

DOI:10.13350/j.cjpb.240317

• 临床研究 •

# 脊柱术后感染的病原菌分布及影响因素分析\*

李素英<sup>1</sup>, 贾叙锋<sup>2\*\*</sup>, 戢勇<sup>2</sup>, 黄光平<sup>2</sup>, 钟庆<sup>3</sup>, 周云龙<sup>4</sup>

(1. 西南医科大学附属简阳医院/简阳市人民医院手术室, 四川简阳 641400; 2. 西南医科大学附属简阳医院/简阳市人民医院骨科, 3. 西南医科大学附属简阳医院/简阳市人民医院麻醉科; 4. 乐山市人民医院骨科一)

**【摘要】** 目的 探讨脊柱手术后感染的病原菌分布及耐药性情况,并分析术后感染的影响因素。方法 选取2019年12月至2023年5月本院行脊柱手术且发生术后感染的65例患者作为感染组,选择同期脊柱术后未感染的65例患者作为未感染组,统计分析感染组患者病原菌分布及耐药情况,收集两组一般资料,采用多因素 Logistic 回归分析筛查脊柱术后患者感染的影响因素。结果 65例术后感染患者中共培养出病原菌95株,其中革兰阴性菌34株(35.79%),革兰阳性菌58株(61.05%),真菌3株(3.16%)。铜绿假单胞菌和大肠埃希菌对亚胺培南、美罗培南耐药性较低,对庆大霉素、头孢唑林耐药性较高。金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌对环丙沙星、左氧氟沙星耐药性较低,对红霉素、青霉素G耐药性较高。感染组年龄 $\geq 60$ 岁、手术时间 $\geq 3$ h、术中出血量 $\geq 300$ mL、糖尿病患者比例及术后24h白细胞介素-6(IL-6)、术后24h降钙素原(PCT)高于未感染组( $P < 0.05$ )。年龄 $\geq 60$ 岁、手术时间 $\geq 3$ h、术中出血量 $\geq 300$ mL、有糖尿病、术后24h IL-6高、术后24h PCT高均是脊柱术后患者感染的独立危险因素( $P < 0.05$ )。结论 脊柱手术后感染的主要病原菌为革兰阳性菌,患者年龄、手术时间、术中出血量等均为术后感染的独立危险因素。

**【关键词】** 脊柱手术;感染;病原菌分布;耐药性;影响因素

**【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5234(2024)03-0337-04

[*Journal of Pathogen Biology*. 2024 Mar.; 19(3): 337-340, 344.]

## Analysis of pathogenic bacteria distribution and influencing factors of postoperative infection in spinal surgery

LI Suying<sup>1</sup>, JIA Xufeng<sup>2</sup>, JI Yong<sup>2</sup>, HUANG Guangping<sup>2</sup>, ZHONG Qing<sup>3</sup>, ZHOU Yunlong<sup>4</sup> (1. Operating Room, Jianyang Hospital Affiliated to Southwest Medical University, Jianyang People's Hospital, Jianyang 641400, Sichuan, China; 2. Orthopedics, Jianyang Hospital Affiliated to Southwest Medical University, Jianyang People's Hospital; 3. Department of Anesthesiology, Jianyang Hospital Affiliated to Southwest Medical University, Jianyang People's Hospital; 4. Orthopedics Department 1 of Leshan People's Hospital)\*\*\*

**【Abstract】** **Objective** To investigate the distribution and drug resistance of pathogenic bacteria in infection after spinal surgery, and analyze the influencing factors of postoperative infection. **Methods** From December 2019 to May 2023, 65 patients who underwent spinal surgery and developed postoperative infections in our hospital were regarded as the infection group, 65 patients who did not experience postoperative infection during the same period were selected as the uninfected group, and the distribution and drug resistance of pathogenic bacteria in the infected group were statistically analyzed, general data were collected from both groups, and multivariate logistic regression analysis was applied to screen for the influencing factors of infection after spinal surgery. **Results** A total of 95 strains of pathogenic bacteria were cultured in 65 postoperative infected patients, including 34 strains of Gram negative bacteria (35.79%), 58 strains of Gram positive bacteria (61.05%), and 3 strains of fungi (3.16%). *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* had lower resistance to imipenem and meropenem, and higher resistance to gentamicin and cefazolin. *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* had lower resistance to ciprofloxacin and levofloxacin, and higher resistance to erythromycin and penicillin G. The proportions of age  $\geq 60$  years old, operation time  $\geq 3$  h, intraoperative bleeding  $\geq 300$  mL, diabetes, and the interleukin-6 (IL-6) at 24 hours after operation, and procalcitonin (PCT) at 24 hours after operation in the infected group were higher than those in the uninfected group ( $P < 0.05$ ). Age  $\geq 60$  years old, operation time  $\geq 3$  h, intraoperative bleeding  $\geq 300$  mL, diabetes, high IL-6 at 24 hours after operation, and high PCT at 24 hours after operation were all independent risk factors for infection of patients after spinal surgery ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The main pathogen of infection after spinal surgery is Gram positive bacteria, and age, surgical time, and intraoperative bleeding

\* **【基金项目】** 四川省医学科研课题计划项目(No. S20037);四川省卫生和计划委员会科研课题项目(No. 17PJ212)。

\*\* **【通讯作者】** 贾叙锋, E-mail: 240201912@qq.com

**【作者简介】** 李素英(1971-),女,四川成都人,本科,副教授,研究方向:脊柱疾患的手术管理干预研究。E-mail: 13982917853@163.com

are independent risk factors for postoperative infection.

**【Key words】** spinal surgery; infection; distribution of pathogenic bacteria; drug resistance; influence factor

脊柱手术后的术后感染后需要长期的药物治疗,不仅延长了患者的住院时间,还增加了医疗、社会和经济成本<sup>[1-2]</sup>。因此,寻找术后感染的危险因素以降低脊柱手术后的感染率十分重要。先前的研究中提到了各种风险因素,包括糖尿病、肥胖、手术时间较长、吸烟、既往脊柱手术病史、手术方法类型、较大的失血量和脊柱器械手术的使用,但缺乏风险因素的荟萃分析、感染病原菌的分布和药敏分析<sup>[3-4]</sup>。本研究分别选取本院行脊柱外科术后发生和未发生术后感染的65例患者为观察对象,探讨其发生感染的风险因素、病原菌分布情况及主要病原微生物对常用抗菌药物的耐药性,旨在为临床预防和治疗提供理论依据。

## 材料与方法

### 1 一般资料

选取2019年12月至2023年5月本院行脊柱手术且发生术后感染的65例患者作为感染组,选择同期脊柱手术后未发生术后感染的65例患者作为未感染组。研究对象及其家属知情同意且均提供同意书,研究符合临床医学伦理标准。

纳入标准:①脊柱术后感染符合国家医院感染诊断标准<sup>[5]</sup>;②一般资料收集完整者;③术前未合并感染,术前体温正常者。排除标准:①合并肝肾功能不全、免疫系统疾病者;②有脊柱手术史者;③有凝血功能障碍、血液系统疾病者;④有脊柱感染史者。

### 2 方法

**2.1 一般资料收集** 收集本研究纳入的脊柱手术患者的年龄( $<60, \geq 60$ 岁)、性别、体质指数( $<25 \text{ kg/m}^2, \geq 25 \text{ kg/m}^2$ )、高血压、吸烟史、手术部位(胸椎、腰骶椎)、手术入路(前路、后路)、内固定、手术时间( $<3 \text{ h}, \geq 3 \text{ h}$ )、术中出血量( $<300 \text{ mL}, \geq 300 \text{ mL}$ )、术后24 h指标[体温、白细胞计数(white cell count, WBC)、肿瘤坏死因子- $\alpha$  (tumor necrosis factor- $\alpha$ , TNF- $\alpha$ )、白细胞介素-6 (interleukin-6, IL-6)、降钙素原(procalcitonin, PCT)]。

**2.2 病原菌鉴定及耐药性分析** 收集脊柱术后感染患者感染病灶分泌物作为鉴定样本,严格参照全国临床检验操作规范进行微生物培养。培养结束后采用法国梅里埃公司VITEK Compact全自动微生物分析系统、药敏分析系统及相关试剂进行微生物鉴定和耐药性分析,药敏结果判断标准采用CLSI<sup>[6]</sup>推荐标准,并采用中国疾病预防控制中心实验室提供的ATCC质控菌株进行质控。

### 3 统计学分析

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计数资料采用 $n/[n(\%)]$ 表示, $\chi^2$ 检验筛选差异有统计学意义的因变量;采用多因素logistic回归分析筛查脊柱术后患者感染的影响因素。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结果

### 1 脊柱术后患者感染情况及病原菌分布

65例术后感染患者中共培养出病原菌95株,革兰阴性菌34株(35.79%),其中铜绿假单胞菌11株(11.57%),大肠埃希菌9株(9.47%);革兰阳性菌58株(61.05%),其中金黄色葡萄球菌23株(24.21%),表皮葡萄球菌17(17.89%);真菌3株(3.16%),其中白假丝酵母2株(2.11%),假丝酵母1株(1.05%)(表1)。

表1 脊柱术后患者感染情况及病原菌分布(%)  
Table 1 Infection status and distribution of pathogenic bacteria in patients after spinal surgery

病原菌 Pathogenic bacteria	菌株数 No. of bacterial strains	占比(%) Proportion
革兰阴性菌		
铜绿假单胞菌	11	11.57
大肠埃希菌	9	9.47
肺炎克雷伯菌	4	4.21
产气肠杆菌	3	3.16
阴沟肠杆菌	3	3.16
鲍曼不动杆菌	2	2.11
产碱假单胞菌	2	2.11
革兰阳性菌		
金黄色葡萄球菌	23	24.21
表皮葡萄球菌	17	17.89
屎肠球菌	4	4.21
粪肠球菌	4	4.21
溶血性葡萄球菌	3	3.16
其它	7	7.37
真菌		
白假丝酵母	2	2.11
假丝酵母	1	1.05

### 2 主要革兰阴性菌对常用抗菌药物的耐药性分析

铜绿假单胞菌对亚胺培南(18.18%)、美罗培南(0.00%)耐药性较低,对庆大霉素(100.00%)、头孢唑林(100.00%)耐药性较高;大肠埃希菌对亚胺培南(0.00%)、美罗培南(11.11%)耐药性较低,对庆大霉素(100.00%)、头孢曲松(100.00%)、头孢唑林(100.00%)耐药性较高(表2)。

表 2 主要革兰阴性菌对常用抗菌药物的耐药性分析 (%)  
Table 2 Analysis of resistance of major Gram negative bacteria to commonly used antibiotics

抗菌药物 Antibiotics	铜绿假单胞菌(n=11) <i>P. aeruginosa</i>		大肠埃希菌(n=9) <i>E. coli</i>	
	菌株数 No. of bacterial strains	耐药率(%) Drug resistance rate	菌株数 No. of bacterial strains	耐药率(%) Drug resistance rate
庆大霉素	11	100.00	9	100.00
氨苄西林	8	72.73	8	88.89
阿莫西林	10	90.91	6	66.67
环丙沙星	8	72.73	7	77.78
左氧氟沙星	9	81.82	6	66.67
头孢噻亏	3	27.27	4	44.44
头孢曲松	8	72.73	9	100.00
头孢唑林	11	100.00	9	100.00
头孢呋辛	6	54.55	5	55.56
氨曲南	9	81.82	6	66.67
亚胺培南	2	18.18	0	0.00
美罗培南	0	0.00	1	11.11
妥布霉素	5	45.45	6	66.67

### 3 主要革兰阳性菌对常用抗菌药物的耐药性分析

金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌对环丙沙星(21.74%, 17.65%)、左氧氟沙星(17.39%, 17.65%)耐药性较低,对红霉素(100.00%, 94.12%)、青霉素 G(91.30%, 100.00%)耐药性较高(表 3)。

表 3 主要革兰阳性菌对常用抗菌药物的耐药性分析 (%)  
Table 3 Analysis of resistance of major gram positive bacteria to common antibiotics

抗菌药物 Antibiotics	金黄色葡萄球菌(n=23) <i>S. aureus</i>		表皮葡萄球菌(n=17) <i>S. epidermidis</i>	
	菌株数 No. of bacterial strains	耐药率(%) Drug resistance rate	菌株数 No. of bacterial strains	耐药率(%) Drug resistance rate
环丙沙星	5	21.74	3	17.65
左氧氟沙星	4	17.39	3	17.65
阿米卡星	13	56.52	8	47.06
红霉素	23	100.00	16	94.12
庆大霉素	12	52.17	9	52.94
青霉素 G	21	91.30	17	100.00
阿奇霉素	16	69.57	10	58.82
利福平	9	39.13	7	41.18
头孢唑林	16	69.57	11	64.71

### 4 脊柱术后患者感染的单因素分析

单因素分析结果显示,未感染组和感染组性别、体质指数、高血压、吸烟史、手术部位、手术入路、内固定、术后 24 h 指标(体温、WBC、TNF- $\alpha$ )比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。感染组年龄 $\geq 60$ 岁、手术时间 $\geq 3$  h、术中出血量 $\geq 300$  mL、糖尿病患者比例及术后 24 h 指标(IL-6、PCT)高于未感染组( $P < 0.05$ )(表 4)。

表 4 脊柱术后患者感染的单因素分析[n(%)]  
Table 4 Univariate analysis of infection in patients after spinal surgery

项目 Project	例数 No.	未感染组 (n=65) Uninfected group	感染组 (n=65) Infection group	t/ $\chi^2$	P
年龄(岁)				13.742	0.000
<60	86	53(81.54)	33(50.77)		
$\geq 60$	44	12(18.46)	32(49.23)		
性别[n(%)]				0.278	0.598
男性	69	33(50.77)	36(55.38)		
女性	61	32(49.23)	29(44.62)		
体质指数(kg/m <sup>2</sup> )				0.916	0.339
<25	91	48(73.85)	43(66.15)		
$\geq 25$	39	17(26.15)	22(33.85)		
高血压[n(%)]				0.850	0.357
无	85	45(69.23)	40(61.54)		
有	45	20(30.77)	25(38.46)		
糖尿病[n(%)]				5.909	0.015
无	110	60(92.31)	50(76.92)		
有	20	5(7.69)	15(23.08)		
吸烟史[n(%)]				1.110	0.292
无	68	37(56.92)	31(47.69)		
有	62	28(43.08)	34(52.31)		
手术部位[n(%)]				1.434	0.231
胸椎	34	20(30.77)	14(21.54)		
腰骶椎	96	45(69.23)	51(78.46)		
手术入路[n(%)]				1.492	0.222
前路	32	19(29.23)	13(20.00)		
后路	98	46(70.77)	52(80.00)		
内固定[n(%)]				2.815	0.093
无	43	26(40.00)	17(26.15)		
有	87	39(60.00)	48(73.85)		
手术时间(h)				15.711	0.000
<3	89	55(84.62)	34(52.31)		
$\geq 3$	41	10(15.38)	31(47.69)		
术中出血量(mL)				16.154	0.000
<300	91	56(86.15)	35(53.85)		
$\geq 300$	39	9(13.85)	30(46.15)		
术后 24 h 指标					
体温(°C)	-	36.78 $\pm$ 0.26	36.81 $\pm$ 0.23	0.697	0.487
WBC( $\times 10^9$ /L)	-	6.59 $\pm$ 1.32	6.61 $\pm$ 1.45	0.082	0.935
IL-6(ng/L)	-	14.12 $\pm$ 3.85	26.94 $\pm$ 4.51	17.430	0.000
TNF- $\alpha$ (ng/mL)	-	2.45 $\pm$ 0.48	2.51 $\pm$ 0.62	0.617	0.538
PCT(mg/L)	-	1.13 $\pm$ 0.26	2.59 $\pm$ 0.54	19.640	0.000

### 5 脊柱术后患者感染的多因素 logistic 回归分析

以脊柱术后患者是否发生感染(否=0,是=1)为因变量,以上述单因素分析结果中有统计学意义的年龄(<60岁=0, $\geq 60$ 岁=1)、手术时间(<3 h=0, $\geq 3$  h=1)、术中出血量(<300 mL=0, $\geq 300$  mL=1)、糖尿病(无=0,有=1)、IL-6(连续变量)、PCT(连续变量)为自变量进行多因素 logistic 回归分析,年龄 $\geq 60$ 岁、手术时间 $\geq 3$  h、术中出血量 $\geq 300$  mL、有糖尿病、术后 24 h IL-6 高、术后 24 h PCT 高均是脊柱术后患者感染的独立危险因素( $P < 0.05$ )(表 5)。

表 5 脊柱术后患者感染的多因素 Logistic 回归分析  
Table 5 Multivariate logistic regression analysis of infection in patients after spinal surgery

影响因素 Influence factor	B	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	95% CI
年龄	1.026	0.326	9.899	0.002	2.789	1.472~5.284
手术时间	1.104	0.309	12.756	0.000	3.015	1.645~5.525
术中出血量	1.036	0.297	12.160	0.000	2.817	1.574~5.042
糖尿病	1.077	0.342	9.912	0.002	2.935	1.501~5.738
IL-6	1.066	0.339	9.896	0.002	2.905	1.495~5.646
PCT	1.114	0.274	16.544	0.000	3.048	1.781~5.215

## 讨 论

脊柱手术是临床治疗脊柱损伤疾病最常见手段之一,可恢复患者脊柱结构和功能,但因该手术为侵入性操作,手术时间长、创伤大,导致术后医院感染的发生率较高<sup>[7-9]</sup>。既往研究报道,接受脊柱手术患者术后感染的发生率为 0.2%~16.1%,脊柱手术后感染作为脊柱手术术后常见并发症,给患者带来痛苦和长期预后不良<sup>[10-11]</sup>。因此,明确术后感染的病原菌分布及耐药情况,可为临床医师后期治疗、控制感染提供有利指导。

本研究纳入 65 例脊柱手术后感染患者中,共检出 95 株病原菌,以革兰阳性菌为主,与苍珊等<sup>[12]</sup>研究结果较为一致。革兰阳性菌中金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌较多,且二者对环丙沙星、左氧氟沙星耐药性较低,革兰阴性菌中铜绿假单胞菌和大肠埃希菌较多,二者对亚胺培南、美罗培南耐药性较低。临床研究检测过程中出现表皮葡萄球菌多数考虑可能在取样或送检过程中出现污染,重视程度较低,但表皮葡萄球菌也是术后感染中的重要病原菌。临床可将本研究结果作用依据,依据耐药性分析结果选择合适敏感的抗菌药物对患者规范性预防性应用抗生素,防止抗生素滥用等情况发生。

目前临床可通过测量体温和血常规数据检测来初步评定患者是否有感染风险<sup>[13]</sup>,然而本研究结果中两组患者术后 24 h 体温和 WBC、TNF- $\alpha$  等数据差异无统计学意义。推测此类指标可能无法在术后早期对感染进行早期区分。本研究感染患者中术后 24 h IL-6 和 PCT 水平较高,与郭雄飞等<sup>[14]</sup>研究结果相似。IL-6 作为促炎因子,在炎症级联反应中发挥启动因子作用,在发生感染时呈高表达<sup>[15]</sup>。PCT 是降钙素的前体物质,其表达高低反映炎症反应程度,是监测感染的重要指标,其检测水平升高代表机体感染风险较高<sup>[16-17]</sup>。且多因素结果表明,除 IL-6、PCT 外,年龄 $\geq 60$  岁、手术时间 $\geq 3$  h、术中出血量 $\geq 300$  mL、有糖尿病同样影响脊柱术后患者感染。年龄越大的患者其免疫功能越差,机体抵抗力较年轻患者弱,因此术后感染风险显著增加。手术时间增加可能导致术后感染风险增加;手

术时间较长可能引发微血管破裂和局部组织坏死,进而引发手术切口感染,且手术时间增加会使创口暴露于空气的时间延长,从而增加术后感染风险。术中出血量较大可能会导致患者局部组织缺氧,降低患者对外源微生物的抵抗力,增加患者机体炎症反应,进而引发感染。糖尿病会引发患者机体的代谢紊乱和应激状态,使其机体免疫力降低,为病原微生物感染提供有利条件<sup>[18-20]</sup>。

综上,脊柱手术后感染病原菌以革兰阳性菌中的金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌为主,二者对环丙沙星、左氧氟沙星耐药性较低,对红霉素、青霉素 G 耐药性较高,临床医师可以此为依据对患者进行用药。此外,年龄、手术时间、出血量等为脊柱手术后感染的高危因素,临床对于有相关因素的患者需加强预防工作,以降低术后感染发生率。本研究仅通过小样本实验对感染的高危因素、病原菌分布和耐药性进行分析,其结果可能存在一定偏倚。

致谢:感谢西南医科大学附属医院冯大雄教授、周庆忠教授对本次文章数据的整理指导

### 【参考文献】

- [1] Tan T, Lee H, Huang MS, et al. Prophylactic postoperative measures to minimize surgical site infections in spine surgery: systematic review and evidence summary[J]. Spine J, 2020, 20(3):435-447.
- [2] Takahashi H, Koda M, Funayama T, et al. Continuous local antibiotic perfusion for patients with surgical site infection after instrumented spinal surgery; a novel technique to retain the implants[J]. J Clin Neurosci, 2021, 93(1):70-74.
- [3] Ying H, Luo ZW, Peng AF, et al. Incidences and reasons of postoperative surgical site infection after lumbar spinal surgery: a large population study[J]. Eur Spine J, 2022, 31(2):482-488.
- [4] Chen L, Liu C, Ye Z, et al. Predicting surgical site infection risk after spinal tuberculosis surgery: development and validation of a nomogram[J]. Surg Infect (Larchmt), 2022, 23(6):564-575.
- [5] 中华人民共和国卫生部,中华医院管理学会医院感染管理专业委员会. 医院感染诊断标准(试行)[J]. 中华医学杂志, 2001, 81(5):341-320.
- [6] Humphries R, Bobenchik AM, Hindler JA, et al. Overview of Changes to the Clinical and Laboratory Standards Institute Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, M100, 31st Edition[J]. J Clin Microbiol, 2021, 59(12):1-13.
- [7] Khan SA, Choudry U, Salim A, et al. Current management trends for surgical site infection after posterior lumbar spinal instrumentation: a systematic review[J]. World Neurosurg, 2022, 164(1):374-380.
- [8] Dietz N, Sharma M, Adams S, et al. Health care utilization and associated economic burden of postoperative surgical site infection after spinal surgery with follow-up of 24 months[J]. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg, 2023, 84(1):21-29.

(下转 344 页)



本次研究中,厄他培南的敏感度、阴性预测值均高于美罗培南和亚胺培南,特异度、阳性预测值较低。与陈善建等<sup>[14]</sup>研究结果一致。Ramachandran 等<sup>[15]</sup>通过药物结构、分子动力学角度分析三种碳青霉烯类药物抑菌效果的差异性,发现美罗培南、亚胺培南治疗效果更好,为本次研究结果提供了理论依据。

综上所述,临床分离的 CRE 菌株中以肺炎克雷伯菌为主,主要分离自痰液标本、重症监护病房。建立快速、准确的 CRE 筛查方法具有重要意义,厄他培南改良显色平板相对比其他两种改良显色平板具有更高的敏感度,更适用于临床微生物实验室的推广应用,对 CRE 的预防和控制具有重要临床意义。

【参考文献】

[1] Chaturvedi A, Banashankari GS. Utility of a novel chromogenic medium as a screening method in the detection of carbapenemase producing *Enterobacteriaceae* [J]. *J Lab Physicians*, 2020, 9(13): 202-206.

[2] Logan LK, Weinstein RA. The epidemiology of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: the impact and evolution of a global menace [J]. *J Infect Dis*, 2021, 215(1): 28-36.

[3] Goodman KE, Simner PJ, Tamma PD, et al. Infection control implications of heterogeneous resistance mechanisms in carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) [J]. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 2020, 15(11): 95-108.

[4] 南超, 黄一凤, 马娜, 等. ICU 患者耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌的耐药及传播机制的分析 [J]. *中国病原生物学杂志*, 2022, 17(5): 578-581.

[5] Martino MD, Koga PC, Pasternak J, et al. Evaluation of a new rapid test for carbapenemase detection in carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* [J]. *J Microbiol Methods*, 2021, 115(1): 20-21.

[6] Arena F, Vannetti F, Di Pilato V, et al. Diversity of the

epidemiology of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in long-term acute care rehabilitation settings from an area of hyperendemicity, and evaluation of an intervention bundle [J]. *J Hosp Infect*, 2018, 100(1): 29-34.

[7] 中国碳青霉烯耐药药肠杆菌科细菌感染诊治与防控专家共识编写组, 中国医药教育协会感染疾病专业委员会, 中华医学会细菌感染与耐药防控专业委员会. 中国碳青霉烯耐药药肠杆菌科细菌感染诊治与防控专家共识 [J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(36): 2850.

[8] Nordmann P, Gniadkowski M, Giske C, et al. Identification and screening of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* [J]. *Clin Microbiol Infect*, 2012, 18(5): 432-438.

[9] Datta P, Gupta V, Singla N, et al. Asymptomatic colonization with carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) in ICU patients and its associated risk factors: Study from North India [J]. *Indian J Med Microbiol*, 2022, 33(4): 612-613.

[10] 陈亚男, 刘菁, 李爱民, 等. 304 例耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌医院感染流行病学特征与干预措施及效果 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2022, 32(10): 1450-1453.

[11] 潘璐, 朱凤雪, 李纾, 等. 重症监护病房中耐碳青霉烯类肠杆菌感染危险因素分析 [J]. *中国医药*, 2016, 11(8): 1200-1203.

[12] 陆书华, 李晓哲, 刘凌云, 等. 山东某院耐碳青霉烯类肠杆菌科细菌临床感染特征及耐药基因分析 [J]. *检验医学*, 2020, 35(8): 757-762.

[13] Garcia-Arenzana N, Redondo-Bravo L, Espinelruiz MA, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* outbreak in a medical ward in Spain: epidemiology, control strategy, and importance of environmental disinfection [J]. *Microb Drug Resist*, 2019, 26(1): 54-59.

[14] 陈善建. 改良 CRE 筛查显色平板的性能评价及其应用 [D]. 福建医科大学, 2019.

[15] Ramachandran B, Jeyakanthan J, Lopes BS. Molecular docking, dynamics and free energy analyses of *Acinetobacter baumannii* OXA class enzymes with carbapenems investigating their hydrolytic mechanisms [J]. *J Med Microbiol*, 2020, 69(8): 1062-1078.

【收稿日期】 2023-11-17 【修回日期】 2024-01-30

(上接 340 页)

[9] Badin D, Leland CR, Matsumoto H, et al. Best practice guidelines for surgical site infection in high-risk pediatric spine surgery: definition, prevention, diagnosis, and treatment [J]. *J Pediatr Orthop*, 2022, 42(10): 1008-1017.

[10] Zhang X, Liu P, You J. Risk factors for surgical site infection following spinal surgery: A meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(8): 1-13.

[11] Zhou J, Wang R, Huo X, et al. Incidence of surgical site infection after spine surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. *Spine*, 2020, 45(3): 208-216.

[12] 苍娜, 张转运, 荣辉. 脊柱手术部位感染病原菌特征及危险因素调查分析 [J]. *安徽医药*, 2021, 25(5): 879-882.

[13] 齐素红, 王学民, 陈长宝, 等. 脊柱术后感染病原菌及 CD64 和中性粒细胞百分比的早期预测价值 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(3): 429-433.

[14] 郭雄飞, 王挺, 汤立新. 脊柱手术后切口感染患者病原菌分布及耐药性和血清炎性因子水平分析 [J]. *新乡医学院学报*, 2019, 36(10): 963-966.

[15] Lenski M, Tonn JC, Siller S. Interleukin-6 as inflammatory

marker of surgical site infection following spinal surgery [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163(6): 1583-1592.

[16] Chen X, Liu X, Yuan Z, et al. Expression and prognostic relevance of CRP, PCT, and IL-15 in patients with postoperative infection due to spinal injury [J]. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*, 2022, 68(8): 87-91.

[17] Zhu X, Li K, Zheng J, et al. Usage of procalcitonin and sCD14-ST as diagnostic markers for postoperative spinal infection [J]. *J Orthop Traumatol*, 2022, 23(1): 25-35.

[18] Namba T, Ueno M, Inoue G, et al. Prediction tool for high risk of surgical site infection in spinal surgery [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2020, 41(7): 799-804.

[19] 郑礼鹏, 何沛峰, 周庆忠, 等. 脊柱外科手术切口感染患者血清中 miR-182 和 miR-199b 表达及意义 [J]. *中国病原生物学杂志*, 2023, 18(11): 1346-1349, 1354.

[20] 马维理, 陈国奋, 熊亮, 等. 脊柱术后感染危险因素及与 PCT, Presepsin, ESR 水平 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 1(23): 3655-3658.

【收稿日期】 2023-10-19 【修回日期】 2023-12-28