

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2407020

论著·临床研究

儿童耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌感染的 临床特点及危险因素分析

彭钇露 王红梅 李迟 张交生 齐利峰

(中国医科大学深圳市儿童医院感染科, 广东深圳 518036)

[摘要] **目的** 探究儿童耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌(carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa*, CRPA)感染的临床特点, 分析感染的危险因素。**方法** 回顾性纳入2018年1月—2023年9月在中国医科大学深圳市儿童医院住院的CRPA感染患儿60例作为CRPA组, 随机选取同期碳青霉烯类敏感铜绿假单胞菌感染患儿82例作为对照组。采用多因素logistic回归分析探讨CRPA感染的危险因素。**结果** CRPA感染患儿主要分布在重症监护病房(intensive care unit, ICU)(52%, 31/60), 检出部位主要来源于下呼吸道(53%, 32/60)。单因素分析显示, 性别、1年内侵袭性治疗史、入院前使用抗生素、有基础性疾病史、入住ICU、入院后接受侵入性操作、抗生素应用时间 >14 d及抗生素应用种类 ≥ 3 种与CRPA感染有关($P<0.05$)。多因素分析显示, 1年内侵袭性治疗史($OR=3.228$)、入院前使用抗生素($OR=4.052$)、抗生素应用时间 >14 d($OR=4.961$)及抗生素应用种类 ≥ 3 种($OR=3.687$)是儿童感染CRPA的独立危险因素($P<0.05$)。**结论** 儿童CRPA感染可能与1年内侵袭性治疗史、入院前抗生素应用、入院后抗生素使用时间及抗生素使用种类多样性相关。

[中国当代儿科杂志, 2024, 26(11): 1169-1175]

[关键词] 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌; 临床特点; 危险因素; 儿童

Clinical characteristics and risk factors of carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection in children

PENG Yi-Lu, WANG Hong-Mei, LI Chi, ZHANG Jiao-Sheng, QI Li-Feng. Department of Infectious Medicine, Shenzhen Children's Hospital, China Medical University, Shenzhen, Guangdong 518036, China (Qi L-F, Email: qlf0298@sina.com)

Abstract: Objective To investigate the clinical characteristics of carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* (CRPA) infection in children and the risk factors for such infection. **Methods** A retrospective analysis was conducted among 60 children with CRPA infection (CRPA group) who were hospitalized in Shenzhen Children's Hospital, China Medical University, from January 2018 to September 2023, and 82 children with carbapenem-sensitive *Pseudomonas aeruginosa* infection during the same period were randomly selected as the control group. A multivariate logistic regression analysis was used to investigate the risk factors for CRPA infection. **Results** Among the 60 children with CRPA infection, 31 (52%) were admitted to the intensive care unit (ICU), and the lower respiratory tract was the main detection site in 32 children (53%). The univariate analysis showed that sex, history of invasive treatment within 1 year, antibiotic use before admission, presence of underlying condition, ICU admission, invasive procedure after admission, antibiotic use for >14 days, and the type of antibiotics used of ≥ 3 were associated with CRPA infection ($P<0.05$). The multivariate logistic regression analysis showed that the history of invasive treatment within 1 year ($OR=3.228$, $P<0.05$), antibiotic use before admission ($OR=4.052$, $P<0.05$), antibiotic use for >14 days ($OR=4.961$, $P<0.05$), and the type of antibiotics used of ≥ 3 ($OR=3.687$, $P<0.05$) were independent risk factors for CRPA infection in children. **Conclusions**

[收稿日期] 2024-07-02; [接受日期] 2024-10-16

[基金项目] 广东省高水平临床重点专科(深圳市配套建设经费)项目(SZGSP012); 高水平医院-广东省儿童感染精准诊断工程技术研究中心(2021B295); 深圳市“医疗三名工程”项目(SZSM202311024)。

[作者简介] 彭钇露, 女, 硕士研究生。

[通信作者] 齐利峰, 男, 副主任医师。Email: qlf0298@sina.com。

CRPA infection in children may be associated with a history of invasive treatment within the past year, antibiotic use before admission, duration of antibiotic use after admission, and the diversity of antibiotic types used.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2024, 26(11): 1169-1175]

Key words: Carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa*; Clinical characteristic; Risk factor; Child

铜绿假单胞菌 (*Pseudomonas aeruginosa*, PA) 是自然界中常见的机会致病菌, 在免疫力低下、皮肤屏障破损等条件下可侵入机体致病, 同时PA可通过污染医疗器械及医院环境造成医院内感染, 所以也是医院内最常见的获得性致病菌之一^[1]。碳青霉烯类抗生素作为一类抗菌活性强的广谱抗菌药, 常广泛应用于临床治疗革兰氏阴性菌。近年来, 多重耐药革兰阴性菌尤以耐碳青霉烯类革兰阴性菌 (carbapenem-resistant organism, CRO) 检出率逐年升高, 其中虽然耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌 (carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa*, CRPA) 近年检出率趋于稳定, 但明确感染后临床治疗困难^[2-4]。本研究主要分析CRPA感染的临床特点、用药情况以及危险因素, 为临床预防和发现儿童感染CRPA提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性选取2018年1月—2023年9月于我院住院的60例CRPA感染患儿为研究对象。纳入标准: (1) 年龄0~18岁。(2) 临床资料完整。(3) 病原学阳性标本为痰液、肺泡灌洗液、血液、分泌物, 以及中段尿、粪便等来源 (其中痰液标本经质控明确标本合格, 检出后再次复查药敏结果), 药敏试验对美罗培南、亚胺培南等任何一种碳青霉烯类抗菌药物耐药, 同种标本或不同标本培养至少1次CRPA菌株, 同时合并以下感染体征或影像学证据之一即考虑CRPA感染。①存在呼吸道感染、泌尿系感染、消化道等症状, 即体温 $>38^{\circ}\text{C}$ 或脓尿、尿液浑浊、脓痰、腹泻、体表破溃并有脓性分泌物等任意表现; ②肺部影像学提示炎性改变; ③X线或CT提示浆膜腔积液或脓肿 (胸腔、腹腔积液、脓肿、肾脓肿等); ④多次培养阳性选取首次明确感染入组。本研究经深圳市儿童医院伦理委员会审批 (201801508号)。

1.2 资料收集

收集人口学资料、基础状况、临床表现及实

验室指标等, 以及抗菌药物治疗方案和临床转归情况。基础状况包括基础疾病、1年内侵袭性治疗史、免疫抑制治疗等。根据菌株药敏试验结果分为CRPA组和碳青霉烯类敏感铜绿假单胞菌 (carbapenem-sensitive *Pseudomonas aeruginosa*, CSPA) 组。

1.3 检测方法及药敏试验结果判定

菌株鉴定采用法国生物梅里埃公司VITEK 2-compact全自动微生物分析系统, 药敏结果参照美国临床和实验室标准化协会推荐的药敏试验方法进行判读^[5], 质控菌株为PA ATCC27853。

1.4 统计学分析

采用SPSS 25.0统计软件进行数据处理。计数资料以例数和百分率 (%) 表示, 组间比较采用 χ^2 、校正 χ^2 检验或Fisher确切概率法; 符合正态分布的计量资料用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 非正态分布的计量资料以中位数 (四分位数间距) $M (Q_1, Q_3)$ 表示, 组间比较采用Wilcoxon秩和检验。采用多因素logistic回归分析评估CRPA感染的危险因素。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

共纳入60例CRPA感染及82例CSPA感染患儿。CRPA组患儿年龄阶段以1~4岁 (27%) 和8~12岁 (25%) 居多, CSPA组以4~8岁 (27%) 和8~12岁 (32%) 为主, 两组患儿年龄分布差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表1。

CRPA组与CSPA组患儿在性别、1年内侵袭性治疗史、入院前 (90 d内) 使用抗生素、基础性疾病史、医院内获得性感染、入住重症监护病房 (intensive care unit, ICU), 以及入院后接受侵入性操作、置管操作、机械通气、抗生素应用时间 >14 d、抗生素应用种类 ≥ 3 种 (菌株检出前的抗生素方案)、住院时间方面比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。见表1。

表 1 两组铜绿假单胞菌感染患儿临床特征比较

临床特征	CSPA 组 (n=82)	CRPA 组 (n=60)	Z/t/ χ^2 值	P 值
性别 [n(%)]				
男	50(61)	26(43)	4.335	0.037
女	32(39)	34(57)		
年龄 [n(%)]				
<28 d	1(1)	1(2)	0.453	0.652
<1 岁	13(16)	10(17)		
1~4 岁	18(22)	16(27)		
>4~8 岁	21(26)	10(17)		
>8~12 岁	26(32)	15(25)		
>12~18 岁	3(4)	8(13)		
住院前数据 [n(%)]				
1 年内侵袭性治疗史 ^a	12(15)	24(40)	11.780	0.001
免疫抑制治疗	17(21)	16(27)	0.684	0.408
免疫缺陷	16(20)	19(32)	2.756	0.097
入院前使用抗生素	22(27)	37(62)	17.315	<0.001
存在基础疾病	44(54)	44(73)	5.691	0.017
医院获得	36(44)	50(83)	22.555	<0.001
入住 ICU	16(20)	31(52)	16.178	<0.001
实验室检查				
WBC 计数 ($\bar{x} \pm s, \times 10^9/L$)	11 $\pm$ 10	14 $\pm$ 13	1.706	0.091
中性粒细胞计数 ($\bar{x} \pm s, \times 10^9/L$)	8 $\pm$ 18	11 $\pm$ 11	0.915	0.362
PLT 计数 ($\bar{x} \pm s, \times 10^9/L$)	298 $\pm$ 402	249 $\pm$ 181	-0.866	0.388
RBC 计数 ($\bar{x} \pm s, \times 10^9/L$)	3.8 $\pm$ 0.8	3.6 $\pm$ 0.9	-1.939	0.055
Hb ($\bar{x} \pm s, g/L$)	105 $\pm$ 21	98 $\pm$ 22	-2.002	0.048
CRP ($\bar{x} \pm s, mg/L$)	65 $\pm$ 75	81 $\pm$ 73	1.235	0.219
侵入性操作 ^b [n(%)]	53(65)	56(93)	15.998	<0.001
置管操作 ^c [n(%)]	48(59)	56(93)	21.405	<0.001
机械通气 ^d [n(%)]	24(29)	33(55)	9.548	0.002
抗生素应用时间>14 d [n(%)]	23(28)	50(83)	42.393	<0.001
抗生素应用种类 $\geq$ 3 种 ^e [n(%)]	22(27)	45(75)	32.261	<0.001
住院时间 [M (Q ₁ , Q ₃), d]	33(17, 41)	103(58, 151)	-46.849	<0.001
结局 [n(%)]				
死亡	5(6)	8(13)	2.181	0.14
好转	77(94)	52(87)		

注：[CRPA] 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌；[CSPA] 碳青霉烯类敏感铜绿假单胞菌；[ICU] 重症监护病房；[WBC] 白细胞；[PLT] 血小板；[RBC] 红细胞；[Hb] 血红蛋白；[CRP] C 反应蛋白。a 指 1 年内侵袭性治疗史包括手术史、置入胃管、进行造瘘、植入输液港、气管切开等；b 指侵入性操作包含置管操作及机械通气操作在内；c 指置管操作包括置入胃管、尿管、引流管、经外周静脉置入中心静脉导管、中心静脉导管及动脉置管等；d 指机械通气包括气管插管、气管切开；e 指抗生素应用种类 $\geq$ 3 种考虑为临床治疗上应用 β -内酰胺类或 β -内酰胺酶抑制剂、碳青霉烯类抗生素、大环内酯类抗生素、氨基糖苷类抗生素等任意 3 种抗生素及以上。

2.2 PA 感染患儿科室分布情况

CRPA 组与 CSPA 组内科科室病例（分别为 82%、79%）多于外科科室（分别为 18%、21%），

CRPA 组内科科室以 ICU 来源为主（52%，31/60）、CSPA 组以血液肿瘤科来源居多（27%，22/82）。见表 2。

表 2 两组 PA 感染患儿临床科室分布情况 [n (%)]

科室	总数 (n=142)	CSPA 组 (n=82)	CRPA 组 (n=60)	χ^2 值	P 值
内科	114(80)	65(79)	49(82)	16.178	<0.001
重症监护病房	47(33)	16(20)	31(52)		
血液肿瘤科	34(24)	22(27)	12(20)		
呼吸内科	19(13)	16(20)	3(5)		
神经内科	3(2)	2(2)	1(2)		
肾脏内科	3(2)	3(4)	0(0)		
心血管内科	3(2)	3(4)	0(0)		
消化内科	2(1)	1(1)	1(2)		
风湿免疫科	1(1)	0(0)	1(2)		
感染科	1(1)	1(1)	0(0)		
内分泌科	1(1)	1(1)	0(0)		
外科	28(20)	17(21)	11(18)	0.009	0.924
普通外科	17(12)	10(12)	7(12)		
泌尿外科	5(4)	4(5)	1(2)		
神经外科	3(2)	1(1)	2(3)		
胸心外科	2(1)	1(1)	1(2)		
骨科	1(1)	1(1)	0(0)		

注：[CRPA] 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌；[CSPA] 碳青霉烯类敏感铜绿假单胞菌。

2.3 菌株检出来源分布情况

CRPA 组菌株检出来源以下呼吸道来源最多 (53%)，CSPA 组菌株检出来源以血液培养来源最多 (44%)，见表 3。

表 3 两组患儿 PA 感染菌株来源分布 [n (%)]

样品来源	CSPA 组 (n=82)	CRPA 组 (n=60)
下呼吸道*	30(36)	32(53)
血液	36(44)	9(15)
阑尾脓肿	7(9)	6(10)
分泌物	3(4)	6(10)
尿液	6(7)	1(2)
粪便	0(0)	6(10)
合计	82(100)	60(100)

注：[CRPA] 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌；[CSPA] 碳青霉烯类敏感铜绿假单胞菌。*指下呼吸道来源标本包含痰液及肺泡灌洗液；分泌物包含软组织及创面分泌物、造瘘口分泌物、胸腹水等。

2.4 住院期间两组 PA 感染患儿抗生素使用情况

住院期间抗生素应用方案为菌株检出前的方案，抗生素使用种类≥3 种考虑为临床治疗上应用

β-内酰胺或 β-内酰胺酶抑制剂、碳青霉烯类抗生素、大环内酯类抗生素、氨基糖苷类抗生素等其中任意 3 种抗生素及以上。CRPA 组以碳青霉烯类、第三代头孢菌素类抗生素应用最多（分别为 70%、67%），CSPA 组以第三代头孢菌素类抗生素及 β-内酰胺酶抑制剂为主（分别为 62%、57%；存在联合应用）。见表 4。

2.5 患儿感染 CRPA 的多因素分析

以 PA 感染是否发生碳青霉烯类抗生素耐药为因变量，以性别、1 年内侵袭性治疗史、入院前使用抗生素、基础疾病状况、入住 ICU、侵入性操作、置管操作、机械通气、抗生素使用时间>14 d、抗生素使用种类≥3 种等相关因素作为自变量（按二分类变量赋值），进行多因素 logistic 回归分析。结果显示，1 年内有侵袭性治疗史（OR=3.228）、住院前应用抗生素（OR=4.052）、住院期间抗生素应用时间>14 d（OR=4.961）及抗生素应用种类≥3 种（OR=3.687）是儿童感染 CRPA 的独立危险因素（P<0.05），见表 5。

表 4 住院期间抗生素应用情况 [例 (%)]

抗生素种类	CSPA 组 (n=82)	CRPA 组 (n=60)	χ^2 值	P 值
β -内酰胺酶抑制剂	47(57)	36(60)	0.103	0.749
第二代头孢菌素类	12(15)	9(15)	0.004	0.952
第三代头孢菌素类	51(62)	40(67)	0.301	0.583
第四代头孢菌素类	0(0)	5(8)	–	0.012
青霉素类	7(9)	2(3)	–	0.209
碳青霉烯类	30(37)	42(70)	15.477	<0.001
糖肽类	22(27)	28(47)	5.977	0.014
氨基糖苷类	3(4)	19(32)	–	<0.001
喹诺酮类	1(1)	9(15)	–	0.002
大环内酯类	7(9)	4(7)	–	0.681
磺胺类	0(0)	5(8)	–	0.012
多肽类	0(0)	2(3)	–	0.177
多磷类	0(0)	1(2)	–	0.423
恶唑烷酮类	4(5)	7(12)	–	0.135
甘胺酰环类	0(0)	2(3)	–	0.177

注：[CRPA] 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌；[CSPA] 碳青霉烯类敏感铜绿假单胞菌。

表 5 儿童铜绿假单胞菌感染的多因素分析结果

变量	B	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
1 年内侵袭性治疗史	1.177	0.550	4.539	0.033	3.228	1.098~9.485
住院前应用抗生素	1.399	0.456	9.427	0.002	4.052	1.659~9.899
抗生素应用时间>14 d	1.717	0.503	11.644	0.001	4.961	2.077~14.935
抗生素应用种类≥3 种	1.305	0.494	6.973	0.008	3.687	1.400~9.713
常量	-8.337	1.576	28.001	<0.001	0.000	–

3 讨论

PA 作为条件致病菌可通过呼吸道、血液、泌尿道、皮肤创面等多种途径侵犯人体，造成严重损害^[6-8]。既往研究报道，从 1999—2012 年，美国儿童检出 CRPA 的比例逐年增长 4%^[9]。近年我国 CRPA 的检出率变化不大^[10-11]，但在亚太地区、欧洲、北美洲等地区，非发酵革兰阴性杆菌仍是碳青霉烯类抗生素耐药病原中的重要病原体^[12]。因此，PA 对碳青霉烯类抗生素耐药问题值得重点关注，了解 CRPA 感染的临床特点和危险因素，对指导临床合理使用抗菌药物和预防 CRPA 发生具有重要意义。

本研究发现，与 CSPA 组比较，CRPA 组有 44 例（73%）患儿存在基础疾病，差异具有统计学意义，提示存在基础疾病的患儿易发生 PA 耐药，这与相关研究一致^[13]，基础疾病状态差的患儿抗生素应用时间长，使感染 CRPA 机会增加。CRPA 组患儿医院获得感染比例较 CSPA 组多，CRPA 能适

应并生存于医院环境内，是院内感染的重要致病菌^[8]，故而应加强院内感染防控管理。

本研究结果显示，CRPA 感染患儿主要来自 ICU 和血液肿瘤科，这与既往报道结果一致^[14-15]，这可能与患儿病情重，入住 ICU 后抗菌药物使用种类多、抗菌药物使用疗程延长及接受侵入性操作的比例高有关，罹患血液肿瘤相关疾病患儿长期接受免疫抑制治疗，存在继发性免疫功能低下，易发生条件致病菌感染。本研究发现，CRPA 菌株多来源于下呼吸道标本（53%），说明呼吸道是 CRPA 感染的主要部位^[16]，呼吸道是与外界环境相通的自然腔道，易于致病菌定植或感染。研究中部分患儿接受机械辅助通气治疗，导致气道屏障破坏，这提示临床工作中应注意患儿气道管理，对于危重患儿或免疫功能低下的患儿，应谨慎决定抗菌药物的应用方案并注意侵入性操作带来的感染风险。

本研究中，两组患儿以头孢菌素类抗生素、 β -内酰胺酶抑制剂及碳青霉烯类抗生素应用多，这

与目前国内外对于 PA 感染的治疗指导相符^[3-4, 17]。有研究表明,碳青霉烯类抗生素的使用与 PA 耐药率呈正相关^[18],既往有碳青霉烯类抗生素暴露史及抗生素应用时间是 CRPA 感染的危险因素^[19],说明抗生素使用情况与 CRPA 发生存在联系。本研究中第四代头孢菌素类、碳青霉烯类、氨基糖苷类、喹诺酮类抗生素等在两组患儿中应用比例有差异,这可能与临床经验性用药选择抗生素有关^[4, 7],头孢菌素类及碳青霉烯类抗生素具有一定抗 PA 活性,部分联合用药,如碳青霉烯类联合阿米卡星、 β -内酰胺类抗生素与氨基糖苷类或喹诺酮类抗生素联合应用后可能提高对 PA 的抗感染作用,对于病情重或不能排除 PA 感染的患儿临床常选择实施覆盖 PA 的经验性抗菌治疗。CRPA 组与 CSPA 组在抗生素应用种类 ≥ 3 种及抗生素应用时间 >14 d 的患儿比例差异具有统计学意义,提示抗生素应用种类增多或疗程延长可能诱导耐药性变化。所以,尽早获得病原学证据及药敏结果,减少抗菌药物使用种类及控制抗生素应用时间对降低耐药率可能有帮助。

多因素 logistic 回归分析结果显示 1 年内侵袭性治疗史、住院前应用抗生素、住院期间抗生素应用时间 >14 d、抗生素应用种类 ≥ 3 种是儿童感染 CRPA 的独立危险因素,这与既往研究结果一致^[19-23],侵袭性治疗或侵入性操作破坏了机体的保护屏障,增加致病菌感染风险。抗生素的暴露史,尤其是暴露于碳青霉烯类抗生素可能诱导 PA 外排泵基因过表达从而产生耐药性^[24],长期、联合使用抗菌药物可能产生累积效应,使非耐药基因转变为耐药基因,从抗菌药物的攻击下逃逸。以上提示医护人员在临床诊疗过程中应警惕既往存在侵袭性治疗史及抗生素暴露史的患儿,对于这类患儿要加强日常监护,注意抗菌药物的应用,规范其使用种类及疗程。本研究的局限性在于所纳入的病例选取于一家儿童医院,病例数较少,仅做了回顾性研究分析,也未将抗菌药物的耐药性进一步研究,期望将来能进多中心研究,进一步探索儿童 CRPA 感染的特点及耐药性变化。

综上所述,1 年内侵袭性治疗史、入院前抗生素暴露及临床抗生素治疗方案是儿童 CRPA 感染的危险因素,因此,重视患儿的基础情况,注意抗菌药物的合理使用并加强临床用药管理应是防控的重点。

作者贡献声明:彭钊露负责数据收集、分析、论文撰写;王红梅、李迟负责数据收集、整理;张交生负责数据的核查及论文的修改;齐利峰负责文章的构思、设计与修改。

利益冲突声明:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Hu Y, Qing Y, Chen J, et al. Prevalence, risk factors, and molecular epidemiology of intestinal carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa*[J]. Microbiol Spectr, 2021, 9(3): e0134421. PMID: 34817230. PMCID: PMC8612150. DOI: 10.1128/Spectrum.01344-21.
- [2] 中华预防医学会医院感染控制分会,中华医学会感染病学分会,中国医院协会医院感染管理专业委员会,等.中国碳青霉烯耐药革兰阴性杆菌(CRO)感染预防与控制技术指引[J].中华医院感染学杂志,2019,29(13): 2075-2080. DOI: 10.11816/cn.ni.2019-191088.
- [3] Antimicrobial Resistance Collaborators. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis [J]. Lancet, 2022, 399(10325): 629-655. PMID: 35065702. PMCID: PMC8841637. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
- [4] 中华医学会呼吸病学分会感染学组.中国铜绿假单胞菌下呼吸道感染诊治专家共识(2022年版)[J].中华结核和呼吸杂志,2022,45(8): 739-752. PMID: 35927044. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20220407-00290.
- [5] Clinical and Laboratory Standards Institute. M100-S32. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: thirty-second informational supplement[S]. Wayne, PA: CLSI, 2022.
- [6] 付盼,王传清,俞蕙,等.中国儿童细菌耐药监测组 2022 年儿童细菌耐药监测[J].中国循证儿科杂志,2023,18(5): 341-348. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5501.2023.05.003.
- [7] 李彩华,陈维忠,胡晓峰,等.耐碳青霉烯类革兰阴性菌分布特征及耐药性分析[J].中华医院感染学杂志,2018,28(5): 650-653. DOI: 10.11816/cn.ni.2017-171553.
- [8] 尹佳峰,郭智,耿燕,等.西安某院近 8 年铜绿假单胞菌的临床分布特征及耐药性分析[J].中国抗生素杂志,2022,47(9): 957-961. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8689.2022.09.014.
- [9] Logan LK, Gandra S, Mandal S, et al. Multidrug- and carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* in children, United States, 1999-2012[J]. J Pediatric Infect Dis Soc, 2017, 6(4): 352-359. PMID: 27856730. PMCID: PMC5907855. DOI: 10.1093/jpids/piw064.
- [10] 李耘,郑波,吕媛,等.中国细菌耐药监测(CARST)研究 2019-2020 革兰氏阴性菌监测报告[J].中国临床药理学杂志,2022,38(5): 432-452. DOI: 10.13699/j.cnki.1001-6821.2022.05.011.
- [11] 李耘,郑波,薛峰,等.中国细菌耐药监测研究(CARST)

- 2021–2022 年革兰氏阴性菌监测报告[J]. 中国临床药理学杂志, 2023, 39(23): 3525-3544.
DOI: 10.13699/j.cnki.1001-6821.2023.23.037.
- [12] Sader HS, Dale GE, Rhomberg PR, et al. Antimicrobial activity of murepavadin tested against clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa* from the United States, Europe, and China[J]. Antimicrob Agents Chemother, 2018, 62(7): e00311-18. PMID: 29686157. PMCID: PMC6021639.
DOI: 10.1128/AAC.00311-18.
- [13] 马幸延, 李虹霖, 鲁洋, 等. 铜绿假单胞菌对碳青霉烯类抗生素异质性耐药的临床特征与危险因素分析[J]. 热带医学杂志, 2019, 19(4): 398-403.
DOI: 10.3969/j.issn.1672-3619.2019.04.003.
- [14] Nordmann P, Poirel L. Epidemiology and diagnostics of carbapenem resistance in gram-negative bacteria[J]. Clin Infect Dis, 2019, 69(Suppl 7): S521-S528. PMID: 31724045. PMCID: PMC6853758. DOI: 10.1093/cid/ciz824.
- [15] 宋晓超, 金美娟, 丁蔚. 重症监护室与普通病房碳青霉烯类耐药铜绿假单胞菌医院感染分布与耐药性[J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(22): 3397-3401.
DOI: 10.11816/cn.ni.2021-211021.
- [16] 潘静, 吴祥兵, 施伎蝉, 等. 铜绿假单胞菌医院感染分布及其耐药性变迁[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(11): 1627-1631.
DOI: 10.11816/cn.ni.2022-211394.
- [17] Tamma PD, Aitken SL, Bonomo RA, et al. Infectious Diseases Society of America 2022 guidance on the treatment of extended-spectrum β -lactamase producing *Enterobacterales* (ESBL-E), carbapenem-resistant *Enterobacterales* (CRE), and *Pseudomonas aeruginosa* with difficult-to-treat resistance (DTR-*P. aeruginosa*)[J]. Clin Infect Dis, 2022, 75(2): 187-212. PMID: 35439291. PMCID: PMC9890506. DOI: 10.1093/cid/ciac268.
- [18] Terahara F, Nishiura H. Carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* and carbapenem use in Japan: an ecological study[J]. J Int Med Res, 2019, 47(10): 4711-4722. PMID: 31366256. PMCID: PMC6833374. DOI: 10.1177/0300060519864181.
- [19] Zhang D, Cui K, Wang T, et al. Risk factors for carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection or colonization in a Chinese teaching hospital[J]. J Infect Dev Ctries, 2018, 12(8): 642-648. PMID: 31958327. DOI: 10.3855/jidc.10150.
- [20] 马平平, 金小洁, 陈蕾. 某“三甲”肿瘤医院住院患者并发耐碳青霉烯铜绿假单胞菌感染的流行病学特点与危险因素分析[J]. 抗感染药学, 2022, 19(6): 876-881.
DOI: 10.13493/j.issn.1672-7878.2022.06-029.
- [21] 赵越, 黄雅轩, 阙熈芳, 等. 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌感染的临床特征及相关危险因素研究[J]. 中国实验诊断学, 2023, 27(12): 1421-1425. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4287.2023.12.008.
- [22] 谢朝云, 熊芸, 覃家露, 等. 耐碳青霉烯类铜绿假单胞菌的感染特征和危险因素分析[J]. 中国抗生素杂志, 2018, 43(7): 905-909. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8689.2018.07.022.
- [23] Li L, Huang Y, Tang Q, et al. Risk factors for carbapenem-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection in children[J]. Pediatr Infect Dis J, 2022, 41(8): 642-647. PMID: 35446814. DOI: 10.1097/INF.0000000000003563.
- [24] 刘莹, 费冰, 任彦颖, 等. 多重耐药铜绿假单胞菌RND外排泵基因调控研究进展[J]. 中国现代医药杂志, 2022, 24(5): 87-91.
DOI: 10.3969/j.issn.1672-9463.2022.05.024.

(本文编辑: 杨丹)

(版权所有©2024 中国当代儿科杂志)