

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20244592

· 论 著 ·

基于倾向性评分匹配的 CRE 感染经济负担增量研究

孙 沛¹, 商临萍², 赵文婷¹, 郭 威¹

(1. 山西医科大学护理学院, 山西 太原 030000; 2. 山西医科大学第一医院护理部, 山西 太原 030000)

[摘要] **目的** 探讨重症监护病房(ICU)患者发生耐碳青霉烯类肠杆菌目(CRE)感染归因住院时间、住院费用和病死率。**方法** 选取某三甲医院 2017—2022 年入住 ICU 的患者为研究对象,依据是否发生 CRE 感染分为感染组和非感染组。采用倾向性评分匹配法对感染组和非感染组患者进行 1:1 匹配,统计分析匹配后患者的住院时间、住院费用和病死率。建立广义线性模型再次计算匹配后患者的住院时间、住院费用和病死率的比值比(OR 值)。**结果** 经过倾向性评分匹配,感染组较非感染组患者住院日数延长 10.56 d($P < 0.001$),住院费用增加 36 021.02 元($P < 0.001$),病死率增加 6.70%($P = 0.035$)。广义线性模型结果显示,CRE 感染患者相较于非感染患者,住院日数、住院费用和病死率 OR 值分别为 1.187(95%CI: 1.013~1.393)、1.134(95%CI: 0.975~1.318)和 1.130(95%CI: 1.049~1.218),除住院费用外,两组住院日数和病死率比较,差异均存在统计学意义(均 $P < 0.05$)。**结论** ICU 患者发生 CRE 感染会增加患者住院时间,加重患者经济负担,增加病死率,应采取措施进行防控。

[关键词] 重症监护病房;耐碳青霉烯类肠杆菌;经济负担;倾向性评分

[中图分类号] R181.3⁺2

Economic burden increment of CRE infection based on propensity score matching

SUN Pei¹, SHANG Lin-ping², ZHAO Wen-ting¹, GUO Wei¹ (1. School of Nursing, Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China; 2. Department of Nursing, First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the length of hospital stay, hospitalization expense and mortality attributable to the occurrence of carbapenem-resistant *Enterobacteriales* (CRE) infection in patients in intensive care unit (ICU). **Methods** Patients admitted to the ICU in a tertiary first-class hospital from 2017 to 2022 were selected for the study. According to whether CRE infection occurred, patients were divided into infected group and non-infected group. Propensity score matching method was used to conduct a 1:1 match between the infected group and non-infected group. Length of hospital stay, hospitalization expense and mortality of patients after matching were analyzed statistically. A generalized linear model was established to recalculate the odds ratio (OR) of length of hospital stay, hospitalization expense and mortality of patients after matching. **Results** After propensity score matching, length of hospital stay of patients in the infected group extended by 10.56 days ($P < 0.001$), hospitalization expense increased by 36 021.02 Yuan ($P < 0.001$), and mortality increased by 6.70% ($P = 0.035$). The results of the generalized linear model indicated that OR for length of hospital stay, hospitalization expense, and mortality were 1.187 (95%CI: 1.013 - 1.393), 1.134 (95%CI: 0.975 - 1.318), and 1.130 (95%CI: 1.049 - 1.218) respectively for CRE infected patients, compared with non-infected patients, except for hospitalization expense, length of hospital stay and mortality between two groups were statistically significant (both $P < 0.05$). **Conclusion** CRE infection in ICU

[收稿日期] 2023-06-10

[基金项目] 山西省研究生教育创新项目(2021Y371);佑安肝病感染病专科医疗联盟课题(LM202027)

[作者简介] 孙沛(1997-),男(汉族),山西省阳高县人,护师,主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 商临萍 E-mail: shanglp2002@163.com

patients will increase the length of hospital stay, economic burden, and mortality of patients. Measures should be taken to prevent and control CRE infection.

[Key words] intensive care unit; carbapenem-resistant *Enterobacterales*; economic burden; propensity score matching

2021 年中国细菌耐药监测网监测报告^[1]显示,全国范围内耐碳青霉烯类肠杆菌目(carbapenem-resistant *Enterobacterales*, CRE)平均检出率为 11.3%。近年来,全球范围内抗菌药物耐药性问题日趋严重^[2]。多项研究^[3-4]表明,患者发生多重耐药菌(multidrug-resistant organism, MDRO)感染后住院时间延长,住院费用增加及死亡风险提高。在卫生经济学研究中,常用传统配对方法控制混杂偏倚的影响,但是传统配对方法难以处理较多的混杂因素^[5],而倾向性评分匹配法和广义线性模型法则能控制大量的混杂因素。费宏伟等^[6]采用倾向性评分匹配法分析 MDRO 感染造成的直接经济损失为 10.87 万元,Phodha 等^[7]采用多元线性回归模型方法发现 CRE 感染将使患者平均治疗费用增加 42%。为更精确评估重症监护病房(intensive care unit, ICU)中 CRE 感染的负担状况,本研究基于倾向性评分匹配并结合广义线性模型方法评估 ICU 患者 CRE 感染的住院时间增量、经济损失和病死率变化,从而为 CRE 感染防控提供数据支持。

1 对象与方法

1.1 研究对象 山西省某三级甲等医院 2017—2022 年综合 ICU、神经内科 ICU、神经外科 ICU、呼吸科 ICU 和急诊 ICU 收治的患者。通过杏林医院感染实时监控系統、医院信息系統(Hospital Information System, HIS)收集患者人口学资料、诊疗相关信息、住院费用、住院日数和生存情况等。将发生 CRE 感染的患者作为感染组,按感染患者对应年份随机选择未发生 CRE 感染的患者作为非感染组,非感染组样本量为感染组的 5 倍。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②入住 ICU ≥ 48 h 的住院患者。排除标准:①基本信息、侵入性操作相关信息、住院日数、住院费用和是否死亡等关键临床资料不全的患者;②重复检出 CRE 的记录。

1.2 病原菌培养和诊断标准 采集患者的标本送至检验科细菌室进行病原学培养,相关操作严格遵守《全国临床检验操作规程》^[8]的有关流程,医院感染的诊断严格按照卫生部《医院感染诊断标准(试

行)》(2001 版)^[9]执行,根据患者临床表现、影像学检查结果及血液检验和微生物检查结果进行判定。

1.3 倾向性评分匹配法 以是否发生 CRE 感染为因变量,以年龄、性别、手术次数、支付方式、糖尿病、心力衰竭、呼吸衰竭、肾功能不全、肝功能不全和肿瘤为匹配变量,通过 logistic 回归分析估计倾向性评分值,采用 1:1 进行匹配,匹配容差设置为 0.05,保留匹配后的非感染组和感染组进行研究。

1.4 广义线性模型法 分别以住院时间、住院费用和是否死亡为因变量,以年龄、性别、手术次数、支付方式、糖尿病、心力衰竭、呼吸衰竭、肾功能不全、肝功能不全和肿瘤及上一步生成的倾向性分值为自变量,选择对数联结函数,建立广义线性模型。

1.5 统计学分析 应用 SPSS 26.0 进行倾向性评分匹配和广义线性模型的建模及其他统计分析。连续性变量符合正态分布的采用均数 \pm 标准差描述,非正态分布资料采用中位数(四分位数间距)描述,组间差异的比较采用 *t* 检验或 *Mann-Whitney U* 检验。分类变量采用构成比描述,组间的比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。2017—2021 年住院费用根据国家统计局网站公布的 CPI 指数转换成 2022 年的费用。

2 结果

2.1 一般情况 2017—2022 年该院综合 ICU、神经内科 ICU、神经外科 ICU、呼吸科 ICU 和急诊 ICU 共收治 1 100 例患者,根据纳入和排除标准,最终纳入 1 049 例患者,其中非感染患者 870 例(非感染组),感染患者 179 例(感染组)。感染组患者 61~80 岁占 43.58%,男性占 59.78%,患糖尿病、心力衰竭、呼吸衰竭、肾功能不全、肝功能不全和肿瘤的患者例数分别为 29、12、60、36、46、16 例。

2.2 倾向性评分匹配前后两组患者的基本情况 匹配之前,感染组与非感染组患者手术次数的构成比较,差异有统计学意义($P = 0.006$)。经倾向性评分匹配,感染组患者 179 例全部成功匹配,感染组与非感染组患者各变量的分布比较,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表 1。

表 1 倾向性评分匹配前后两组患者的基本情况[例(%)]

Table 1 Basic condition of two groups of patients before and after propensity score matching (No. of cases [%])

特征	匹配前		χ^2	P	匹配后		χ^2	P
	感染组(n=179)	非感染组(n=870)			感染组(n=179)	非感染组(n=179)		
年龄(岁)			0.699	0.873			4.09	0.252
≤40	23(12.85)	109(12.53)			23(12.85)	34(19.00)		
>40~	60(33.52)	320(36.78)			60(33.52)	66(36.87)		
>60~	78(43.57)	358(41.15)			78(43.57)	65(36.31)		
>80	18(10.06)	83(9.54)			18(10.06)	14(7.82)		
性别			3.685	0.055			0.012	0.914
男	107(59.78)	585(67.24)			107(59.78)	106(59.22)		
女	72(40.22)	285(32.76)			72(40.22)	73(40.78)		
手术次数			10.246	0.006			3.316	0.191
0	61(34.08)	405(46.55)			61(34.08)	72(40.22)		
1	82(45.81)	342(39.31)			82(45.81)	83(46.37)		
2	36(20.11)	123(14.14)			36(20.11)	24(13.41)		
支付方式			0.850	0.654			2.954	0.228
医保 [#]	134(74.86)	618(71.04)			134(74.86)	120(67.04)		
全公费	9(5.03)	45(5.17)			9(5.03)	8(4.47)		
全自费	36(20.11)	207(23.79)			36(20.11)	51(28.49)		
糖尿病			0.532	0.466			0.349	0.555
否	150(83.80)	709(81.49)			150(83.80)	154(86.03)		
是	29(16.20)	161(18.51)			29(16.20)	25(13.97)		
心力衰竭			0.498	0.480			2.196	0.138
否	167(93.30)	798(91.72)			167(93.30)	159(88.83)		
是	12(6.70)	72(8.28)			12(6.70)	20(11.17)		
呼吸衰竭			0.094	0.760			0.598	0.439
否	119(66.48)	568(65.29)			119(66.48)	112(62.57)		
是	60(33.52)	302(34.71)			60(33.52)	67(37.43)		
肾功能不全			0.458	0.498			1.582	0.208
否	143(79.89)	675(77.59)			143(79.89)	133(74.30)		
是	36(20.11)	195(22.41)			36(20.11)	46(25.70)		
肝功能不全			1.067	0.302			0.129	0.720
否	133(74.30)	613(70.46)			133(74.30)	130(72.63)		
是	46(25.70)	257(29.54)			46(25.70)	49(27.37)		
肿瘤			0.528	0.468			1.410	0.235
否	163(91.06)	806(92.64)			163(91.06)	156(87.15)		
是	16(8.94)	64(7.36)			16(8.94)	23(12.85)		

注：#为职工医保、新农合和其他医保的统称。

2.3 不同亚组患者住院日数和住院费用分析 泌尿系统感染和菌血症住院日数中位数增量分别达到 35.56、20.01 d, >80 岁的患者达 21.38 d。所有感染病例中,下呼吸道感染病例数最多(113 例),发生

泌尿系统感染和菌血症的患者,住院费用中位数增量最多,分别为 175 688.51、127 370.49 元。男性与女性患者增量相似,分别为 35 538.18、35 026.09 元。见表 2。

表 2 不同类型感染与未感染患者住院日数、住院费用比较

Table 2 Comparison in length of hospital stay and hospitalization expenses between patients with different infection types and without infection

项目	例次数	住院日数[M (P ₂₅ , P ₇₅), d]	增量(d)	Z	P	住院费用[M (P ₂₅ , P ₇₅), 元]	增量(元)	Z	P
感染情况									
无感染	179	28.32(19.80, 44.42)				143 154.48(96 104.04, 234 066.26)			
下呼吸道感染	113	34.87(23.13, 58.17)	6.55	-2.943	0.003	167 067.24(112 139.53, 262 754.38)	23 912.76	-1.915	0.056
呼吸机相关感染	29	40.30(30.21, 51.92)	11.98	-2.320	0.020	178 091.49(132 385.27, 272 203.88)	34 937.01	-1.588	0.112
菌血症	12	48.33(23.32, 95.66)	20.01	-2.071	0.038	270 524.97(160 468.79, 633 250.84)	127 370.49	-2.805	0.005
胸腹腔感染	11	53.02(34.22, 66.97)	24.70	-2.731	0.006	263 195.01(206 781.55, 455 646.62)	120 040.53	-2.912	0.004
神经系统感染	2*	(23.66, 51.87)	/	/	/	(136 017.56, 156 254.96)	/	/	/
泌尿系统感染	12	63.88(32.82, 126.60)	35.56	-3.231	0.001	318 842.99(176 749.26, 507 900.70)	175 688.51	-3.285	0.001
科室									
综合 ICU									
未感染	83	35.49(19.82, 49.28)				143 154.48(97 607.07, 351 253.08)			
感染	94	39.49(26.85, 59.47)	4.00	-2.108	0.035	180 014.46(127 107.83, 321 563.81)	36 859.98	-2.031	0.042
呼吸科 ICU									
未感染	19	36.87(28.14, 40.18)				111 618.08(93 736.18, 187 443.27)			
感染	11	46.04(34.93, 60.57)	9.17	-1.614	0.107	132 145.77(97 807.16, 201 166.74)	20 527.69	-0.839	0.401
神经外科 ICU									
未感染	55	27.22(21.73, 43.93)				170 026.13(115 124.53, 250 109.93)			
感染	61	34.65(23.79, 64.47)	7.43	-2.090	0.037	198 990.89(125 407.81, 283 693.89)	28 964.76	-1.280	0.201
神经内科 ICU									
未感染	8	19.33(13.43, 40.37)				158 175.03(148 213.07, 167 045.36)			
感染	10	47.89(29.50, 124.44)	28.56	-2.399	0.016	166 771.29(103 879.90, 306 323.18)	8 596.26	-0.711	0.477
急诊科 ICU									
未感染	14	13.25(10.73, 16.31)				84 524.14(53 023.67, 95 918.94)			
感染	3*	21.87(16.71, 36.27)	8.62	-2.142	0.032	74 000.41(66 368.23, 193 238.67)	-10 523.73	-0.252	0.801
性别									
男									
未感染	106	28.23(18.78, 43.60)				145 315.24(93 653.60, 214 381.37)			
感染	107	39.20(26.96, 61.78)	10.97	-3.618	<0.001	180 853.42(123 693.43, 273 294.13)	35 538.18	-4.398	<0.001
女									
未感染	73	28.83(20.49, 48.62)				143 154.48(97 510.42, 264 404.75)			
感染	72	37.17(23.94, 58.34)	8.34	-1.174	0.240	178 180.57(114 487.48, 374 863.61)	35 026.09	-1.617	0.106
年龄(岁)									
≤40									
未感染	34	34.22(21.99, 47.35)				158 413.23(88 811.83, 258 995.61)			
感染	23	40.30(26.83, 63.15)	6.08	-1.415	0.157	273 294.13(138 774.58, 452 852.97)	114 880.90	-2.049	0.040
>40~									
未感染	66	25.55(16.79, 41.23)				142 586.40(95 039.81, 214 381.37)			
感染	60	38.37(26.89, 54.64)	12.82	-3.370	0.001	176 948.40(120 914.97, 253 077.75)	34 362.00	-2.403	0.016
>60~									
未感染	65	27.89(21.11, 48.45)				141 521.14(105 443.05, 264 404.75)			
感染	78	38.22(24.93, 60.87)	10.33	-2.047	0.041	177 945.65(12 086, 261 170.62)	36 424.51	-1.520	0.128
>80									
未感染	14	26.53(21.20, 50.58)				163 975.31(91 874.10, 225 084.48)			
感染	18	47.91(21.91, 158.17)	21.38	-1.292	0.197	196 961.65(101 345.67, 503 351.25)	32 986.34	-1.481	0.138

注：* 表示括号内是最小值和最大值；/表示无数据。

2.4 患者住院日数、住院费用和病死率比较 经过倾向性评分匹配,非感染组和感染组患者住院日数分别为 28.32、38.88 d,增量为 10.56 d,差异有统计学意义($P < 0.001$)。非感染组和感染组患者住院费用分别为 143 154.48、179 175.50 元,增量为 36 021.02 元,差异有统计学意义($P < 0.001$)。非感染组和感染组患者病死率分别为 6.70%、13.40%,增量为 6.70%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3。倾向性评分匹配结合广义线性模型中,CRE 感染患者相较于非感染患者,住院日数、住院费用和病死率 OR 值分别为 1.187 (95% CI: 1.013 ~

1.393)、1.134 (95% CI: 0.975 ~ 1.318) 和 1.130 (95% CI: 1.049 ~ 1.218),除住院费用外,住院日数和病死率的差异均存在统计学意义(P 值分别为 0.035、 < 0.001)。感染组与非感染组住院日数和住院费用的小提琴图见图 1。小提琴图为箱形图与核密度图的结合体,可以看出非感染患者住院日数主要分布在 20~45 d,而感染患者主要分布在 25~60 d;非感染患者住院费用主要分布在 10~25 万元,感染患者主要分布在 10~30 万元,感染组患者的住院日数更长,住院费用更高。

表 3 基于倾向性评分匹配法增量结果

Table 3 Incremental results based on propensity score matching method

项目	住院日数[M(P_{25} , P_{75}), d]	住院费用[M(P_{25} , P_{75}), 元]	病死率(%)
感染组($n = 179$)	38.88(25.75, 60.57)	179 175.50(121 674.07, 291 855.74)	13.40
非感染组($n = 179$)	28.32(19.80, 44.42)	143 154.48(96 104.04, 234 066.26)	6.70
Z/χ^2	-4.367	-3.541	0.447
P	< 0.001	< 0.001	0.035
增量	10.56	36 021.02	6.70
增加倍数	0.373	0.252	1.000

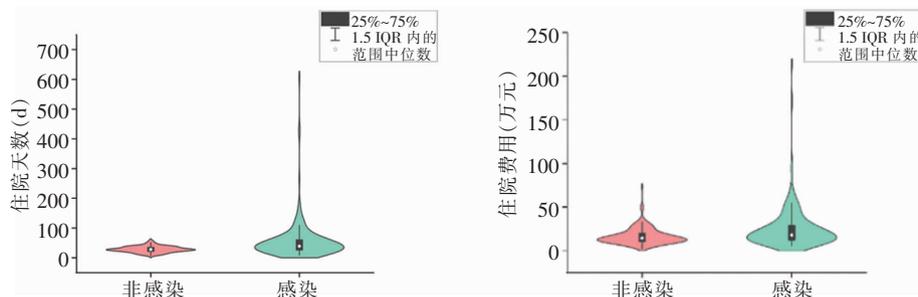


图 1 CRE 感染组与非感染组患者住院时间及住院费用小提琴图

Figure 1 Violin plots for the length of hospital stay and hospitalization expenses of patients in CRE infected group and non-infected group

3 讨论

本研究结果显示,感染组患者住院日数延长 10.56 d,住院费用增加 36 021.02 元,病死率增加 6.70%。王丹等^[10] 研究显示,相较于非感染患者,ICU MDRO 感染患者多住院 39.5 d,多支出 11 万余元,高于本研究的结果。可能与该研究基于传统方法对感染组和非感染组进行匹配有关。本研究选择倾向性评分匹配法,通过倾向性分值对非感染组和感染组的病例匹配,全面考虑对费用和住院时间可能有影响的变量,最大可能地消除混杂因素,增加

组间的可比性,从而更精确地估计出 CRE 感染的归因住院日数和住院费用。谭善娟等^[11] 使用倾向性评分匹配对 ICU MDRO 感染的研究发现,感染患者比非感染患者住院日数和费用分别高 18 d、12 万以上。本研究结果均低于上述研究,此差异可能源于不同区间的经济差异和收费标准,上海市和青岛市人均收入和收费标准均高于山西,而且发达地区患者或家属对于疾病治疗的经济承担能力更强,因而住院日数较长,住院费用较高。与谭善娟等^[11] 研究相比,本研究还结合广义线性模型进行分析。广义线性模型是一种正态线性模型的推广,因变量不需要服从正态分布和满足连续性变量的要求,应

用范围非常广泛,已有研究^[12-13]通过两种方法的结合来综合评价感染造成的损失,验证了广义线性模型在处理卫生经济学差异性问题的优势。本研究结合广义线性模型分析归因于 CRE 感染的住院日数、住院费用和病死率的 OR 值分别为 1.187、1.134、1.130。目前国内主要是以 MDRO 作为研究对象,国外已有 MRSA 感染的卫生经济学研究。日本一项研究^[3]显示,MRSA 感染住院日数和住院费用增量分别为 8 d、7 000 美元,病死率由 15.0% 增加至 36.7%,本研究与此较为接近。加拿大一项关于 MRSA 感染的研究^[13]显示,增量分别为 47 016 美元、35.2 d。可能由于不同国家的治疗方法和经济水平不同。青海省研究^[14]显示,耐碳青霉烯类革兰阴性杆菌比碳青霉烯类敏感细菌感染(非耐药组)住院日数延长 4 d,住院费用增加 8 682 元,本研究结果与此存在差异,可能源于不同科室,ICU 患者的 CRE 感染率远高于普通科室^[15-16],ICU 发生 CRE 感染极大地增加了治疗难度,需要使用的医疗耗材也更多,如果未对 ICU 进行独立讨论,增量差异会十分明显。当前以疾病诊断相关分组(diagnosis-related groups, DRG)为基础的付费方式成为当前我国推行的主要医疗付费形式^[17]。在同一类疾病医保支付费用固定的情况下,一旦患者住院费用增加将直接导致一线医护人员的效益大打折扣。本研究为医院管理者提供了预防控制 CRE 感染所获得的具体收益数据信息,管理者可以结合防控 CRE 感染所需成本,进行成本效益分析,制定最合理的防控措施^[18-19],降低 CRE 感染率。

患者发生 CRE 感染后很可能会诱发呼吸系统、心血管系统、泌尿系统和血液系统的并发症^[20],这些并发症的治疗较为复杂,需要更高级的有创治疗措施,如呼吸机支持治疗和中心静脉置管治疗。并且感染患者需要进行更多实验室检查和更严格的卫生管理,故导致住院费用增加。与此同时,CRE 感染患者往往需要更换抗菌药物治疗和增加联合用药,以控制感染,将加重肝肾负担,增加患者死亡风险^[21]。患者本身患有基础疾病,如慢性肾衰竭等,往往多伴有肾性贫血、多种免疫机制受损、代谢产物蓄积、心血管系统损伤等情况,发生感染往往更容易导致死亡^[22]。因此,对于肝肾功能不全等慢性病患者,建议临床药师和护理人员等加入临床医生讨论,邀请多学科团队参与制定药物治疗方案,并紧密结合细菌培养及药物敏感试验结果,尽可能缩短抗菌药物使用时间^[23]。

本研究的不足之处:第一,本研究尽管按照患者

性别、年龄和主要诊断等个体情况进行了倾向性评分匹配,一定程度上起到了控制混杂因素的作用,但真实世界情况十分复杂,故无法完全排除其他潜在未知混杂因素的影响。第二,由于临床实际中部分患者在出现死亡征兆时会提前出院,并没有在医院死亡,故无法完全精确地统计病死率。第三,由于监测系统不能具体抓取 CRE 种类,故本研究没有对具体种类展开分析,在未来将联合检验科和系统开发人员共同展开下一步研究。

综上所述,CRE 感染会延长患者住院日数,加重经济负担和增加病死率,预防和控制 CRE 感染有着重要意义。管理者应加强 CRE 感染的监测并建立预警机制,加强对抗菌药物合理使用的监管。临床一线人员应该严格落实相关隔离制度,做好环境清洁消毒工作。有条件的医疗机构和患者还可以对 CRE 进行主动筛查和去定植。通过一系列措施真正降低 ICU CRE 感染率,减轻患者和社会的经济负担,提高医疗机构治疗与服务水平。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] 全国细菌耐药监测网. 2021 年全国细菌耐药监测报告(简年版)[EB/OL]. (2023-01-10)[2023-05-23]. <https://www.carss.cn/Report/Details/862>.
China Antimicrobial Resistance Surveillance System. 2021 National bacterial resistance surveillance report (brief version) [EB/OL]. (2023-01-10)[2023-05-23]. <https://www.carss.cn/Report/Details/862>.
- [2] Jean SS, Harnod D, Hsueh PR. Global threat of carbapenem-resistant Gram-negative bacteria[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2022, 12: 823684.
- [3] Tsuzuki S, Yu J, Matsunaga N, et al. Length of stay, hospitalisation costs and in-hospital mortality of methicillin-susceptible and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteremia in Japan[J]. *Public Health*, 2021, 198: 292-296.
- [4] Serra-Burriel M, Keys M, Campillo-Artero C, et al. Impact of multi-drug resistant bacteria on economic and clinical outcomes of healthcare-associated infections in adults: systematic review and Meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2020, 15(1): e0227139.
- [5] 王芳,孙奇玫,刘欣,等. 碳青霉烯类耐药与敏感鲍曼不动杆菌医院感染经济损失的差异[J]. *中国感染控制杂志*, 2019, 18(9): 842-847.
Wang F, Sun QM, Liu X, et al. Difference in economic loss between carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* and carbapenem-susceptible *Acinetobacter baumannii* healthcare-associated infection[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2019, 18(9): 842-847.
- [6] 费宏伟,王丹丹,孙峰,等. 神经外科多重耐药菌医院感染直接

- 经济损失分析[J]. 中国卫生资源, 2022, 25(2): 210-216.
- Fei HW, Wang DD, Sun F, et al. Analysis of direct economic loss of nosocomial infection by multidrug resistant bacteria in neurosurgery[J]. Chinese Health Resources, 2022, 25(2): 210-216.
- [7] Phodha T, Riewpaiboon A, Malathum K, et al. Excess annual economic burdens from nosocomial infections caused by multidrug resistant bacteria in Thailand[J]. Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res, 2019, 19(3): 305-312.
- [8] 中华人民共和国卫生部医政司. 全国临床检验操作规程[M]. 3版. 南京: 东南大学出版社, 2006: 715-720.
- Department of Medical Affairs, Ministry of Health of the People's Republic of China. National guide to clinical laboratory procedures[M]. 3rd ed. Nanjing: Southeast University Press, 2006: 715-720.
- [9] 中华人民共和国卫生部. 医院感染诊断标准(试行)[J]. 中华医学杂志, 2001, 81(5): 314-320.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic criteria for nosocomial infections(proposed)[J]. National Medical Journal of China, 2001, 81(5): 314-320.
- [10] 王丹, 朱丹, 陈虹, 等. 综合 ICU 住院患者多重耐药菌医院感染与经济负担[J]. 中国感染控制杂志, 2019, 18(7): 648-653.
- Wang D, Zhu D, Chen H, et al. Multidrug-resistant organism healthcare-associated infection and economic burden in general intensive care unit patients[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2019, 18(7): 648-653.
- [11] 谭善娟, 宋俊颖, 李玲, 等. 某三级医院 ICU 多重耐药菌医院感染经济负担研究[J]. 中国感染控制杂志, 2020, 19(6): 564-568.
- Tan SJ, Song JY, Li L, et al. Economic burden of healthcare-associated infection due to multidrug-resistant organisms in intensive care unit of a tertiary hospital[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2020, 19(6): 564-568.
- [12] 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.
- [13] Kirwin E, Varughese M, Waldner D, et al. Comparing methods to estimate incremental inpatient costs and length of stay due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Alberta, Canada[J]. BMC Health Serv Res, 2019, 19(1): 743.
- [14] 冶挺, 刘佳微, 刘迪, 等. 青海省某三级综合医院碳青霉烯耐药革兰阴性杆菌医院获得性感染的经济负担[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(6): 925-929.
- Ye T, Liu JW, Liu D, et al. Economic burden of healthcare-associated infection due to carbapenem-resistant Gram-negative bacilli in a tertiary general hospital of Qinghai province[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2022, 32(6): 925-929.
- [15] 陈德钦, 庄璇. 某院 2017—2021 年耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌感染分布特征及其危险因素[J]. 海峡预防医学杂志, 2022, 28(6): 24-27.
- Chen DQ, Zhuang X. Distribution characteristics and risk factors of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infections in a hospital from 2017 to 2021[J]. Strait Journal of Preventive Medicine, 2022, 28(6): 24-27.
- [16] 刘思娣, 吴安华, 李春辉, 等. 高危科室住院患者肠道耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌筛查及其阳性危险因素[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(4): 517-521.
- Liu SD, Wu AH, Li CH, et al. Screening of intestinal carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* for hospitalized patients of high-risk department and risk factors for positive testing[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2023, 33(4): 517-521.
- [17] 王丹, 朱丹, 夏敏, 等. 预防综合 ICU 多重耐药菌医院感染的成本效益分析[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(12): 1119-1125.
- Wang D, Zhu D, Xia M, et al. Cost-benefit of prevention of multidrug-resistant organism healthcare-associated infection in a general intensive care unit[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2021, 20(12): 1119-1125.
- [18] 陈亚男, 刘菁. 医联体内耐碳青霉烯类肠杆菌感染同质化防控管理成效[J]. 中华医院感染学杂志, 2023, 33(11): 1751-1755.
- Chen YN, Liu J. Effectiveness of homogeneous management on prevention and control of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infection in medical consortia[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2023, 33(11): 1751-1755.
- [19] Chi XH, Meng XH, Xiong LY, et al. Small wards in the ICU: a favorable measure for controlling the transmission of carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* [J]. Intensive Care Med, 2022, 48(11): 1573-1581.
- [20] Al Khamis M, AlMusa Z, Hashhoush M, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: a retrospective review of presentation, treatment, and clinical outcomes in a tertiary care referral hospital[J]. Cureus, 2022, 14(7): e27094.
- [21] Ma JY, Song XR, Li MC, et al. Global spread of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: epidemiological features, resistance mechanisms, detection and therapy[J]. Microbiol Res, 2023, 266: 127249.
- [22] Roy GC, Sutradhar SR, Barua UK, et al. Cardiovascular complications of chronic renal failure - an updated review[J]. Myensingh Med J, 2012, 21(3): 573-579.
- [23] 李静, 刘雪超, 孙惠敏, 等. 医院感染细菌性肺炎患者多重耐药菌感染及 30 d 内死亡危险因素分析[J]. 检验医学, 2019, 34(4): 300-304.
- Li J, Liu XC, Sun HM, et al. Multiple drug resistant infection in patients with nosocomial bacterial pneumonia and risk factors for death within 30 d[J]. Laboratory Medicine, 2019, 34(4): 300-304.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式:孙沛,商临萍,赵文婷,等. 基于倾向性评分匹配的 CRE 感染经济负担增量研究[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(5): 621-627. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20244592.

Cite this article as: SUN Pei, SHANG Lin-ping, ZHAO Wen-ting, et al. Economic burden increment of CRE infection based on propensity score matching[J]. Chin J Infect Control, 2024, 23(5): 621-627. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20244592.