50(46.50, 696.00)	115.76(36.00, 696.00)	- 0.518	0.604

表 5 胸外科两组达芬奇机器人手术患者日均住院费用、药费占比及住院日数比较

Table 5 Comparison of average daily hospitalization expense, medicine proportion, and length of hospital stay between two groups of patients who underwent Da Vinci robotic thoracic surgery

项目	医院感染组 (n = 31)	非医院感染组 (n = 31)	Z/t	P
日均住院费用[M(P ₂₅ , P ₇₅), 元]	2 035.26(866.73, 2 811.38)	1 532.88(589.33, 2 365.39)	- 2.378	0.012
药费占比[M(P ₂₅ , P ₇₅), %]	26.63(21.58, 33.19)	19.96(15.82, 26.65)	- 1.727	0.045
住院日数($\bar{x} \pm s$, d)	21.59 ± 10.62	13.92 ± 9.21	- 2.159	0.035

3 讨论

微创化是外科发展的方向,其主要目的是减少痛苦和提高患者的生活质量。VATS 手术已在临床中逐渐普及,手术效果已得到临床验证,技术可行,随着术者手术经验的积累,其微创化程度逐渐提高^[9]。但传统胸腔镜视野多为 2D 视野,操作依赖“杠杆”原理,且没有关节活动,因此在狭小空间的精细操作方面存在一定缺陷。DVSS 的诞生使复杂手术微创化成为可能,该系统给外科手术带来了革命性的变化。与传统开放及胸腔镜手术相比,机器人辅助手术拥有高清三维视野,灵活的机械臂,震颤过滤等优势,使手术精度得到大幅度提高^[10]。同时,手术医生采取坐姿操作,可降低因疲劳而犯错误的概率,增加手术的安全性^[11]。目前,北美、欧洲、日本和韩国有大量达芬奇手术机器人,截至 2020 年

12 月,中国大陆装机量突破 190 台,手术量突破 19 万例,其中胸外科手术约占 13%。本研究中该院于 2019 年初引入 DVSS,胸外科开展比率最高(44.26%),其次为泌尿外科(34.17%),排名与国内研究^[12]有所差异。也可能是随着达芬奇机器人技术的不断进步以及中国大陆胸外科同道的共同努力下,达芬奇机器人胸外科手术无论在数量、质量以及难度方面,均有显著提高。

达芬奇机器人手术作为一项相对新兴的技术,需要从多方面评估,国内外均有研究^[13-14]从成本—效益方面对其进行分析,发现 DVSS 组医疗费用显著高于 VATS 组,主要差异在于机器人使用费用(手术费用和耗材费用),而住院后期的费用差异很小。除成本—效益方面评价,医院感染评价也是很重要的一部分。医院感染不仅威胁着患者的健康和生命,也影响医疗质量,降低病床周转率,延长患者住院时间和增加患者医疗费用,给患者、医院和国家造

成巨大经济损失,成为当今突出的公共卫生问题^[15]。住院日数延长会增加患者医院感染的风险,减少劳动力和社会效益。抗菌药物使用增加会加速细菌耐药性,直接影响感染患者治疗的效果。本研究中共纳入 921 例达芬奇机器人手术患者,其中医院感染 51 例,非感染组 870 例。51 例医院感染患者中,下呼吸道医院感染比率最高,达 54.72%,低于纪灏等^[16]研究的 76.12%,可能是由于其研究的患者主要为胸外科 ICU 患者,病情相对危重。本研究中医院感染排在第二位的是手术部位感染(18.87%),高于纪灏等^[16]研究中 10.45%的比率,主要原因是其研究中纵膈外科手术占比较高,而纵膈手术不涉及呼吸道和消化道等与外界相通的器官,属清洁手术,I类切口,感染风险较低。本研究显示医院感染病原体中革兰阴性菌占 69.05%,其中以铜绿假单胞菌为主,与周艳^[17]研究较为一致,铜绿假单胞菌是发生医院感染较为常见的致病菌,是人体正常定植菌,其在健康人群的皮肤、肠道等组织均广泛存在,在正常状况下对机体组织无感染作用,当机体免疫功能降低,遭受手术创伤等因素共同作用时,其易转变为致病菌,进而引发感染^[18]。革兰阳性菌占 28.57%,高于张士法等^[19] 22.92%的比率,主要原因为本研究排在第二位的手术部位感染大多数由革兰阳性菌引起,而张士法等^[19]研究排在前三位的感染部位依次为呼吸、消化、泌尿系统。

本研究为观察性研究,研究之初并未进行随机分组,因此研究中不可避免存在大量偏倚等问题,影响结果的准确性。为了增加两组患者结果的可比性,该研究选择 PSM 以减小患者基线资料的差异。其运用简单、方便,不增加匹配难度,可同时匹配多个混杂因素,且多种统计软件均可实现,常见的匹配方法主要有最邻近匹配法、卡钳匹配法、分层匹配法等^[20]。本研究经过 PSM,匹配医院感染组和非医院感染组各 31 例。

我国为优化医疗资源,已推广疾病诊断相关组(diagnosis-related groups, DRGs)付费,“定额包干、超支自付、结余归己”的医疗保险支付方式,以控制医疗成本和支出,预示着 DRGs 范围内由医院感染造成的直接经济损失将逐步转为医院自行买单^[21]。基于此,本研究比较分析 62 例术后患者医院感染直接经济损失,以期提示医院管理者及医务人员重视达芬奇机器人手术患者医院感染的防控,及早采取积极有效的干预措施。本研究结果显示,医院感染组产生的医疗总费用为 88 711.72 元,非医院感染组患

者总费用为 78 509.46 元,平均每例医院感染病例的直接经济损失为 10 202.26 元,低于付应敏等^[22] 研究报道的平均每例下呼吸道感染病例的经济损失(38 130.5 元),高于赵洪海等^[23] 研究报道的直接经济损失(5 757 元)。可能因不同时期、不同地区、不同收费水平及患者病情危重程度差异导致医院感染经济损失差距较大。本研究显示各项分类费用中,医院感染组护理费高出非医院感染组 416.85 元,远低于付应敏等^[22] 报道的相差 4 000 余元护理费的研究结果,分析原因可能是由于本研究对多个协变量进行了匹配,在年龄、性别、疾病合并情况、手术术式及疾病严重程度均衡可比的情况下,护理费相差比较小。该研究中医院感染组实验室诊断费比非医院感染组高 833.00 元,高于付应敏等^[22] 报道,低于王娟^[24] 报道,主要是付应敏等^[22] 研究中未将实验室诊断费全部纳入,仅统计了病原学送检费用和炎症指标费用,存在低估实验室诊断费的可能。而王娟^[24] 研究中医院感染组化验费远远高于非医院感染组的原因,一方面是由于其研究对象均为重症医学科患者,医院感染患者病情较重,经常累及全身,因此送检较为频繁且多部位送检,另一方面是由于其医院感染组和非医院感染组未进行基线变量的匹配,存在高估的可能。

国内外多项研究^[25-26] 显示,医院感染患者医疗费用增加以药费、诊疗费、化验费等为主。本研究结果显示,医院感染组患者西药费比非医院感染组高出 8 839.12 元,其中抗菌药物费用高 6 501.40 元。分析原因可能是发生医院感染后病情加重,需要药物治疗,尤其是抗菌药物等一系列抗感染治疗。更为重要的是由于本研究对象全部为胸外科手术患者,患者经历大手术后免疫功能受损抵抗力低下,一旦出现感染,对患者是致命的打击。因此临床怀疑感染时医生往往“重拳猛击”,使用广谱、高效的抗菌药物积极抗感染,故而药物费用的增加占比较高。但是由于本研究在前期已经对两组患者进行了 PSM,尤其将基础病作为协变量,也存在低估医院感染所造成的直接经济损失的可能。

国外研究^[25] 报道,医院感染大大延长患者平均住院日。本研究显示,医院感染组与非医院感染组相比较,患者住院日数延长 7.67 d,低于国内外相关研究^[27-28],主要原因为本研究中发生的医院感染部位集中在下呼吸道,下呼吸道感染治疗相对容易,明确病原体对症用药治疗效果均较好。而 Giral di 等^[27] 研究中的多重耐药菌感染会导致

治疗用药选择困难,多种抗菌药物联合用药,患者治疗效果欠佳,治疗时间会延长,进而增加住院时间,影响病房床位周转。

达芬奇手术机器人目前正在中国各大城市医院迅速地发展,为复杂手术提供了很大的技术支持。国内外也有越来越多的关于达芬奇机器人手术相关的研究,大部分更加关注达芬奇机器人手术的优劣^[9],达芬奇在相应专科的应用现状与前景^[10],以及达芬奇机器人手术与腹腔镜手术在特定疾病方面的疗效或成本分析^[13,29]等。国内鲜有关于达芬奇机器人手术患者发生手术后感染的相关研究,本研究对胸外科达芬奇机器人术后患者发生医院感染的部位、病原体进行汇总分析,并比较医院感染组与非医院感染组各项费用,同时为保证两组患者的可比性,进行了 PSM 分析,为已开展达芬奇机器人手术的医院提供了强有力的医院感染经济学评价依据。最后该院根据达芬奇机器人手术的特殊性,进行了新的感染控制流程梳理,使达芬奇机器人手术的感染控制更加科学化、规范化。本研究也存在一定的不足,其仅为单中心经验,存在不可避免的选择偏倚,并且样本量较少,因此未来需要进一步进行多中心以及前瞻性的对照研究来证明。

综上所述,胸外科达芬奇机器人术后患者发生医院感染造成了一定的直接经济损失,护理费、实验检测费、西药费(主要为抗菌药物费用)明显上升,且延长住院日数。应进一步关注机器人仪器设备的消毒灭菌水平,改善医院感染管理流程,提升医护人员的感染防控能力,加强手术室的监测和管理,减少达芬奇机器人手术患者医院感染的发生。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Hu JJ, Chen Y, Dai J, et al. Perioperative outcomes of robot-assisted vs video-assisted and traditional open thoracic surgery for lung cancer: a systematic review and network Meta-analysis[J]. *Int J Med Robot*, 2020, 16(5): 1-14.

[2] Comacchio GM, Marulli G, Mendogni P, et al. Comparison between electronic and traditional chest drainage systems: a multicenter randomized study[J]. *Ann Thorac Surg*, 2023, 116(1): 104-109.

[3] 李剑涛,罗清泉. 微创外科时代达芬奇机器人在胸外科的应用经验与思考[J]. *中华腔镜外科杂志(电子版)*, 2020, 13(5): 260-264.

Li JT, Luo QQ. Experience and reflection on the application

of da Vinci robots in thoracic surgery in the era of minimally invasive surgery[J]. *Chinese Journal of Laparoscopic Surgery (Electronic edition)*, 2020, 13(5): 260-264.

[4] Yoshino I, Hashizume M, Shimada M, et al. Video-assisted thoracoscopic extirpation of a posterior mediastinal mass using the da Vinci computer enhanced surgical system[J]. *Ann Thorac Surg*, 2002, 74(4): 1235-1237.

[5] Zhao XJ, Qian LQ, Lin H, et al. Robot-assisted lobectomy for non-small cell lung cancer in China: initial experience and techniques[J]. *J Thorac Dis*, 2010, 2(1): 26-28.

[6] Bochner BH, Dalbagni G, Sjoberg DD, et al. Comparing open radical cystectomy and robot-assisted laparoscopic radical cystectomy: a randomized clinical trial[J]. *Eur Urol*, 2015, 67(6): 1042-1050.

[7] 王永吉,蔡宏伟,夏结来,等. 倾向指数第二讲倾向指数常用研究方法[J]. *中华流行病学杂志*, 2010, 31(5): 584-585.

Wang YJ, Cai HW, Xia JL, et al. Propensity score (II) Three commonly used methods on propensity score[J]. *Chinese Journal of Epidemiology*, 2010, 31(5): 584-585.

[8] 李赵进,冯爽,赵根明,等. 常见倾向性评分匹配方法在真实世界研究中的应用[J]. *中国卫生统计*, 2023, 40(2): 307-311.

Li ZJ, Feng S, Zhao GM, et al. The application of common propensity score matching methods in real-world research[J]. *Chinese Journal of Health Statistics*, 2023, 40(2): 307-311.

[9] 王述民,汪诚凤. 浅谈达芬奇机器人手术系统与电视胸腔镜系统在胸外科肺叶切除术中优劣[J]. *临床军医杂志*, 2016, 44(6): 551-555.

Wang SM, Wang CF. A brief discussion on the advantages and disadvantages of da Vinci robot surgical system and television thoracoscopic system in thoracic surgery lobectomy[J]. *Clinical Journal of Medical Officers*, 2016, 44(6): 551-555.

[10] 贾昱欣,张亚杰,李鹤成. 机器人手术在胸外科的应用现状与进展[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2022, 3(5): 367-375.

Jia YX, Zhang YJ, Li HC. Applications and advances of robotic surgical system in thoracic surgery[J]. *Chinese Journal of Robotic Surgery*, 2022, 3(5): 367-375.

[11] 黄志强. 21世纪外科从2D到3D-从腹腔镜到机器人[J]. *中华普外科手术学杂志(电子版)*, 2010, 4(3): 226-234.

Huang ZQ. Surgery in the 21st century, from 2D to 3D and from laparoscopy to the robotic surgery system[J]. *Chinese Journal of Operative Procedures of General Surgery (Electronic edition)*, 2010, 4(3): 226-234.

[12] 李占结,刘波,李松琴,等. 达芬奇机器人手术对手术患者医院感染及相关因素的影响——7种手术病例对照研究[J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(1): 30-36.

Li ZJ, Liu B, Li SQ, et al. Effect of Da Vinci robotic surgery on healthcare-associated infection and related factors in surgery patients - a case-control study on 7 kinds of surgery[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2020, 19(1): 30-36.

[13] 洪子强,荀文曦,逯英杰,等. 达芬奇机器人手术与胸腔镜手术治疗非小细胞肺癌的短期疗效及成本分析[J]. *中国胸心血*

- 管外科临床杂志, 2024, 31(7): 974-979.
- Hong ZQ, Gou WX, Lu YJ, et al. Short-term efficacy and cost analysis of Da Vinci robot-assisted thoracic surgery versus video-assisted thoracoscopic surgery for non-small cell lung cancer[J]. Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery, 2024, 31(7): 974-979.
- [14] Heiden BT, Mitchell JD, Rome E, et al. Cost-effectiveness analysis of robotic-assisted lobectomy for non-small cell lung cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2022, 114(1): 265-272.
- [15] 武迎宏, 林士惠, 刘荣. 医院感染管理经济效益分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2013, 23(20): 5004-5006.
- Wu YH, Lin SH, Liu R. Economic benefit analysis of nosocomial infection control[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2013, 23(20): 5004-5006.
- [16] 纪灏, 刘媛, 于佳, 等. 基于 DRGs 病例组合指数和相对权重的胸外科 ICU 医院感染研究[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(1): 78-85.
- Ji H, Liu Y, Yu J, et al. Healthcare-associated infection in a thoracic surgery ICU based on case mix index and relative weight of diagnosis-related groups[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2024, 23(1): 78-85.
- [17] 周艳. 94 例胸外科患者术后医院感染病原菌的分布及其耐药性分析[J]. 抗感染药学, 2021, 18(10): 1448-1451.
- Zhou Y. Analysis of distribution and drug resistance of pathogenic bacteria in 94 postoperative patients with hospital-acquired infections in department of thoracic surgery[J]. Anti-Infection Pharmacy, 2021, 18(10): 1448-1451.
- [18] Choi JY, Kwak YG, Yoo H, et al. Trends in the distribution and antimicrobial susceptibility of causative pathogens of device-associated infection in Korean intensive care units from 2006 to 2013; results from the Korean Nosocomial Infections Surveillance System (KONIS)[J]. J Hosp Infect, 2016, 92(4): 363-371.
- [19] 张士法, 李迎新, 蔡海波, 等. 胸外科患者术后医院感染病原学特点及药敏分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28(3): 410-413.
- Zhang SF, Li YX, Cai HB, et al. Etiological characteristics and drug sensitivity analysis of nosocomial infections after department of thoracic surgery[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2018, 28(3): 410-413.
- [20] 贺倩倩, 张军锋. 倾向评分匹配法在横断面资料处理中的应用价值研究[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(3): 391-394.
- He QQ, Zhang JF. A study on the application value of propensity score matching method in cross-sectional data processing[J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2018, 35(3): 391-394.
- [21] 林臻, 祝晓强, 陈致宁, 等. 基于 DRG 管理的肿瘤相关疾病医院感染直接经济负担评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(9): 1417-1421.
- Lin Z, Zhu XQ, Chen ZN, et al. Evaluation of direct economic burden induced by nosocomial infection of patients with tumor-related diseases based on DRG[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2023, 33(9): 1417-1421.
- [22] 付应敏, 黄继峰, 周彩凤, 等. 某三级综合性医院下呼吸道医院感染直接经济损失研究[J]. 中国感染控制杂志, 2022, 21(2): 153-158.
- Fu YM, Huang JZ, Zhou CF, et al. Direct economic loss of lower respiratory tract healthcare-associated infection in a tertiary general hospital[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2022, 21(2): 153-158.
- [23] 赵洪海, 刘云平, 赵琦, 等. 急性脑血管病并发医院感染经济损失的病例对照[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(14): 3548-3550.
- Zhao HH, Liu YP, Zhao Q, et al. A case-control study on economic losses caused by health-care associated infections in acute cerebrovascular disease[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2019, 39(14): 3548-3550.
- [24] 王娟. 重症医学科下呼吸道医院感染直接经济损失病例比较分析[J]. 现代诊断与治疗, 2021, 32(4): 635-637.
- Wang J. Comparative analysis of direct economic losses caused by hospital acquired infections in the lower respiratory tract of the intensive care unit[J]. Modern Diagnosis and Treatment, 2021, 32(4): 635-637.
- [25] Puchter L, Chaberny IF, Schwab F, et al. Economic burden of nosocomial infections caused by vancomycin-resistant *Enterococci*[J]. Antimicrob Resist Infect Control, 2018, 7: 1.
- [26] 钟晓, 肖丽华, 吴庆飞, 等. 基于倾向性评分匹配及广义线性模型的医院感染经济损失研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2020, 30(1): 130-134.
- Zhong X, Xiao LH, Wu QF, et al. Research of economic loss due to nosocomial infection based on propensity score matching and generalized linear model[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2020, 30(1): 130-134.
- [27] Giraldi G, Montesano M, Napoli C, et al. Healthcare-associated infections due to multidrug-resistant organisms: a surveillance study on extra hospital stay and direct costs[J]. Curr Pharm Biotechnol, 2019, 20(8): 643-652.
- [28] 刘宏, 贺凤义, 马永辉, 等. 神经外科手术部位感染的经济损失[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(7): 619-622.
- Liu H, He FY, Ma YH, et al. Economic loss due to surgical site infection in neurosurgery department[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2018, 17(7): 619-622.
- [29] Kneuertz PJ, Cheufou DH, D'Souza DM, et al. Propensity-score adjusted comparison of pathologic nodal upstaging by robotic, video-assisted thoracoscopic, and open lobectomy for non-small cell lung cancer[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 158(5): 1457-1466. e2.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:张丽伟,狄佳,陶源,等. 胸外科达芬奇机器人术后医院感染经济损失——一项基于倾向性评分匹配的回溯性研究[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(4): 518-525. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20256480.

Cite this article as: ZHANG Liwei, DI Jia, TAO Yuan, et al. Economic losses due to healthcare-associated infection after Da Vinci robotic thoracic surgery: a retrospective study based on propensity score matching[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(4): 518-525. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20256480.