

doi:10.3969/j.issn.1673-6184.2025.01.009

• 病例分析 •

长春市 1 株罕见沙门菌的生物学及分子特征分析

李月婷¹, 武艳立¹, 宋亚男¹, 田玉玲², 刘玉兰¹, 李月¹

1. 长春市疾病预防控制中心, 吉林 长春 130119; 2. 长春市儿童医院, 吉林 长春 130061

摘要: 浦那沙门菌 (*Salmonella* Poona) 是沙门菌的一种罕见血清型。本研究以长春市儿童医院从食源性疾病主动监测项目中报告的一例患者粪便样本中分离到的沙门菌株为研究对象, 采用细菌学鉴定、血清分型、药敏试验和全基因组测序技术分析其生物学特性及分子特征。结果显示, 此菌株通过生化鉴定为沙门菌属, 血清学分型鉴定结果为浦那沙门菌; 对大部分抗生素耐药, 且携带的耐药基因与毒力基因类型众多。本文证实, 长春市首次分离的浦那沙门菌菌株的耐药性及毒力较强, 应引起关注。本研究分析了浦那沙门菌的生物学特性及分子特征, 旨在为沙门菌临床治疗和防治提供科学依据。

关键词: 浦那沙门菌; 药敏试验; 全基因组测序

中图分类号: R446.5

文献标识码: A

Analysis of the biological and molecular characteristics of a rare *Salmonella* strain in Changchun

LI Yueting¹, WU Yanli¹, SONG Yanan¹, TIAN Yuling², LIU Yulan¹, LI Yue¹

1. Changchun Center for Disease Control and Prevention, Changchun 130119, Jilin Province, China;
2. Changchun Children's Hospital, Changchun 130061, Jilin Province, China

Abstract: *Salmonella* Poona is a rare serotype of *Salmonella*. This study was conducted on a *Salmonella* strain isolated from the fecal sample of a patient reported by the active surveillance project of foodborne diseases in Changchun Children's Hospital. Bacteriological identification, serotyping, drug sensitivity testing, and whole genome sequencing were employed to investigate its biological and molecular profiles. Results demonstrated that this strain was biochemically confirmed as *Salmonella* and identified as *Salmonella* Poona by the serological typing. The isolate exhibited resistance to most antibiotics and harbored a diverse array of resistance and virulence genes. This research confirms the first isolation of a multidrug-resistant and highly virulent *Salmonella* Poona strain in Changchun City, highlighting the need for heightened attention to this pathogen. This study aimed to analyze the biological characteristics and molecular features of *Salmonella* Poona to provide scientific evidence for clinical treatment and prevention.

Keywords: *Salmonella* Poona; Drug sensitivity testing; Whole genome sequencing

沙门菌血清型分型复杂, 根据已经发布的 White-Kauffmann-Le Minor 抗原表, 目前全球已

基金项目: 吉林省卫生健康委项目 (No. 2021GW016)

通信作者: 李月婷

Correspondence to: LI Yueting E-mail: Li-Yueting@163.com

经发现 2 700 多个沙门血清型^[1-3],我国已发现 300 多种沙门血清型^[4]。人类可以通过摄入受到污染的食物和水、直接或间接接触动物而感染非伤寒沙门氏菌(non-typhoid *Salmonella*, NTS)^[5]。浦那沙门菌(*Salmonella* Poona)是一种典型的人畜共患非伤寒沙门菌,通常由爬行动物传播,人类主要通过食源性途径感染该菌株,临床多表现为胃肠道疾病。浦那沙门菌亦可引起侵袭性菌血症,在免疫功能低下的儿童和成人患者中均有病例报道^[5-6],但在我国罕见报道。2023 年 5 月 12 日长春市疾病预防控制中心从食源性疾病主动监测项目中分离 1 株沙门菌,经鉴定分型确定为浦那沙门菌(*Salmonella* Poona),并对其进行了药敏试验及全基因组测序分析,旨在为沙门菌的临床治疗和防治提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 菌株来源

2023 年 5 月 12 日长春市儿童医院报告 1 例食源性感染病例,且从其粪便标本中分离到 1 株疑似沙门菌,送至长春市疾病预防控制中心进行鉴定。该病例为散居儿童,男,年龄 10 个月,临床症状表现为寒战、发热(39.9 °C)、腹泻(水样便 6 次/天),临床诊断为感染性腹泻。

1.2 仪器与试剂

VITEK-2-Compact 全自动微生物鉴定及药敏分析系统及配套的革兰氏阴性杆菌 GN 生化鉴定卡购自法国生物梅里埃公司,基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱仪(matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometer, MALDI-TOF MS)购自德国布鲁克公司, Illumina iSeq™ 100 测序仪及配套试剂 Illumina Nextera XT DNA Library Prep Kit FC-131-1024、Illumina iSeq™ 100 il Reagent Cartridge V2 购自美国 Illumina 公司,沙门菌诊断血清 94820(60 支套装)购自丹麦 SSI,革兰氏阴性需氧菌药敏板 A-5 购自上海星佰生物技术有限公司,血液/组织基因组 DNA 提取试剂盒 6950 购于德国 QIAGEN 公司。

1.3 方法

1.3.1 分离与鉴定 挑取血平板上的菌落划线接种于一个沙门菌显色平板和一个 BS 琼脂平板,36 °C 培养 24 h。挑取单个可疑菌落接种于营养琼脂平板上,36 °C 培养 24 h。挑取营养琼脂上的纯培养物染色镜检,并使用 MALDI-TOF MS 及 VITEK-2-Compact 全自动微生物鉴定仪进行鉴

定。对生化鉴定为沙门菌属的菌株进行血清凝集试验。

1.3.2 药敏试验 根据美国临床和实验室标准协会(Clinical and Laboratory Standards Institute, CLSI)推荐的微量肉汤稀释法,使用革兰氏阴性需氧菌药敏板 A-5 进行药敏试验,并根据其说明书进行结果判读。受试药物包括链霉素(Streptomycin, STR)、阿米卡星(Amikacin, AMI)、氨苄西林(Ampicillin, AMP)、氨苄西林/舒巴坦(Ampicillin/sulbactam, AMS)、厄他培南(Ertapenem, ETP)、美洛培南(Meropenem, MEM)、头孢噻肟(Cefotaxime, CTX)、头孢他啶(Ceftazidime, CAZ)、头孢他啶/阿维巴坦(Ceftazidime/avibactam, CZA)、复方新诺明(Trimethoprim-sulfamethoxazole, SXT)、四环素(Tetracycline, TET)、替加环素(Tigecycline, TIG)、环丙沙星(Ciprofloxacin, CIP)、萘啶酸(Nalidixic, NAL)、氯霉素(Chloramphenicol, CHL)、阿奇霉素(Azithromycin, AZM)、多黏菌素 E (Colistin, CT) 共 17 种抗生素。质控菌株为大肠埃希氏菌 ATCC 25922。

1.3.3 测序及分析 利用凯杰 DNA 提取试剂盒提取该菌的基因组,通过 illumina 文库试剂盒进行文库构建,利用 Illumina iSeq™ 100 测序平台进行双末端 PE150 测序,对下机数据进行 de novo 组装。将其与 NCBI 上发表的序列 LS483489.1 和 CP019189.1 分别与抗性基因数据库(Comprehensive Antibiotic Resistance Database, CARD)进行比对,筛选其抗性基因;再与毒力因子数据库(Virulence Factors of Pathogenic Bacteria, VFDB)进行比对,注释其毒力基因;并将三者进行比较。

2 结果

2.1 分离与鉴定

该菌株在沙门菌显色平板上呈紫红色圆形菌落,在 BS 琼脂平板上呈黑色有金属光泽的菌落,菌落周围的培养基可呈棕色,经染色镜检见革兰氏阴性无芽孢杆菌。经 MALDI-TOF MS 飞行质谱鉴定为沙门菌属,分值 2.29。VITEK 生化鉴定为沙门菌属,生物编码为 0017611765566611,共计 47 个生化反应,其中 25 个阳性、22 个阴性(见表 1)。血清凝集试验结果:O₂₂(++)、Hz(+),H_{1,6}(+)。根据沙门菌属诊断抗原表(White-Kauffmann-Le

表1 生化反应结果

Tab.1 Biochemical reaction results

Biochemical reaction	Results	Biochemical reaction	Results
APPA	-	SAC	-
ADO	-	dTAG	+
PyrA	-	dTRE	+
IARL	-	CIT	+
dCEL	-	MNT	-
BGAL	-	5KG	+
H ₂ S	+	ILAK	+
BNAG	-	AGLU	-
AGLTP	-	SUCT	+
DGLU	+	NAGA	-
GGT	+	AGAL	+
OFF	+	PHOS	+
BGLU	-	GlyA	-
dMAL	+	ODC	+
dMAN	+	LDC	+
dMNE	+	IHISA	-
BXYL	-	CMT	+
BAlap	-	BGUR	+
ProA	+	O129R	+
LIP	-	GGAA	-
PLE	-	IMLTa	-
TyrA	+	ELLM	+
URE	+	ILATa	-
dSOR	+		

注: 丙氨酸-苯丙氨酸-脯氨酸芳胺酶(APPA), 侧金盏花醇(ADO), 吡咯烷基芳胺酶(PyrA), L-阿拉伯醇(IARL), D-纤维二糖(dCEL), β -半乳糖苷酶(BGAL), H₂S产生(H₂S), β -N-乙酰葡萄糖苷酶(BNAG), 谷氨酰芳胺酶 pNA(AGLTP), D-葡萄糖(DGLU), Y-谷氨酰转移酶(GGT), 发酵/葡萄糖(OFF), β -葡萄糖苷酶(BGLU), D-麦芽糖(dMAL), D-甘露醇(dMAN), D-甘露糖(dMNE), β -木糖苷酶(BXYL), β -丙氨酸芳胺酶 pNA(BAlap), L-脯氨酸芳胺酶(ProA), 脂酶(LIP), 古老糖(PLE), 酪氨酸芳胺酶(TyrA), 尿素酶(URE), D-山梨醇(dSOR), 蔗糖(SAC), D-塔格糖(dTAG), D-海藻糖(dTRE), 柠檬酸盐(钠)(CIT), 丙二酸盐(MNT), 5-酮-葡萄糖苷(5KG), L-乳酸产碱(ILAK), α -葡萄糖(AGLU), 琥珀酸盐产碱(SUCT), N-乙酰- β -半乳糖苷酶(NAGA), α -半乳糖苷酶(AGAL), 磷酸酶(PHOS), 氨基乙酸芳胺酶(GlyA), 鸟氨酸脱羧酶(ODC), 赖氨酸脱羧酶(LDC), 组氨酸同化(IHISA), COURMARATE(CMT), β -葡萄糖苷酸酶(BGUR), O/129 耐受(O129R), 谷氨酸-甘氨酸-精氨酸芳胺酶(GGAA), L-苹果酸盐同化(IMLTa), ELLMAN(ELLM), L-乳酸盐同化(ILATa)。

Minor 抗原表), 血清学分型结果为浦那沙门菌(*Salmonella* Poona)。

2.2 药敏试验

质控菌株大肠埃希氏菌 ATCC 25922 的最小抑菌浓度(minimal inhibitory concentration, MIC) 值在允许范围内, 该浦那沙门菌(CC-Poona)对链霉素(STR)、阿米卡星(AMI)、氨苄西林(AMP)、氨苄西林/舒巴坦(AMS)等 12 种抗生素均耐药; 对厄他培南(ETP)、美洛培南(MEM)等 4 种抗生素敏感; 对多黏菌素 E(CT) 中介耐药, 具体耐药数据如表 2 所示。

表2 药敏试验结果

Tab.2 Results of drug sensitivity test

Antibiotics	MIC value ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	Results
STR	>32	R
AMI	>64	R
AMP	>32	R
AMS	>32/16	R
ETP	≤ 0.25	S
MEM	≤ 0.125	S
CTX	>16	R
CAZ	>16	R
CZA	$\leq 0.5/4$	S
SXT	>8/152	R
TET	>16	R
CIP	>2	R
TIG	≤ 0.25	S
NAL	>32	R
CHL	>32	R
AZM	>64	R
ECT	2	I

注: R: 耐药(resistant), S: 敏感(sensitive), I: 中介(intermediate); STR: 链霉素(Streptomycin), AMI: 阿米卡星(Amikacin), AMP: 氨苄西林(Ampicillin), AMS: 氨苄西林/舒巴坦(Ampicillin/sulbactam), ETP: 厄他培南(Ertapenem, MEM): 美洛培南(Meropenem), CTX: 头孢噻肟(Cefotaxime), CAZ: 头孢他啶(Ceftazidime), CZA: 头孢他啶/阿维巴坦(Ceftazidime/avibactam), SXT: 复方新诺明(Trimethoprim-sulfamethoxazole), TET: 四环素(Tetracycline), TIG: 替加环素(Tigecycline), CIP: 环丙沙星(Ciprofloxacin), NAL: 萘啶酸(Nalidixic), CHL: 氯霉素(Chloramphenicol), AZM: 阿奇霉素(Azithromycin), CT: 多黏菌素 E (Colistin)。

2.3 全基因组测序分析

2.3.1 抗性基因 3株浦那沙门菌共筛选出58种抗性基因(见图1),长春株(CC-Poona)比LS483489.1和CP019189.1多筛选出20种抗性基因。携带的抗性基因包括氨基糖苷类抗性基因[*AAC(6')-Ib-cr*、*aac(3)-IId*、*aph(3'')-Ib*、*aph*

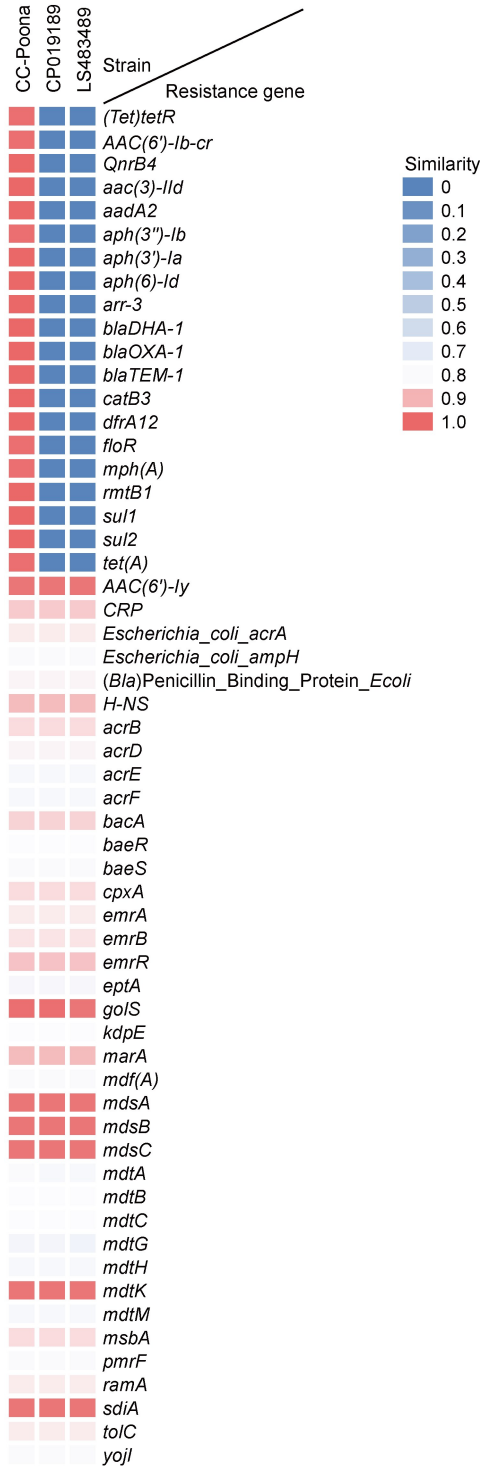


图1 3株浦那沙门菌携带的抗性基因

Fig. 1 The resistance genes of 3 *Salmonella* Poona strains

(3')-Ia、*aph(6)-Id*、*aadA2*等]、氟喹诺酮抗性基因[*QnrB4*、*AAC(6')-Ib-cr*]、β-内酰胺类(*bla_{DHA-1}*、*bla_{OXA-1}*、*bla_{TEM-1}*)、大环内酯类[*mph(A)*]、氯霉素类(*catB3*、*floR*)、磺胺类(*sul1*、*sul2*)、甲氧苄啶类(*dfrA12*)、利福平类(*arr-3*)、四环素类[*tet(A)*]、四环素阻遏蛋白 TetR, 双组分信号转导系统的组氨酸蛋白激酶基因 *cpxA*、耐消毒剂 *mdf(A)*、外排泵相关基因 (*acrB*、*acrD*、*acrE*、*acrF*、*mdsA*、*mdsB*、*mdsC*、*mdtA*、*mdtB*、*mdtC*、*mdtG*、*mdtH*、*mdtK*、*mdtM*、*tolC*)及调控基因 (*marA*、*ramA*、*msbA*)、甲基转移酶基因 *rmtB1*、群体感应基因 *sdiA*。

2.3.2 毒力基因 长春株(CC-Poona)共筛选出174个毒力基因,主要毒力基因如表3所示。CC-Poona与CP019189、LS483489所携带的毒力基因大致相同,不同的是,CC-Poona比CP019189多携带毒力基因 *spiC*、*ssaB*、*ssaC*、*ssaD*、*ssaE*、*sseA*、*sseB*、*entS*、*allB*;比LS483489多携带毒力基因 *tlde1*。CC-Poona未筛选出 *cgsE*, CP019189和LS483489均筛选出 *cgsE*。

3 讨论

本研究的浦那沙门菌属于G1群罕见沙门血清型,在长春市被首次报告。2006年日本报告了本土首例因浦那沙门菌引起的菌血症病例,患者为一名7个月大的婴儿^[5]。2015年,美国多州曾发生大规模浦那沙门菌疫情,至少40个州报告了共907例病例。根据美国疾病控制与预防中心的数据,约75%的病例报告曾食用黄瓜^[6]。2010—2011年西班牙一起影响280多名婴儿的浦那沙门氏菌感染引起的暴发事件,与同一设施生产的婴儿配方奶粉相关^[7]。2019年法国报告一起涉及31例婴儿病例的浦那沙门菌感染事件,全基因组测序分析表明该次感染事件的分离株与2010—2011年西班牙同一设施生产的奶粉分离株相关^[7]。2020年一日本研究报道了东京一例健康成人因浦那沙门菌感染而导致菌血症的病例^[5];2020年美国报告了一例既往健康的青少年白人女性运动员因浦那沙门菌感染而引发罕见椎体骨髓炎的病例^[8]。浦那沙门菌于1977年在我国首次被报告,该菌株分离自1例杭州地区的健康带菌者^[9]。2017年上海报告了1例儿童浦那沙门菌血流感染病例^[10]。除此以外,国内其他地区尚未见相关报道。本文报告的感染病例为散居儿童,年龄10个月,临床症状表现为寒战、发热(39.9℃)、腹

表3 浦那沙门菌主要毒力基因

Tab. 3 The main virulence genes of *Salmonella* Poona

Virulence factor category		Related genes
Adherence		<i>csgB</i> 、 <i>csgA</i> 、 <i>csgC</i> 、 <i>cgsD</i> 、 <i>csgE</i> 、 <i>csgF</i> 、 <i>csgG</i> <i>misL</i> <i>SinH</i> 、 <i>RatB</i> 、 <i>ShdA</i> <i>fimA</i> 、 <i>fimI</i> 、 <i>fimC</i> 、 <i>fimD</i> 、 <i>fimH</i> 、 <i>fimF</i> 、 <i>fimZ</i> 、 <i>fimY</i> 、 <i>fimW</i>
Effector delivery system	TTSS (SPI-1 encode)	<i>sprB</i> 、 <i>hilC</i> 、 <i>orgB</i> 、 <i>prgK</i> 、 <i>prgJ</i> 、 <i>prgI</i> 、 <i>prgH</i> 、 <i>hilD</i> 、 <i>hilA</i> 、 <i>iagB</i> 、 <i>sicP</i> 、 <i>iacP</i> 、 <i>sipD</i> 、 <i>sipC</i> 、 <i>sipB</i> 、 <i>sicA</i> 、 <i>spaS</i> 、 <i>spaR</i> 、 <i>spaQ</i> 、 <i>spaP</i> 、 <i>spaO</i> 、 <i>invJ</i> 、 <i>invI</i> 、 <i>invC</i> 、 <i>invB</i> 、 <i>invA</i> 、 <i>invE</i> 、 <i>invG</i> 、 <i>invF</i> 、 <i>invH</i>
	TTSS (SPI-2 encode)	<i>ssrB</i> 、 <i>ssrA</i> 、 <i>spiC</i> 、 <i>ssaC</i> 、 <i>ssaD</i> 、 <i>ssaE</i> 、 <i>sseA</i> 、 <i>sseB</i> 、 <i>sscA</i> 、 <i>sseC</i> 、 <i>sseD</i> 、 <i>sseE</i> 、 <i>sscB</i> 、 <i>sseF</i> 、 <i>sseG</i> 、 <i>ssaG</i> 、 <i>ssaH</i> 、 <i>ssaI</i> 、 <i>ssaJ</i> 、 <i>ssaK</i> 、 <i>ssaL</i> 、 <i>ssaM</i> 、 <i>steA</i> 、 <i>ssaX</i>
	TTSS effectors secreted via both systems	<i>steA</i> 、 <i>slrP</i>
	TTSS-1 secreted effectors	<i>avrA</i> 、 <i>sipA</i> / <i>sspA</i> 、 <i>sipB</i> / <i>sspB</i> 、 <i>sipC</i> / <i>sspC</i> 、 <i>sopA</i> 、 <i>sopB</i> / <i>sigD</i> 、 <i>sopD</i> 、 <i>sopE2</i> 、 <i>sptP</i>
	TTSS-2 secreted effectors	<i>sifA</i> 、 <i>sseJ</i> 、 <i>sseF</i> 、 <i>sseG</i> 、 <i>pipB</i> 、 <i>sseL</i> 、 <i>sifB</i> 、 <i>pipB2</i> 、 <i>sseK1</i> 、 <i>steC</i> 、 <i>sopD2</i>
Exotoxin	Typhoid toxin	<i>pltA</i> 、 <i>pltB</i> 、 <i>cdtB</i>
Nutritional/Metabolic factors		<i>mgtB</i> 、 <i>mgtC</i>
Antimicrobial activity/Competitive advantage		<i>mig-14</i>
Regulation		<i>fur</i> 、 <i>phoQ</i> 、 <i>phoP</i> 、 <i>pmrA</i> 、 <i>pmrB</i> 、 <i>ssrB</i> 、 <i>ssrA</i> 、 <i>rpoS</i>
Flagellin		<i>liC</i> 、 <i>fliG</i> 、 <i>fliM</i>
Salmochelin		<i>iroB</i> 、 <i>iroC</i> 、 <i>iroN</i>

泻(水样便6次/天),临床诊断为感染性腹泻,按食源性疾病病例报告。

流行病学数据显示,所有沙门菌感染病例中约3%~5%的病例与接触外来(进口)宠物有关,这些沙门菌感染病例涉及的血清型包括乙型副伤寒爪哇变种、斯坦利沙门菌、浦那沙门菌、长湾尼沙门菌、利奇菲尔德沙门菌、曼哈顿沙门菌、波摩那沙门菌、迈阿密沙门菌等^[11]。我国目前对罕见沙门菌的流行病学研究较为匮乏,临床诊疗和公共卫生调查中普遍存在认知不足的情况。本病例也未经详细的流行病学调查。

人类在感染罕见型别致病菌后,即使该致病菌的致病性不强,但其在宿主体内多次传代后也可能在分子水平上发生变异,从而导致致病性增强。尤其是婴幼儿,因其自身免疫系统尚未完全建立,对

细菌的防御能力较弱,是感染的高危人群。

近年来,随着经济的发展和国内外广泛交流,长春市食源性疾病监测系统检出的沙门菌血清型呈现明显的多样化趋势,其中罕见血清型的检出比例持续上升。基于当前形势,建议采取以下措施:首先,临床医生和流调人员应提高对罕见病原体的识别和处置能力;其次,食品和卫生部门要继续加强食品安全教育,尤其是对低龄儿童肠道传染病预防的健康教育;建立完善的沙门菌耐药监测网络;同时相关部门要加强对外来动物及食品的致病菌检测,以减少食源性疾病的发生。通过多部门协作,共同提升食源性疾病防控水平,切实保障公共卫生安全及人民身体健康。

此次长春市分离的浦那沙门菌菌株的耐药性强,且携带的抗性基因与毒力基因种类多。携带抗

性基因种类繁多与其呈现出的多重耐药表型相关,与已报道的 2 株国际菌株相比,该菌株额外携带以下抗性基因:氨基糖苷类[*AAC(6')-Ib-cr*、*aac(3)-IIId*、*aph(3'')-Ib*、*aph(3')-Ia*、*aph(6)-Id*、*aadA2* 等]、氟喹诺酮[*QnrB4*、*AAC(6')-Ib-cr*]、 β -内酰胺类(*bla_{DHA-1}*、*bla_{OXA-1}*、*bla_{TEM-1}*)、大环内酯类[*mph(A)*]、氯霉素类(*catB3*、*floR*)、磺胺类(*sul1*、*sul2*)、甲氧苄啶类(*dfrA12*)、利福平类(*arr-3*、四环素类[*tet(A)*]等。这些基因可能是通过同种或不同种细菌水平基因转移而来,导致菌株对多种临床常用抗菌药物(氨基糖苷类、喹诺酮、大环内酯类、磺胺类、四环素类等)耐药,应引起足够的关注。同时,该菌株携带的毒力基因类型齐全、功能互补,形成了从黏附定植、宿主入侵到免疫逃逸的完整致病系统,包括:以 SPI-1 和 SPI-2 编码的 III 型分泌系统(TTSS)为核心的侵袭系统;负责黏附定植的 I 型菌毛(*fim* 基因编码)、蛋白质 MisL(*misL* 基因编码)等协同增强肠道黏膜附着和环境耐受能力;鞭毛蛋白的亚基 FliC(*fliC* 基因编码)帮助菌体有效逃避宿主的免疫系统^[12];镁离子转运系统(*mgtB*、*C* 编码)帮助细菌在宿主低镁环境中存活,为毒力因子表达提供能量基础;生物膜相关基因(如 *csg*)^[13]与耐药基因的共存可能加速“持留菌”产生,增加慢性感染的复发风险。以上因素提示,该菌株具有极强的环境适应性和临床危害性。

本研究对浦那沙门菌生物学及分子学特征进行了详细分析,不仅为浦那沙门菌分子水平的研究提供了数据基础,也对生物溯源研究具有重要的公共卫生意义,同时对临床治疗具有指导意义。

参考文献

- [1] Li ZJ, Qian DM. Clinical features, serotype distribution and drug resistance in 95 patients with Salmonella enteritis [J]. *Chinese J ClinRes*, 2020, 33(5): 654-657.
- [2] 沈福杰,宿飞,王宇,王怡珺,陈军,余勇夫,顾宝柯,金汇明.上海市黄浦区沙门氏菌感染特征及主要血清型分析[J]. *中华疾病控制杂志*,2012,16(11): 958-961.
- [3] Grimont P. Antigenic formulate of the Salmonella serovars [M]. 9th Ed. Geneva: WHO Collaborating Centre for Reference and Research on Salmonella, 2013: 158.
- [4] 朱超,许学斌.我国沙门菌感染和血清型地区分布[M]//沙门菌属血清型诊断.上海:同济大学出版社,2009: 132.
- [5] Fukushima K, Yanagisawa N, Sekiya N, Izumiya H. Bacteremia caused by Salmonella Poona in a healthy adult in Tokyo, Japan [J]. *Intern Med*, 2020, 59(2): 289-292.
- [6] Laughlin M, Bottichio L, Weiss J, Higa J, McDonald E, Sowadsky R, Fejes D, Saupe A, Provo G, Seelman S, Concepción-Acevedo J, Gieraltowski L; Outbreak Investigation Team. Multi-state outbreak of Salmonella Poona infections associated with imported cucumbers, 2015-2016 [J]. *Epidemiol Infect*, 2019, 147: e270. doi: 10.1017/S0950268819001596.
- [7] Jones G, Pardos de la Gandara M, Herrera-Leon L, Herrera-Leon S, Varela Martinez C, Hureauux-Roy R, Abdallah Y, Nisavanh A, Fabre L, Renaudat C, Mossong J, Mattheus W, Huard C, Le Borgne C, de Valk H, Weill FX, Jourdan-Da Silva N. Outbreak of Salmonella enterica serotype Poona in infants linked to persistent Salmonella contamination in an infant formula manufacturing facility, France, August 2018 to February 2019[J]. *Euro Surveill*, 2019, 24 (13): 1900161. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2021.26.10.210311c2.
- [8] Toofan Y, Tarun S, Bender JD, Auerbach SA, Stewart DA, Watson ME Jr. Vertebral osteomyelitis due to Salmonella Poona in a healthy adolescent female [J]. *SAGE Open Med Case Rep*, 2020, 8: 2050313X20969017. doi: 10.1177/2050313X20969017.
- [9] 余文炳,孟冬梅,王建华,斯国静,韩惠娟,郇馨若,杨佩江,赵蓓玲,杨素筠,魏根娣,王一泓.杭州地区沙门菌菌型分布调查[J]. *中华流行病学杂志*,1984, 5 (2): 160-163.
- [10] 秦惠宏,王春,阮小玲,刘昌顺,张泓.儿童血流感染浦那沙门菌 1 例报道[J]. *检验医学*,2022, 37 (9): 901-907.
- [11] 王闻卿,王鸣柳,周晓瑛,许学斌.与爬行动物有关的波摩那沙门菌[J]. *疾病监测*,2014, 29 (2): 163-166.
- [12] 熊丹,宋丽,胡茂志,潘志明,焦新安.沙门菌免疫逃逸机制及其应用研究进展[J]. *动物医学进展*,2015, 36(4): 96-100.
- [13] 黄颖,彭玉倩,王琪,邱少富,向莹. CsgD 对沙门氏菌生物膜形成的调控作用及其影响因素的研究进展[J/OL]. *微生物学报*, 2025(3). doi: 10.13343/j.cnki.wsxb.20240552.

(收稿日期:2025-02-07)