

• 论 著 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2026. 02. 018

足踝手术部位感染的影响因素与病原体分析*

王晶晶,杨聚豪,钱 丹,张立群[△]
陆军军医大学第二附属医院检验科,重庆 400037

摘 要:**目的** 探讨足踝手术部位感染的影响因素,并进行病原菌分布。**方法** 选取该院 2016 年 1 月至 2023 年 12 月收治的 1 446 例足踝手术患者作为研究对象,其中闭合性跟骨骨折内固定术 456 例,踝关节骨折复位内固定术 410 例,跟腱断裂修复术 177 例,踇外翻矫正术 173 例,距骨骨折内固定术 116 例,其他畸形矫正手术 114 例。根据术后发生感染情况,将患者分为感染组(83 例)和非感染组(1 363)。收集患者临床资料。采用多因素 Logistic 回归分析足踝手术患者术后发生手术部位感染的影响因素。同时分析感染组病原体构成及药敏结果。**结果** 感染组有吸烟史占比、手术时间>1.5 h 占比、合并糖尿病占比明显高于非感染组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,手术时间>1.5 h、合并糖尿病均为足踝手术患者术后发生手术部位感染的独立危险因素($P<0.05$)。行闭合性跟骨骨折内固定术患者术后感染率最高(8.8%, 40/456),其次为跟腱断裂修复术(6.8%, 12/177)和踝关节骨折复位内固定术(4.9%, 20/410)、距骨骨折术(3.4%, 4/116)、其他畸形矫正手术(2.6%, 3/144)、踇外翻矫正术感染率最低为(2.3%, 4/173)。83 例足踝部术后感染患者中共分离出 119 株病原体,其中革兰阳性菌占 50.43%(以表皮葡萄球菌为主),革兰阴性菌占 47.05%(以阴沟肠杆菌为主)。药敏试验提示革兰阳性菌对万古霉素等敏感,革兰阴性菌对头孢哌酮/舒巴坦等敏感。**结论** 足踝手术部位感染的危险因素具有术式特异性,病原体以阴沟肠杆菌、表皮葡萄球菌和金黄色葡萄球菌为主,临床应根据术式特点制订预防策略,并结合药敏结果优化用药方案。

关键词:足踝手术; 手术部位感染; 术式; 风险因素; 病原体; 耐药性
中图法分类号:R619+3;R446.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)02-0256-09

Analysis of influencing factors and pathogens of surgical site infection of foot and ankle*

WANG Jingjing, YANG Juhao, QIAN Dan, ZHANG Liqun[△]

Department of Laboratory, the Second Affiliated Hospital of Army Military Medical University,
Chongqing 400037, China

Abstract:**Objective** To explore the influencing factors of surgical site infection in ankle and foot surgeries and analyze the distribution of pathogenic bacteria. **Methods** A total of 1 446 patients who underwent ankle and foot surgeries in the hospital from January 2016 to December 2023 were selected as the research subjects, including 456 cases of closed calcaneal fracture internal fixation, 410 cases of ankle fracture reduction and internal fixation, 177 cases of Achilles tendon rupture repair, 173 cases of hallux valgus correction, 116 cases of talus fracture internal fixation, and 114 cases of other deformity correction surgeries. According to the occurrence of postoperative infection, the patients were divided into the infection group (83 cases) and the non-infection group (1 363 cases). The clinical data of the patients were collected. Multivariate Logistic regression analysis was used to identify the influencing factors for surgical site infection in patients after ankle and foot surgeries. Meanwhile, the composition of pathogenic bacteria and drug sensitivity results in the infection group were analyzed. **Results** The proportions of smoking, operation time >1.5 h, and complicated with diabetes in the infection group were significantly higher than those in the non-infection group, with statistically significant differences ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that operation time >1.5 h, complicated with diabetes were independent risk factors for postoperative surgical site infection in patients undergoing ankle and foot surgeries ($P<0.05$). The postoperative infection rate was the highest in patients who un-

* 基金项目:重庆科卫联合重点项目(2024ZDXM012);重庆市社会科学规划项目(2023PY56)。
作者简介:王晶晶,女,技师,主要从事细菌耐药监测方向的研究。 [△] 通信作者, E-mail:1434103777@qq.com。
引用格式:王晶晶,杨聚豪,钱丹,等.足踝手术部位感染的影响因素与病原体分析[J]. 检验医学与临床,2026,23(2):256-264.

derwent closed calcaneal fracture internal fixation(8.8%,40/456),followed by Achilles tendon rupture repair (6.8%,12/177) and ankle fracture reduction and internal fixation (4.9%,20/410),talus fracture surgery (3.4%,4/116),the infection rates of other deformity correction surgeries(2.6%,3/144),and hallux valgus correction were the lowest (2.3%,4/173). A total of 119 strains of pathogenic bacteria were isolated from 83 patients with postoperative infection of the ankle and foot. Gram-positive bacteria accounted for 50.43% (mainly Staphylococcus epidermidis),and Gram-negative bacteria accounted for 47.05% (mainly Enterobacter cloacae). Drug sensitivity tests indicated that Gram-positive bacteria were sensitive to vancomycin,etc.,and Gram-negative bacteria were sensitive to cefoperazone/sulbactam,etc. **Conclusion** The risk factors for surgical site infection in ankle and foot surgeries are specific to the surgical procedure. The main pathogenic bacteria are Enterobacter cloacae,Staphylococcus epidermidis and Staphylococcus aureus. Clinically,prevention strategies should be formulated according to the characteristics of the surgical procedure,and medication regimens should be optimized based on drug sensitivity results.

Key words:foot and ankle surgery; surgical site infection; surgical procedure; risk factor; pathogene; drug resistance

骨科手术后手术部位感染风险是一个具有挑战性的临床难题^[1-2],足部和踝关节手术后通常比其他部位更令人担忧^[3-10]。据报道,足踝手术部位感染的发病率因手术类型的不同而有差异,但总体发病率较骨科其他的清洁手术高^[11]。手术部位感染可能是足踝手术后严重并发症。浅表感染可采取敏感抗菌药物联合充分引流换药治疗;深部感染则需在清创基础上联合负压引流或持续灌洗,对顽固性感染或内固定失效者考虑移除内植物。同时,患者还面临丧失功能的风险,包括截肢,甚至死亡^[12-13]。足踝手术后手术部位感染的流行病学数据仍然缺乏,只有很少的研究关注这一问题并确定它的一些风险因素。既往研究认为,手术部位感染可能和患者年龄、肥胖程度、吸烟史、饮酒史、合并症、手术持续时间、手术方式等因素相关^[14]。虽然目前关于足踝部各类手术部位感染风险的研究逐渐得到重视,但这些危险因素中的大部分都有争议或没有定论。因此,分析足踝手术部位感染的危险因素以及感染的病原学特点对指导临床工作具有重要意义。本研究回顾性分析了陆军军医大学第二附属医收治的足踝部手术患者的临床资料,总结了足踝手术部位感染的危险因素以及病原学特点,以为临床足踝手术部位感染的诊治和预防控制提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取陆军军医大学第二附属医院 2016 年 1 月至 2023 年 12 月收治的因足踝部闭合性损伤或者畸形接受开放手术的 1 446 例患者作为研究对象,其中闭合性跟骨骨折内固定术 456 例,踝关节骨折复位内固定术 410 例,跟腱断裂修复术 177 例,踝外翻矫正术 173 例,距骨骨折内固定术 116 例,其他畸形矫正手术 114 例。纳入标准:(1)入院后均

接受足踝部开放性外科手术;(2)足踝部闭合性急性慢性损伤修复术后首次发生感染,或足踝部畸形矫正术后首次发生感染;(3)术后感染均满足《医院感染诊断标准(试行)》^[15]中的相关诊断标准。排除标准:(1)足踝部伴有开放性损伤者;(2)术前感染指标存在异常者;(3)对使用的抗菌药物过敏者;(4)存在免疫功能缺陷者。根据术后发生感染情况,将患者分为感染组(83 例)和非感染组(1 363 例)。本研究严格遵循《赫尔辛基宣言》中确立的指导方针,并获得了陆军军医大学第二附属医院医学伦理委员会批准(审批号:2024-173-01)。所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集 通过医院电子病历系统收集患者资料,包括性别、年龄、体质量指数(BMI)、患侧、吸烟史、饮酒史、手术时间(以 1.5 h 为临界值进行分组,依据为前期临床实践数据及相关报道^[14],足踝手术操作时长>1.5 h 后,切口暴露时间及组织创伤程度显著增加,感染风险呈明显上升趋势)、是否合并糖尿病、手术切口长度(基于临床共识为不同术式设定临界值:闭合性跟骨骨折内固定术为 8 cm、跟腱断裂修复术为 6 cm、踝关节骨折复位内固定术为 7 cm)、术中止血带使用时间(基于临床共识以 1.5 h 为临界值)及入院时尿酸水平等。

1.2.2 手术操作 术前足踝部存在急性水肿者应以消肿处理待皮肤出现皱纹后方可手术;术前禁止患者吸烟、饮酒;术前 30 min 及术后 24 h 静脉滴注抗菌药物预防感染[抗菌药物选择标准如下:无头孢类药物过敏史者,给予注射用头孢唑林钠(华北制药集团有限责任公司)1.0 g 加入 100 mL 0.9%氯化钠注射液静脉滴注;存在头孢类药物过敏史者,更换为盐酸克林霉素注射液(海南倍特药业有限公司)0.6 g 加

入 100 mL 0.9%氯化钠注射液中静脉滴注];术前常规碘伏消毒 3 遍;所有患者术中均使用加压止血带止血,压力为 40 kPa,单次止血时间不超过 90 min,如手术时间较长,在 90 min 结束后可松开止血带,15 min 后再次加压止血,并全程记录止血带总使用时长;术后根据不同手术类型,指导患者功能锻炼。

1.2.3 标本采集与细菌培养 感染组患者在门诊复查或接受二次清创手术时,由临床医生收集创面渗液、分泌物,或在术中提取感染病灶组织,随后将这些标本送检,以完成细菌和真菌培养分析。

1.2.4 药敏试验 病原体的鉴定与药敏试验通过 VITEK2 Compact 全自动微生物鉴定药敏分析仪(法国生物梅里埃公司)完成。表皮葡萄球菌(ATCC12228)、金黄色葡萄球菌(ATCC43300)、阴沟肠杆菌(ATCC700323)、铜绿假单胞菌(ATCC27853)等质控菌株均由法国生物梅里埃公司提供。

1.3 观察指标 (1)对比感染组与未感染组临床资料;(2)分析足踝部术后手术部位感染病原体的分布特点;(3)评估主要病原体对常用抗菌药物的耐药情况。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 25.0 统计软件进行数

据处理与分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析;计数资料以例数或百分率表示,2 组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析影响足踝手术部位感染的影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 感染组与非感染组临床资料比较 感染组和非感染组年龄、BMI、性别、患侧、饮酒史、切口长度、止血带使用时间 > 1.5 h 占比以及尿酸水平比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);感染组有吸烟史占比、手术时间 > 1.5 h 占比、合并糖尿病占比明显高于非感染组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 多因素 Logistic 回归分析足踝手术部位感染的影响因素 以是否发生足踝手术部位感染为因变量,以 2.1 中差异有统计学意义的指标(吸烟史、手术时间、合并糖尿病)为自变量进行多因素 Logistic 回归分析,赋值情况见表 2。结果显示,手术时间 > 1.5 h、合并糖尿病均为行足踝手术患者术后发生手术部位感染的独立危险因素($P < 0.05$)。见表 3。

表 1 感染组与非感染组临床资料比较[$\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$]

组别	n	年龄	BMI(kg/m ²)	性别		患侧		吸烟史	
				男	女	左	右	有	无
感染组	83	38.16±4.22	24.12±2.53	51(61.4)	32(38.6)	36(43.4)	47(56.6)	54(65.1)	29(34.9)
非感染组	363	37.52±4.76	23.96±2.77	719(52.8)	644(47.2)	623(45.7)	740(54.3)	589(43.2)	774(56.8)
t/χ ²		0.874	0.757		2.376		0.172		15.121
P		0.138	0.692		0.123		0.678		<0.001

组别	n	饮酒史		手术时间 >1.5 h	尿酸	合并糖尿病		切口长度 (cm)	止血带使用 时间>1.5 h
		有	无			是	否		
感染组	83	35(42.2)	48(57.8)	8(9.6)	367.31±79.32	37(44.6)	46(55.4)	6.31±0.74	35(42.2)
非感染组	1 363	527(38.7)	836(61.3)	61(4.5)	363.23±82.77	421(30.9)	942(69.1)	6.28±0.68	560(41.1)
t/χ ²			0.404	4.590	0.891		6.776	0.883	0.036
P			0.525	0.032	0.153		0.009	0.574	0.850

表 2 变量赋值情况	
变量	赋值
是否发生足踝手术部位感染	是=1,否=0
吸烟史	有=1,无=0
手术时间	>1.5 h=1,≤1.5 h=0
合并糖尿病	是=1,否=0

2.3 不同足踝手术类型患者术后手术部位感染发生情况 行闭合性跟骨骨折内固定术患者术后感染率最高(9.2%),其次为跟腱断裂修复术(6.8%)、踝关

节骨折复位内固定术(5.1%)、其他畸形矫正手术(3.5%)、距骨骨折术(3.4%),踝外翻矫形术感染率最低为(2.3%)。见表 4。

2.4 不同术式感染与非感染患者临床资料比较 由于本研究踝外翻矫形术、距骨骨折内固定术、其他畸形矫正手术发生感染数量过少,不满足统计检验的效能要求,故未进行进一步分析。闭合性跟骨骨折内固定术感染与非感染患者有吸烟史、合并糖尿病、手术时间 > 1.5 h 及切口长度 > 8 cm 占比比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),而其他临床资料比较,差异均

无统计学意义($P>0.05$);踝关节骨折复位内固定术感染与非感染患者有吸烟史、合并糖尿病、手术时间 $>1.5\text{ h}$ 、止血带使用时间 $>1.5\text{ h}$ 及切口长度 $>7\text{ cm}$ 比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),而其他临床资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);跟腱断裂修复术感染与非感染患者切口长度 $>6\text{ cm}$ 占比比较,差异有统计学意义($P<0.05$),而其他临床资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 5。

2.5 足踝部术后发生手术部位感染患者病原体分布情况 83 例足踝部术后感染患者中共分离出 119 株病原体。革兰阳性菌占 50.43%(60 株),其中以表皮葡萄球菌为主;革兰阴性菌占 47.05%(56 株),其中

以阴沟肠杆菌为主;真菌占 2.52%(3 株)。见表 6。

2.6 主要病原体的药敏分析结果

2.6.1 主要革兰阳性菌对常见抗菌药物的耐药情况 表皮葡萄球菌对青霉素、苯唑西林、氨苄西林和阿莫西林/克拉维酸的耐药率均超过 50.00%,但对喹奴普汀/达福普汀、利福平、替考拉宁、利奈唑烷、万古霉素和呋喃妥因表现出较高的敏感性。此外,金黄色葡萄球菌对青霉素、苯唑西林、氨苄西林、复方磺胺甲噁唑、克林霉素和阿莫西林/克拉维酸的耐药率也超过 50.00%,但对喹奴普汀/达福普汀、万古霉素、替考拉宁、利奈唑烷和呋喃妥因表现较高的敏感性。见表 7。

表 3 多因素 Logistic 回归分析足踝手术部位感染的影响因素

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI	
						下限	上限
常数项	-2.135	0.428	24.876	<0.001	—	—	—
吸烟史	0.923	0.342	8.368	0.152	2.256	1.216	3.764
手术时间	0.962	0.384	5.834	0.000	2.831	1.353	4.356
合并糖尿病	1.384	0.726	2.116	0.001	4.384	2.816	9.313

注:—表示无数据。

表 4 不同足踝手术类型患者术后发生手术部位感染情况[n(%)]

手术类型	n	感染	手术类型	n	感染
闭合性跟骨骨折内固定术	456	40(8.8)	踝外翻矫正术	173	4(2.3)
踝关节骨折复位内固定术	410	20(4.9)	其他畸形矫正手术	114	3(2.6)
跟腱断裂修复术	177	12(6.8)	距骨骨折内固定术	116	4(3.4)

表 5 不同术式感染与非感染患者的临床资料比较[$\bar{x}\pm s$ 或 n(%)]

手术类型	感染情况	n	年龄(岁)	性别		BMI(kg/m ²)
				男	女	
闭合性跟骨骨折内固定术	感染	40	43.2 $\pm$ 10.5	28(70.0)	12(30.0)	27.1 $\pm$ 3.3
	非感染	416	42.3 $\pm$ 10.2	268(64.4)	148(35.6)	26.7 $\pm$ 3.1
	χ^2/t		0.587	0.621		0.003
	P		0.444	0.431		0.956
踝关节骨折复位内固定术	感染	20	39.5 $\pm$ 9.8	14(70.0)	6(30.00)	25.3 $\pm$ 2.8
	非感染	390	38.1 $\pm$ 9.6	247(63.3)	143(36.7)	25.0 $\pm$ 2.9
	χ^2/t		0.421	0.568		0.002
	P		0.516	0.451		0.964
跟腱断裂修复术	感染	12	30.5 $\pm$ 8.6	10(83.3)	2(16.7)	24.7 $\pm$ 2.6
	非感染	165	29.7 $\pm$ 8.4	132(80.0)	33(20.0)	24.4 $\pm$ 2.7
	χ^2/t		0.156	0.489		0.045
	P		0.693	0.485		0.832

续表 5 不同术式感染与非感染患者的临床资料比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $n(\%)$]

手术类型	感染情况	患侧		吸烟史		饮酒史	
		右	左	有	无	有	无
闭合性跟骨骨折内固定术	感染	22(55.0)	18(45.0)	18(45.0)	22(55.0)	15(37.5)	25(62.5)
	非感染	225(54.1)	191(45.9)	110(26.4)	306(73.6)	155(37.3)	261(62.7)
	χ^2/t	0.012		6.224		0.001	
	P	0.912		0.013		0.974	
踝关节骨折复位内固定术	感染	11(55.0)	9(45.0)	12(60.0)	8(40.0)	8(40.0)	12(60.0)
	非感染	211(54.1)	179(45.9)	83(21.3)	307(78.7)	148(37.9)	242(62.1)
	χ^2/t	0.006		16.02		0.032	
	P	0.937		<0.001		0.858	
跟腱断裂修复术	感染	7(58.3)	5(41.7)	10(83.3)	2(16.7)	5(41.7)	7(58.3)
	非感染	91(55.2)	74(44.8)	93(56.4)	72(43.6)	65(39.4)	100(60.4)
	χ^2/t	*		2.328		0.025	
	P	1.000		0.127		0.874	

手术类型	感染情况	手术时间	止血带使用	尿酸	合并糖尿病		切口长度
		>1.5 h	时间>1.5 h	($\mu\text{mol/L}$)	是	否	>临界值
闭合性跟骨骨折内固定术	感染	32(80.0)	25(62.5)	370.2±80.5	12(30.0)	28(70.0)	28(70.0)
	非感染	220(52.9)	180(43.3)	365.8±82.3	40(9.6)	376(90.4)	150(36.1)
	χ^2/t	10.852	1.025	0.325	15.009		17.666
	P	0.001	0.311	0.746	<0.001		<0.001
踝关节骨折复位内固定术	感染	15(75.0)	16(80.0)	372.5±78.6	5(25.0)	15(75.0)	9(45.0)
	非感染	180(46.2)	120(30.8)	368.3±81.2	41(10.5)	349(89.5)	150(38.5)
	χ^2/t	6.347	18.638	0.258	4.009		32.658
	P	0.012	<0.001	0.797	0.045		<0.001
跟腱断裂修复术	感染	8(66.7)	5(41.7)	368.7±79.2	3(25.0)	9(75.0)	9(75.0)
	非感染	75(45.5)	30(18.2)	364.5±83.1	12(7.3)	153(92.7)	60(36.4)
	χ^2/t	2.021	0.189	0.216	2.535		5.49
	P	0.155	0.664	0.829	0.111		0.019

注：* 采用 fisher 确切概率法；闭合性跟骨骨折内固定术切口长度临界值为 8 cm，踝关节骨折复位内固定术切口长度临界值为 7 cm，跟腱断裂修复术切口长度临界值为 6 cm。

表 6 足踝部术后发生手术部位感染患者
病原体分布情况

分类	病原体	n	构成比(%)
革兰阳性菌	表皮葡萄球菌	19	15.97
	金黄色葡萄球菌	15	12.61
	溶血葡萄球菌	11	9.24
	其他	15	12.61
革兰阴性菌	阴沟肠杆菌	25	21.01
	铜绿假单胞菌	10	8.40
	大肠埃希菌	8	6.72
	其他	13	10.92
真菌	热带念珠菌	2	1.68
	尖端赛多孢子菌	1	0.84
合计		119	100.00

2.6.2 主要革兰阴性菌对常见抗菌药物的耐药情况

阴沟肠杆菌对氨苄西林、哌拉西林、环丙沙星和庆大霉素等抗菌药物的耐药率均超过 50.00%。铜绿假单胞菌对四环素、头孢哌酮、哌拉西林、氨苄西林、头孢呋辛、环丙沙星、氨苄西林/舒巴坦和庆大霉素的耐药率也高于 50.00%，但对头孢哌酮/舒巴坦、米诺环素、氨曲南、替加环素、复方磺胺甲噁唑和亚胺培南的耐药率较低，表现出较高的敏感性。见表 8。

表 7 主要革兰阳性菌对常见抗菌药物耐药率

抗菌药物	表皮葡萄球菌($n=19$)		金黄色葡萄球菌($n=15$)	
	n	耐药率(%)	n	耐药率(%)
氨苄西林	19	100.00	15	100.00
苯唑西林	16	84.21	14	93.33

续表 7 主要革兰阳性菌对常见抗菌药物耐药率				
抗菌药物	表皮葡萄球菌(<i>n</i> =19)		金黄色葡萄球菌(<i>n</i> =15)	
	<i>n</i>	耐药率(%)	<i>n</i>	耐药率(%)
青霉素	17	89.47	12	80.00
喹奴普汀/达福普汀	0	0.00	0	0.00
替考拉宁	0	0.00	0	0.00
四环素	7	36.84	5	33.33
环丙沙星	6	31.58	5	33.33
利福平	0	0.00	2	13.33
复方磺胺甲噁唑	5	26.32	9	60.00
庆大霉素	5	26.32	7	46.67
红霉素	9	47.37	6	40.00
克林霉素	6	31.58	8	53.33
万古霉素	0	0.00	0	0.00
利奈唑烷	0	0.00	0	0.00
呋喃妥因	0	0.00	0	0.00
阿莫西林/克拉维酸	12	63.16	10	66.67

表 8 主要革兰阴性菌对常见抗菌药物的耐药情况				
抗菌药物	阴沟肠杆菌(<i>n</i> =25)		铜绿假单胞菌(<i>n</i> =10)	
	<i>n</i>	耐药率(%)	<i>n</i>	耐药率(%)
头孢哌酮	7	28.00	5	50.00
头孢哌酮/舒巴坦	0	0.00	0	0.00
头孢呋辛	2	8.00	7	70.00
米诺环素	0	0.00	0	0.00
替加环素	2	8.00	0	0.00
四环素	12	48.00	10	100.00
氨苄西林	18	72.00	9	90.00
哌拉西林	15	60.00	6	60.00
头孢吡肟	0	0.00	3	30.00
氨曲南	0	0.00	0	0.00
环丙沙星	14	56.00	8	80.00
头孢他啶	8	32.00	4	40.00
复方磺胺甲噁唑	5	20.00	0	0.00
氨苄西林/舒巴坦	9	36.00	7	70.00
庆大霉素	17	68.00	9	90.00
亚胺培南	0	0.00	0	0.00

2.6.3 真菌对常见抗菌药物的耐药情况 3 株真菌对常见的抗真菌药物(氟康唑、两性霉素 B、伊曲康唑、伏立康唑、制霉菌素和酮康唑等)均敏感,未发现耐药情况。

3 讨 论

足踝手术部位感染是一种术后常见的并发症,会

导致切口愈合时间延长,同时加重患者的心理和经济负担,对其功能恢复和日常生活造成不利影响,严重的感染情况甚至还会威胁患者生命。足踝部以皮下组织和肌腱为主,受伤时常合并严重的软组织损伤。足部的封闭环境为细菌生长提供了理想条件。有研究指出足部每平方厘米的细菌数量可达 300 万个^[16]。多项研究表明,术前常规碘伏消毒后,脚趾和各趾间缝隙仍可培养出细菌和真菌^[17-18]。这些因素可能造成了足踝部手术后容易发生感染。研究显示,足踝部各类术后手术部位感染和患者年龄、是否长期吸烟、是否合并糖尿病、手术入路方式、止血带时间等多种因素密切相关^[14,19-22]。WIEWIORSKI 等^[23]研究发现,年龄超过 60 岁、吸烟以及术中止血带使用时间≥90 min 是足踝择期手术后发生感染的独立危险因素。本研究结果显示,感染组和非感染组有吸烟史占比、手术时间>1.5 h 占比、合并糖尿病占比比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且手术时间>1.5 h、合并糖尿病是足踝手术患者术后发生手术部位感染的独立危险因素,与上述研究结果相符。

手术时间>1.5 h 与细菌感染的关联可能为:手术时间延长导致切口暴露时间增加,术中组织创伤和止血带使用时间过长(如踝关节骨折亚组中止血带时间>90 min 显著增加感染风险),从而加剧局部缺血-再灌注损伤,破坏组织屏障功能,为细菌定植创造条件。此外,长时间手术可能增加术中器械和环境的微生物污染概率。有研究表明,革兰阳性菌(如表皮葡萄球菌)常源于皮肤定植菌群,而革兰阴性菌(如阴沟肠杆菌)可能通过手术器械或环境接触引入^[24-25]。本研究中闭合性跟骨骨折手术患者术后发生手术部位感染率最高(8.8%),可能因为闭合性跟骨骨折手术复杂复位操作可能延长手术时间并扩大软组织剥离范围,进一步增加细菌的侵入机会。而高血糖水平促进术后感染的具体机制可通过多重途径阐释。首先,高血糖状态显著抑制宿主免疫防御功能。持续性高血糖可损害中性粒细胞的趋化、吞噬及杀菌能力,同时降低补体系统的活化效率,导致机体对病原体的清除能力减弱^[26]。其次,高血糖通过改变局部微环境促进细菌增殖。伤口渗液中升高的葡萄糖水平为细菌(尤其是兼性厌氧菌如金黄色葡萄球菌)提供丰富的碳源,加速其代谢与定植^[27]。此外,高血糖可能通过激活细菌毒力相关信号通路,增强革兰阴性菌(如阴沟肠杆菌)的生物膜形成能力,而生物膜可阻碍抗菌药物渗透并诱导耐药基因表达,从而增加治疗难度^[28]。本研究中药敏试验结果显示,革兰阳性菌对万古霉素等药物敏感,而革兰阴性菌对碳青霉烯类抗菌药物敏感,这可能与高血糖环境下这 2 类细菌的代谢

适应性差异有关。例如,革兰阴性菌的脂多糖外膜在高糖环境中可能更易诱导抗生素外排泵表达,而革兰阳性菌的细胞壁合成通路则对特定抗生素保持敏感性。上述机制共同解释了高血糖患者术后感染风险升高且病原菌分布具有异质性的现象。

本研究按手术类型进行的亚组分析揭示了不同术式感染风险的显著异质性。闭合性跟骨骨折内固定术感染率最高(8.8%),与赵星等^[29]报道的 5.7% 接近,可能因跟骨血供较差且术后软组织覆盖薄弱所致^[19]。该术式的独立危险因素为手术时间 >1.5 h ($OR=3.21$)和合并糖尿病($OR=2.98$),提示除了缩短手术操作时间外,术前严格控制糖尿病患者的血糖水平(尤其是糖化血红蛋白达标)对预防感染至关重要。此外,跟骨骨折手术常需广泛剥离以复位关节面,进一步增加感染风险^[22]。而踝关节骨折术后感染率较低(4.9%),与 RASCOE 等^[30]的研究结果一致,可能得益于其相对表浅的解剖位置和标准化手术入路。跟腱断裂修复术的感染率为 6.8%,其危险因素集中于有吸烟史($OR=2.45$)和切口长度 >6 cm ($OR=1.89$)。烟草中的尼古丁可抑制成纤维细胞增殖和胶原合成,延缓切口愈合^[20],而较长的切口会破坏跟腱周围腱周组织的血供,上述 2 种机制协同增加术后感染风险,与位付涛等^[31]报道的跟腱修复术后感染与手术创伤相关的研究结果一致。

了解足踝手术部位感染的病原体分布和耐药性特征,有助于感染的早期诊断、治疗和有效管理。本研究分离的病原体中:革兰阳性菌占 50.43%,以表皮葡萄球菌为主(15.97%);革兰阴性菌占 47.05%,以阴沟肠杆菌为主(21.01%);共分离出 3 株真菌,占比较少,为 2.52%。因此,笔者认为足踝手术部位感染的致病菌中革兰阳性和革兰阴性菌总体比重接近,最主要的致病菌为阴沟肠杆菌、表皮葡萄球菌和金黄色葡萄球菌。本研究结果和张马军^[32]等的发现一致。他们分析了闭合性跟骨移位骨折术后感染的病原体分布,结果显示革兰阳性菌占 35.21%,其中金黄色葡萄球菌最为常见,占 19.01%;革兰阴性菌占 57.04%,以大肠埃希菌(30.28%)和阴沟肠杆菌(14.79%)为主。位付涛等^[31]在跟腱断裂切口修复术后感染的研究中也指出,金黄色葡萄球菌是主要的病原菌。

通过对足踝手术部位感染病原体的耐药性分析,能够协助临床医生在药敏试验结果出具前为患者用药提供更具指导性的建议。本研究中药敏试验结果显示,革兰阳性菌中的表皮葡萄球菌对喹奴普汀/达福普汀、替考拉宁、利福平、万古霉素、利奈唑烷和呋喃妥因等抗菌药物敏感。金黄色葡萄球菌作为另一

种革兰阳性菌,对喹奴普汀/达福普汀、替考拉宁、万古霉素、利奈唑烷和呋喃妥因等药物敏感性较高。提示在足踝手术部位感染的临床预防和治疗中,部分常用抗菌药物因耐药性较高可能效果不佳。对于革兰阳性致病菌,万古霉素、喹奴普汀/达福普汀、呋喃妥因和利奈唑烷等药物敏感性较高,可能是更合适的治疗选择。在革兰阴性菌中,阴沟肠杆菌对氨苄西林、哌拉西林、环丙沙星和庆大霉素表现为耐药,耐药率超过 50.00%,对头孢哌酮/舒巴坦、米诺环素、头孢吡肟、氨曲南和亚胺培南等抗菌药物均表现为敏感,而铜绿假单胞菌对头孢哌酮、氨苄西林、哌拉西林、头孢呋辛、四环素、庆大霉素和环丙沙星等药物耐药性较高,耐药率达到 50.00% 以上,对头孢哌酮/舒巴坦、复方磺胺甲噁唑、氨曲南、替加环素、亚胺培南和米诺环素敏感,耐药率低。因此,在治疗革兰阴性致病菌感染时,建议优先选用头孢哌酮/舒巴坦、米诺环素、亚胺培南和氨曲南等抗菌药物。本研究中真菌的药敏结果表明,其对常见抗真菌药物均有较高敏感性。当培养发现患者存在多种细菌混合感染时,可采用多种抗菌药物联合应用。

本研究的局限性在于:(1)回顾性设计可能存在选择偏倚;(2)未纳入手术医生经验、术中失血量等潜在影响因素;(3)部分术式(如距骨骨折)样本量较小,可能影响亚组分析的统计学效能。未来可开展前瞻性队列研究,进一步验证各术式的特异性危险因素,并建立针对不同手术类型的感染风险预测模型。

综上所述,足踝手术部位感染的预防需采取个体化策略:对跟骨骨折手术患者应优化手术方案以缩短操作时间,严格控制血糖;跟腱修复术需强化术前戒烟宣教,优化切口设计;踝关节骨折手术应严格管理止血带使用时间。同时,结合病原体分布及药敏特点实施精准抗感染治疗,可有效降低术后感染率,改善患者预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 王晶晶:数据收集整理、统计学分析及论文初稿撰写;杨聚豪:数据收集、核查与结果验证;钱丹:文献检索、资料归纳及表格制作、论文讨论部分的撰写与修改;张立群:研究方案的研究设计、整体把控、论文思路指导及定稿审核、统筹研究的科学性和学术价值。

参考文献

- [1] SCIGLIANO N M, CARENDER C N, GLASS N A, et al. Operative time and risk of surgical site infection and periprosthetic joint infection: a systematic review and Meta-analysis[J]. Iowa

- Orthop J, 2022, 42(1):155-161.
- [2] MA M H, PRASSE T, KIM R B, et al. Full-endoscopic spine surgery diminishes surgical site infections-a propensity score-matched analysis [J]. Spine J, 2023, 23(5):695-702.
- [3] MAGALHÃES J M, ZAMBELLI R, OLIVEIRA-JÚNIOR O, et al. Incidence and associated factors of surgical site infection in patients undergoing foot and ankle surgery: a 7-year cohort study[J]. Foot (Edinb), 2024, 59:102092.
- [4] LACHANCE A D, GIRO M E, EDELSTEIN A, et al. Do we need routine postoperative prophylactic oral antibiotics in elective foot and ankle surgery[J]. Foot Ankle Orthop, 2024, 9(1):24730114231224796.
- [5] MENG J, ZHU Y, LI Y, et al. Incidence and risk factors for surgical site infection following elective foot and ankle surgery: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1):449.
- [6] BONSIGNORE O L, MALKA M S, GORROO-CHURN P, et al. What is the risk of irrigation and debridement following foot and ankle surgery? Development of a risk severity scoring system[J]. Clin Orthop Relat Res, 2024, 482(12):2163-2169.
- [7] MCARDLE C, COYLE S, SANTOS D. The impact of wound pH on the antibacterial properties of medical grade honey when applied to bacterial isolates present in common foot and ankle wounds. An in vitro study[J]. J Foot Ankle Res, 2023, 16(1):66.
- [8] ZHAO H, MENG J, SUN T, et al. Risk factors for deep surgical site infection following surgically treated peri-ankle fractures: a case-control study based on propensity score matching[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1):542.
- [9] BRODELL J J, KOZAKIEWICZ L N, HOFFMAN S L, et al. Intraoperative site vancomycin powder application in infected diabetic heel ulcers with calcaneal osteomyelitis [J]. Foot Ankle Int, 2021, 42(3):356-362.
- [10] LI Q, WANG X, WANG Y, et al. A unilateral external fixator combined with bone transport and tibio-talar fusion for the treatment of severe postoperative infection of peri-ankle fractures: retrospective analysis of 32 cases[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1):110.
- [11] MENG J, ZHU Y, LI Y, et al. Incidence and risk factors for surgical site infection following elective foot and ankle surgery: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1):449.
- [12] CHALAK A, SINGH S, GHODKE A, et al. Ilizarov ankle arthrodesis: a simple salvage solution for failed and neglected ankle fractures[J]. Indian J Orthop, 2022, 56(9):1587-1593.
- [13] TAUSENDFREUND J, HALM J, TANIS E, et al. Post-operative infection following ankle fracture surgery: a current concepts review[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2025, 51(1):157.
- [14] KE C, DONG X, XIANG G, et al. Risk factors and nomogram predictive model of surgical site infection in closed pilon fractures[J]. J Orthop Surg Res, 2023, 18(1):582.
- [15] 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.
- [16] MONTAGUE S, WATSON R, HERBERT R. Physiology for nursing practice [M]. Amsterdam: Elsevier Science Health Science Div, 2005.
- [17] RITTER B, HERLYN P K, MITTLMEIER T, et al. Preoperative skin antisepsis using chlorhexidine may reduce surgical wound infections in lower limb trauma surgery when compared to povidone-iodine-a prospective randomized trial. [J] Am J Infect Control, 2020, 48(2):167-172.
- [18] CHANG A, HUGHES A, DU MOULIN W, et al. Randomised comparison of two skin preparation methods in foot and ankle surgery[J]. Foot Ankle Surg, 2016, 22(3):170-175.
- [19] YAO H, LIANG T Z, XU Y C, et al. Sinus tarsi approach versus extensile lateral approach for displaced intra-articular calcaneal fracture: a Meta-analysis of current evidence base [J]. J Orthop Surg Res, 2017, 12(1):43.
- [20] SOLDEVILA-BOIXADER L, VIEHÖFER A, WI-RTH S, et al. Risk factors for surgical site infections in elective orthopedic foot and ankle surgery; the role of diabetes mellitus[J]. J Clin Med, 2023, 12(4):1608.
- [21] MCGREGOR P C, LEDUC R. Preoperative and perioperative management of diabetics undergoing elective foot and ankle surgery[J]. Orthop Clin North Am, 2023, 54(3):341-348.
- [22] LU K S, MA T X, YANG C Y, et al. Risk pre-

diction model for deep surgical site infection (DSSI) following open reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fracture[J]. *Int Wound J*, 2022, 19(3):656-665.

[23] WIEWIORSKI M, BARG A, HOERTERER H, et al. Risk factors for wound complications in patients after elective orthopedic foot and ankle surgery[J]. *Foot Ankle Int*, 2015, 36(5):479-487.

[24] RHEE Y, SIMMS A T, SCHOENY M, et al. CDC prevention epicenters program. relationship between chlorhexidine gluconate concentration and microbial colonization of patients' skin[J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2024, 28:1-6.

[25] WANG Y J, ZHAO Z H, LU S K, et al. Analysis of risk factors, pathogenic bacteria characteristics, and drug resistance of postoperative surgical site infection in adults with limb fractures[J]. *Chin J Traumatol*, 2024, 21(24):52-59.

[26] GUPTA A, SINGH K, FATIMA S N, et al. Neutrophil extracellular traps promote NLRP3 inflammasome activation and glomerular endothelial dysfunction in diabetic kidney disease[J]. *Nutrients*, 2022, 14(14):2965.

[27] DARWITZ B P, GENITO C J, THURLOW L R. Triple threat; how diabetes results in worsened bacterial infections[J]. *Infect Immun*, 2024, 92(9):e0050923.

[28] RAMENZONI L L, ZUELLIG R A, HUSSAIN A, et al. Bacterial supernatants elevate glucose-dependent insulin secretion in rat pancreatic INS-1 line and islet β -cells via PI3K/AKT signaling[J]. *Mol Cell Biochem*, 2019, 452(1/2):17-27.

[29] 赵星, 赵猛, 关韶勇, 等. 闭合性跟骨骨折术后深部感染的危险因素[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(1):28-33.

[30] RASCOE A S, KAVANAGH M D, AUDET M A, et al. Factors associating with surgical site infection following operative management of malleolar fractures at an urban level 1 trauma center[J]. *OTA Int*, 2020, 3(2):e077.

[31] 位付涛, 赵磊, 谢素丽, 等. 跟腱断裂切开修复术后切口感染的影响因素与病原菌分析[J]. *创伤外科杂志*, 2022, 24(3):6.

[32] 张马军, 周铁丽, 陈志刚. 跟骨骨折术后切口感染的病原菌分布和耐药性及相关原因分析[J]. *浙江创伤外科*, 2017, 22(4):3.

(收稿日期:2025-03-09 修回日期:2025-09-01)

(编辑:李菲菲 陈秋莲)

(上接第 255 页)

[19] 孙宇峰, 田晓波, 张晓红, 等. “导师制”与多元化实践教学整合模式对医学检验专业本科人才培养的研究[J]. *标记免疫分析与临床*, 2024, 31(12):2368-2372.

[20] 中国医师协会. 中国医师协会关于印发住培内容与标准、基地标准(2022 年版)的通知(医协函[2022]557 号)[EB/OL]. (2022-08-05)[2025-02-23]. <https://www.ccgme-cmda.cn/news/15117/article>.

[21] 孟俊, 周思琪, 陆一一, 等. 瑞金医院检验医学科住院医师规范化培训的模式和体会[J]. *诊断学理论与实践*, 2024, 23(2):210-213.

[22] 孙宝清, 罗文婷, 王文熙, 等. 我国检验医师培养现状和改革措施[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2015, 14(7):721-723.

[23] 陈川, 栗军, 秦莉. 我国检验医师培养的现状 & 对策分析[J]. *中国医学教育技术*, 2011, 25(3):321-324.

[24] 高莹, 石晓红. 检验医师培养现状思考与探索[J]. *医学检验与临床*, 2022, 33(12):76-78.

[25] 叶杨芹, 张雯雁, 李根, 等. 以病例为基础的临床思维培养在微生物检验医师培养中的实践[J]. *国际检验医学杂志*, 2023, 44(7):893-896.

[26] 赵秀英. 以成人学习理论指导检验医师和技师规范化培训的思考与探索[J]. *中华医学教育杂志*, 2022, 42(8):736-739.

[27] LOCKYER J, BURSEY F, RICHARDSON D, et al. Competency-based medical education and continuing professional development: a conceptualization for change[J]. *Med Teach*, 2017, 39(6):617-622.

[28] MANLEY K, MARTIN A, JACKSON C, et al. A realist synthesis of effective continuing professional development (CPD): a case study of healthcare practitioners' CPD[J]. *Nurse Educ Today*, 2018, 69:134-141.

(收稿日期:2025-05-30 修回日期:2025-09-16)

(编辑:李菲菲 熊欣然)