

关节镜下前交叉韧带重建术后感染的临床特征 与治疗方法分析

刘 硕^{1,2}, 张瀚元², 台锬棣³, 徐 斌^{2*}

¹安徽医科大学第一临床医学院, 安徽 合肥

²安徽医科大学第一附属医院骨科运动创伤与关节镜外科, 安徽 合肥

³六安市第四人民医院骨二科, 安徽 六安

收稿日期: 2026年3月9日; 录用日期: 2026年4月3日; 发布日期: 2026年4月13日

摘 要

目的: 通过回顾性研究总结本院关节镜下前交叉韧带重建术(anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR)后感染患者的临床特征、病原学特点及治疗方式, 探讨不同发热时间与不同处理方式的患者之间的临床差异, 为ACLR术后感染的早期识别和临床治疗提供参考。材料与方法: 回顾性纳入2019年1月至2025年12月于安徽医科大学第一附属医院骨科运动创伤与关节镜外科行ACLR, 术后发生感染并再次入院治疗的33例患者。收集患者一般资料、检验检查结果、围手术期处理方式、术后发热时间、病原学结果及治疗方案。采用描述性统计分析感染患者的临床特征, 按术后发热时间、治疗方式进行亚组分析, 比较各组间的临床特征差异。结果: 2019.01~2025.12年本院共完成ACLR 2491例, 其中术后感染33例, 感染率约为1.32%。33例感染患者中, 再次手术清创9例(27.3%), 培养阳性6例(18.2%), 葡萄球菌是最常见的病原体。早期发热组身高、体重及BMI均高于晚期发热组(均 $P < 0.05$), 晚期发热组再次手术清创比例显著高于早期发热组($P < 0.001$)。再次手术组均为晚期发热, 且其体重和BMI均低于非再次手术组(均 $P < 0.05$)。按术后治疗方式进行多组比较显示, 不同治疗组在发热时间、体重及BMI方面的差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。结论: 本研究显示, 本中心ACLR术后感染发生率为1.32%。感染患者多为术后2周内发热, 晚期发热患者接受再次手术清创的比例则明显升高。葡萄球菌为主要致病菌, 培养阴性并不能排除感染, 临床上应结合症状体征、炎症指标、关节液检查及术中所见进行综合判断。发热时间可能是提示病情进展及术后治疗方法的重要临床线索。由于本研究为回顾性研究且样本量有限, 相关结论仍需多中心、大样本研究进一步验证。

关键词

前交叉韧带重建术, 术后感染, 发热时间, 关节镜清创

Clinical Characteristics and Treatment Strategies of Infection after Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

*通讯作者。

文章引用: 刘硕, 张瀚元, 台锬棣, 徐斌. 关节镜下前交叉韧带重建术后感染的临床特征与治疗方法分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 2487-2496. DOI: 10.12677/acm.2026.1641499

Shuo Liu^{1,2}, Hanyuan Zhang², Kundi Tai³, Bin Xu^{2*}

¹First School of Clinical Medicine, Anhui Medical University, Hefei Anhui

²Department of Sports Medicine and Arthroscopic Surgery, Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

³Second Department of Orthopaedics, The Fourth People's Hospital of Lu'an, Lu'an Anhui

Received: March 9, 2026; accepted: April 3, 2026; published: April 13, 2026

Abstract

Objective: To summarize the clinical characteristics, microbiological features, and treatment strategies of patients with infection after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) in our institution, and to investigate the clinical differences among patients with different fever onset times and treatment strategies, so as to provide evidence for the early identification and clinical management of post-ACLR infection. **Methods:** A retrospective study was conducted on 33 patients who underwent ACLR in the Department of Sports Medicine and Arthroscopic Surgery, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, between January 2019 and December 2025 and were subsequently readmitted for postoperative infection. General clinical data, laboratory and imaging findings, perioperative management, postoperative fever onset time, microbiological results, and treatment strategies were collected. Descriptive statistical analysis was performed to summarize the clinical characteristics of infected patients. Subgroup analyses were conducted according to postoperative fever onset time and treatment strategies to compare clinical differences among groups. **Results:** From January 2019 to December 2025, a total of 2,491 ACLR procedures were performed in our institution, among which 33 patients developed postoperative infection, yielding an infection rate of 1.32%. Among the 33 infected patients, 9 (27.3%) underwent repeat arthroscopic debridement and 6 (18.2%) had positive culture results. *Staphylococcus* species were the most commonly isolated pathogens. Patients in the early-fever group had significantly greater height, body weight, and body mass index (BMI) than those in the late-fever group (all $P < 0.05$), whereas the proportion of repeat arthroscopic debridement was significantly higher in the late-fever group than in the early-fever group ($P < 0.001$). All patients in the repeat-surgery group presented with late fever, and their body weight and BMI were significantly lower than those in the non-repeat-surgery group (both $P < 0.05$). Multigroup comparison based on postoperative treatment strategies showed significant differences among groups in fever onset time, body weight, and BMI (all $P < 0.05$). **Conclusion:** The incidence of infection after ACLR in our center was 1.32%. Most infected patients developed fever within 2 weeks after surgery, whereas patients with late-onset fever were more likely to require arthroscopic debridement. *Staphylococcus* species were the predominant pathogens. Negative culture results could not exclude infection, and clinical diagnosis should be based on a comprehensive assessment of symptoms and signs, inflammatory markers, synovial fluid examination, and intraoperative findings. Fever onset time may serve as an important clinical clue indicating disease progression and guiding postoperative treatment strategies. Given the retrospective design and limited sample size of this study, further multicenter studies with larger sample sizes are warranted.

Keywords

Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Postoperative Infection, Fever Onset Time, Arthroscopic Debridement

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 背景

前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)的主要作用是限制胫骨前移,是膝关节的重要稳定结构。ACL损伤是常见的膝关节韧带损伤,多因跳跃落地、膝关节扭转等外伤引起,会导致患者膝关节屈伸活动受限、运动困难[1]。ACLR是ACL损伤后治疗的首选方法,即使用编织肌腱替代损伤的ACL,从而恢复膝关节功能。随着微创技术的发展,关节镜下前交叉韧带重建已成为当前ACL损伤治疗的主流术式。据北京大学第三医院统计,ACLR例数从2001年的136例增长到2020年的2561例,20年间共进行了27867台ACLR手术[2]。

虽然ACLR术后并发症发生率较低,但并不能忽视,这些并发症会显著影响手术后的恢复和长期治疗效果。据报道,每年约3%的初次ACLR会失败,需要进一步修复手术[3]。前交叉重建术后的手术部位感染是较为严重的并发症,会影响膝关节功能恢复,提高再入院率,并对患者的心理健康和经济产生负面影响。感染可能涉及皮肤、皮下组织、深层软组织,甚至关节,可能需要移除移植体以控制感染[4]。

欧洲术后感染诊治指南指出,对于ACLR术后感染应尽早识别并及时干预,当出现局部皮肤发红、温度升高和压痛、CRP持续升高或伤口愈合延迟时要考虑可能出现术后感染。此时应尽快行膝关节穿刺,完善细菌培养及药敏试验,并在穿刺后使用经验性抗菌药物治疗,并根据药敏结果调整抗生素的使用[5]。

现有研究更多关注术后感染的危险因素,国内关于感染后患者的临床特征分析和治疗方法选择的研究仍较少。本研究采用回顾性研究,总结本中心ACLR术后感染患者的临床特征、病原学特点及治疗方式,并进一步按发热时间和处理方法进行分层分析,为早期识别感染、指导术后治疗方法提供依据。

2. 方法

2.1. 研究对象

研究对象为2019年1月至2025年12月在安徽医科大学第一附属医院骨科运动创伤与关节镜外科行ACLR手术、术后发生感染并再次住院治疗的患者。

2.2. 感染的定义

(1) 病原学证据证实的感染:指从切口深部软组织、腔隙液体(即关节液)中获取标本,通过培养的微生物学方法检出病原体,结合发热、膝关节肿胀等临床表现可诊断为术后感染。

(2) 培养阴性的临床感染:微生物培养的阴性结果可能受术后抗菌药物使用、取材数量不足、厌氧或生长慢/难培养病原体等多因素影响,病原学阴性并不能排除术后感染。因此,本研究将符合下列任意一项、收住入院实施抗感染处理(如关节镜下膝关节清创、膝关节穿刺引流、抗菌治疗等)的患者,归入术后感染的范畴:(1)出现脓性引流/脓液;(2)在直接检查、再次手术、病理或影像学中发现脓肿或其他明确感染证据;(3)切口被外科医生主动打开或穿刺处理,且伴局部感染体征(如新发或加重的局部疼痛/压痛、肿胀、局部发热等),并给予抗菌治疗;(4)膝关节穿刺抽液检查显示关节液白细胞、中性粒细胞比例升高;(5)血液检查白细胞、中性粒细胞比例、C-反应蛋白升高,由外科医生明确诊断为术后感染,且该诊断与上述临床、影像或术中所见相互印证[4][6]-[10]。

2.3. 纳入与排除标准

纳入标准:(1)初次手术为关节镜下ACL重建术;(2)于安徽医科大学第一附属医院运动创伤与关节镜外科行ACLR手术;(3)术后发生感染,并于安徽医科大学第一附属医院骨科运动创伤与关节镜外科再次住院接受抗感染治疗。

排除标准:(1)外院行ACLR手术,术后出现感染于我院治疗者;(2)我院行ACLR手术,术后出现

感染未于本科室治疗者；(3) 病程中合并有其他部位或系统的慢性或急性感染；(4) 患有严重精神疾病者，或智能障碍不能配合治疗。

2.4. 收集患者信息

- (1) 一般资料：年龄、性别、身高、体重、BMI、住院天数。
- (2) 初次 ACLR 手术相关资料：止血带压力、止血带时间、骨道直径、移植物类型、是否合并其他手术。
- (3) 感染相关资料：发热出现时间、培养结果、病原体种类。
- (4) 治疗资料：抗菌药物、是否穿刺引流、是否再次手术清创。

2.5. 病原学标本采集与培养

对疑似关节内感染患者，行膝关节穿刺抽取关节液送检，常规采集量约 2 mL；再次手术清创者则根据术中情况送检滑膜、脓性渗出物或其他可疑感染组织。标本送本院微生物实验室进行培养，以普通细菌培养为主，是否进一步开展真菌培养、延长培养时间或追加其他特殊病原学检测则主要依据临床病情判断决定。

2.6. 统计学分析

主要对 ACLR 术后发生感染的患者进行临床特征分析，并在感染患者内部进行亚组比较及相关因素探索。采用 Microsoft Excel 软件建立数据库，使用 SPSS 24.0 进行统计学相关分析。对术后感染患者的一般资料、初次 ACLR 手术相关资料、感染相关资料、治疗资料进行描述性统计分析。因样本量较小，使用中位数(四分位数)及例(百分比)进行描述。之后根据研究目的对感染患者进行亚组分层，比较亚组间临床特征差异。按术后发热时间[早期发热组(0~2 周)和晚期发热组(>2 周)]、治疗方式(单纯抗感染治疗组、膝关节穿刺引流组和再次手术清创组)进行亚组分析。连续变量经正态性检验后，多数不服从正态分布，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验；分类变量理论频数 < 5，采用 Fisher 确切概率法。多组比较采用 Kruskal-Wallis H 检验，若总体之间有统计学差异则采用 Bonferroni 校正，校正后 $\alpha' = 0.0167$ ，两组间进行比较。 $P < 0.05$ 有统计学意义。

3. 结果

3.1. 感染患者信息描述

2019 年 1 月至 2025 年 12 月，本中心共完成 ACLR 2491 例，其中 33 例患者术后发生感染并再次入院治疗，感染率为 1.32%。33 例术后感染患者中，早期发热(术后 0~2 周) 20 例(60.6%)，晚期发热(>2 周) 13 例(39.4%)；治疗方面，仅予以抗生素抗感染治疗患者 6 例(18.2%)、行膝关节穿刺引流患者 18 例(54.5%)、行手术治疗清创患者 9 例(27.3%)；病原学分析显示，培养阳性 6 例(18.2%)，其中金黄色葡萄球菌 3 例，表皮葡萄球菌 1 例，近平滑念珠菌 1 例，黄曲霉 1 例。再次手术清创患者术中多见滑膜增生，病理提示广泛炎性渗出。2 例再次清创手术患者术中取病理提示脓性渗出，脓肿形成，符合感染改变，但取培养 2 天后结果均为阴性。所有患者经治疗后均好转出院，未见因感染导致移植物失效并需再次行前交叉韧带重建术者，术后观察随访期间未见感染复发。

3.2. 亚组分析

按发热时间分组比较显示，晚期发热组行清创手术比例显著升高[69.2% (9/13) vs 0.0% (0/20), $P <$

0.001]。早期发热组身高、体重及 BMI 均高于晚期发热组[身高: 177.0 (171.8, 180.0) cm vs 169.0 (167.0, 170.0) cm, $P = 0.005$; 体重: 78.5 (70.5, 87.0) kg vs 65.0 (60.0, 73.0) kg, $P = 0.004$; BMI: 25.3 (23.5, 26.7) vs 22.7 (21.4, 24.6), $P = 0.034$], 见表 1。

Table 1. Subgroup analysis according to postoperative fever onset time
表 1. 术后发热时间的亚组分析

变量	早期发热组(n = 20)	晚期发热组(n = 13)	P 值
年龄(y)	25.0 (20.8, 38.2)	23.0 (20.0, 34.0)	0.365
性别			0.084
男	18 (90.0%)	8 (61.5%)	
女	2 (10.0%)	5 (38.5%)	
住院天数(d)	6.0 (2.0, 7.2)	6.0 (3.0, 8.0)	0.469
身高(cm)	177.0 (171.8, 180.0)	169.0 (167.0, 170.0)	0.005
体重(kg)	78.5 (70.5, 87.0)	65.0 (60.0, 73.0)	0.004
BMI (kg/m ²)	25.3 (23.5, 26.7)	22.7 (21.4, 24.6)	0.034
培养结果			0.659
阳性	3 (15.0%)	3 (23.1%)	
阴性	17 (85.0%)	10 (76.9%)	
止血带压力(mmHg)	250.0 (250.0, 255.0)	250.0 (250.0, 250.0)	0.356
止血带使用时间(min)	89.0 (74.8, 105.0)	94.0 (71.0, 109.0)	1.000
骨道直径(mm)	8.8 (8.0, 9.0)	8.0 (8.0, 8.5)	0.056
再次手术			< 0.001
否	20 (100.0%)	4 (30.8%)	
是	0 (0.0%)	9 (69.2%)	

注: 连续变量组间比较采用 Mann-Whitney U 检验, 分类变量组间比较采用 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 表示有统计学差异。

按是否进行清创手术进行分组比较, 清创手术组均为晚期发热(100.0% vs 16.7%, $P < 0.001$)。清创手术组 BMI 及体重均低于非清创手术组[BMI: 21.4 (21.2, 24.2) vs 25.3 (22.6, 26.6), $P = 0.007$; 体重: 63.0 (60.0, 70.0) kg vs 74.5 (68.0, 85.5) kg, $P = 0.014$]。其余变量比较差异均无统计学意义, 见表 2。

Table 2. Subgroup analysis according to reoperation with debridement
表 2. 是否进行清创手术的亚组分析

变量	非再次手术组(n = 24)	再次手术组(n = 9)	P 值
晚期发热(>2w)			<0.001
否	20 (83.3%)	0 (0.0%)	
是	4 (16.7%)	9 (100.0%)	
年龄(y)	25.0 (20.0, 37.5)	23.0 (20.0, 34.0)	0.584

续表

性别			0.068
男	21 (87.5%)	5 (55.6%)	
女	3 (12.5%)	4 (44.4%)	
住院天数(d)	6.0 (2.0, 8.0)	6.0 (3.0, 8.0)	1.000
身高(cm)	175.5 (170.0, 179.2)	170.0 (169.0, 172.0)	0.156
体重(kg)	74.5 (68.0, 85.5)	63.0 (60.0, 70.0)	0.014
BMI (kg/m ²)	25.3 (22.6, 26.6)	21.4 (21.2, 24.2)	0.007
培养结果			1.000
阳性	4 (16.7%)	2 (22.2%)	
阴性	20 (83.3%)	7 (77.8%)	
止血带压力(mmHg)	250.0 (250.0, 253.8)	250.0 (250.0, 252.5)	0.888
止血带使用时间(min)	92.0 (75.0, 105.0)	96.0 (67.0, 109.0)	0.808
骨道直径(mm)	8.5 (8.0, 9.0)	8.0 (8.0, 8.5)	0.167

注：连续变量组间比较采用 Mann-Whitney U 检验；分类变量组间比较采用 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 表示有统计学差异。

3.3. 多组比较

以术后操作方式(无创伤性操作、穿刺、再次手术)为分组进行多组比较。结果显示,不同术后操作组在发热时间、BMI 及体重的差异具有统计学意义(分别为 $P < 0.001$; $H = 9.299$, $P = 0.010$; $H = 7.552$, $P = 0.023$)。其中,清创手术组均为晚期发热,而穿刺组以早期发热为主[16/18(88.9%)。进一步对总体差异有统计学意义的变量进行两两比较。结果显示,发热时间分布在无创伤性操作组与再次手术清创组($P = 0.011$)、穿刺组与再次手术清创组($P < 0.001$)之间差异均有统计学意义;体重方面,仅穿刺组与再次手术清创组之间差异有统计学意义($P = 0.014$);BMI 方面,同样仅穿刺组与再次手术清创组之间差异有统计学意义($P = 0.004$),其余组间差异均无统计学意义(均 $P > 0.0167$),见表 3。

Table 3. Multi-group comparison according to postoperative treatment strategies

表 3. 按术后治疗方式分组的多组比较

变量	无创伤性操作组(n = 6)	穿刺组(n = 18)	再次手术清创组(n = 9)	P 值
晚期发热(>2w)				<0.001
否	4 (66.7%)	16 (88.9%)	0 (0.0%)	
是	2 (33.3%)	2 (11.1%)	9 (100.0%)	
年龄(y)	22.0 (19.2, 27.0)	28.5 (21.2, 38.5)	23.0 (20.0, 34.0)	0.440
性别				0.081
男	6 (100.0%)	15 (83.3%)	5 (55.6%)	
女	0 (0.0%)	3 (16.7%)	4 (44.4%)	
住院天数(d)	3.5 (1.2, 5.8)	6.0 (4.2, 8.0)	6.0 (3.0, 8.0)	0.456
身高(cm)	174.0 (170.2, 177.8)	175.5 (170.0, 179.8)	170.0 (169.0, 172.0)	0.352

续表

体重(kg)	70.0 (66.0, 72.5)	78.5 (73.2, 87.0)	63.0 (60.0, 70.0)	0.023
BMI (kg/m ²)	22.5 (22.3, 24.9)	25.4 (24.3, 27.0)	21.4 (21.2, 24.2)	0.010
培养结果				0.692
阳性	0 (0.0%)	4 (22.2%)	2 (22.2%)	
阴性	6 (100.0%)	14 (77.8%)	7 (77.8%)	
止血带压力(mmHg)	250.0 (250.0, 250.0)	250.0 (250.0, 253.8)	250.0 (250.0, 250.0)	0.989
止血带使用时间(min)	76.0 (71.2, 89.0)	95.5 (78.2, 110.2)	96.0 (67.0, 109.0)	0.416
骨道直径(mm)	9.0 (9.0, 9.0)	8.0 (8.0, 9.0)	8.0 (8.0, 8.5)	0.053

注：连续变量组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验；分类变量组间比较根据理论频数情况采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法/Monte Carlo 法。P < 0.05 为差异有统计学意义。

4. 讨论

本研究结果显示，2019.01~2025.12 年本病区 ACLR 术后感染发生率约为 1.32%。ACLR 术后感染的总体发生率较低，北京大学第三医院运动医学科的一项持续 20 年，涉及 27867 例患者的研究显示总体感染率为 0.23% [2]。据先前文献报道，总体发生率约为 0.60% (0.14%~2.44%) [11][12]。本研究统计 ACLR 术后感染发生率约为 1.32%，处于既往文献报道范围之内，这一结果在一定程度上支持了本中心数据的外部可比性。尽管 ACLR 总体发病率较低，但术后感染作为高破坏性的并发症，会显著影响患肢的功能恢复、提高患者的再入院率及后续治疗负担。

本研究记录 ACLR 术后感染患者 33 例，其中培养阳性仅 6 例(18.2%)，金黄色葡萄球菌 3 例，表皮葡萄球菌 1 例，近平滑念珠菌 1 例，黄曲霉 1 例。在培养阳性的患者中，本研究结果与既往研究相符，术后感染最常见的病原体是金黄色葡萄球菌属(60%~90%)，真菌和分枝杆菌被认为是 ACLR 感染中非常罕见的病原体。与本研究不同的是既往研究显示凝血酶阴性葡萄球菌最为常见，其次是金黄色葡萄球菌，ACLR 术后有 15%~30% 感染病例会出现培养阴性结果。培养阴性结果可能受到既往抗菌药物使用、取材不足及难培养病原体等因素影响，因此不能简单据此排除感染[4]。本研究术后细菌/真菌培养检出率低的原因可能是因为以下几个方面：(1) 患者发热后已自行口服抗生素进行治疗，无法在抗生素使用前进行抽血或关节液培养；(2) 本研究常规关节液送检量约为 2 mL，标本量较小，可能影响病原体检出率；(3) 病原体培养主要按照本院常规培养流程进行检测，以普通细菌培养为主，难以识别真菌或生长缓慢的病原体，对于常规培养阴性而临床高度怀疑感染者，可考虑采用二代测序(next-generation sequencing, NGS)、聚合酶链反应(polymerase chain reaction, PCR)或质谱分析(matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry, MALDI-TOF MS)等方法进一步检测病原体[13][14]，但是受限于患者的经济水平及治疗意愿，部分检验无法完成；(4) 细菌培养阳性率低可能受生物膜的影响，生物膜是微生物附着于组织或材料表面，并被胞外基质包裹形成的群落结构，生物膜中的细菌在琼脂平板上的生长能力较差，导致培养结果出现假阴性[4][15][16]。

ACLR 术后真菌感染较为罕见，但由于进展缓慢，发病时间较长且较难诊断，可能严重损伤关节，导致软骨溶解和显著的骨质流失。一项涉及 21 例 ACLR 后真菌感染患者的病例分析显示 ACLR 与最终诊断术后感染的中位时间为 36 天，年龄中位数为 28 岁，提示术后真菌感染并未发生在免疫系统较弱的患者中，而是发生在年轻群体[17]。本研究中涉及的两例术后诊断为真菌感染(近平滑念珠菌、黄曲霉)的患者分别在 ACLR 术后 3 月及 5 月出现肿胀发热症状，年龄分别为 20 和 23 岁。先前 ACLR 术后报告的

感染病例也已鉴定出如白色念珠菌、曲霉属等病原体，本研究也进行了致病病原体的证据补充[13] [14] [17]-[19]。

本研究对术后感染患者进行早期与晚期发热分组的依据，主要参考既往的文献报道。大多数前交叉韧带重建术后感染为急性术后感染，感染症状大多在 ACLR 后 1~3 周内显现，但这些感染初期临床表现模糊，难以与膝关节血肿、创伤后炎症反应相鉴别。因此，当患者出现持续的膝关节肿痛、发热，炎症指标(白细胞、CRP、ESR)升高(≥ 2 周)时，就应予以重视[4] [10] [20] [21]。Zhao 等人[22]进行的一项 meta 分析提及术后感染症状出现的平均时间约为 17.1 天(95%CI: 13.2~21.0)，也有有关 ACLR 术后感染的诊疗综述中指出绝大多数病例的术后感染的症状会在术后 10 至 25 天内出现[14]，因此本研究采用术后 0~2 周与 >2 周进行分组。当出现持续或延迟出现的发热，尤其合并局部症状、炎症指标持续升高或关节液检验异常时，应更加警惕深部感染或关节内感染的可能，及时完善病原学培养及影像学评估，必要时尽早进行手术干预，以降低感染蔓延及关节功能损害的风险。

术后感染患者亚组分析显示，晚期发热患者多采取再次手术清创处理，而早期发热患者更多采用穿刺引流或药物抗感染治疗。术后感染的治疗采取不同的诊疗操作方式多与疾病的发生发展过程及严重程度有关，发热出现时间不仅是症状发生时点的描述指标，也可能在一定程度上反映感染的病程进展。本研究在术后感染患者内部进一步分析发现：不同术后操作方式(无创伤性操作、穿刺、再次手术)在发热时间分布方面差异显著，其中早期发热患者更多接受穿刺引流或药物治疗，而晚期发热患者更倾向于接受再次手术清创。尽管本研究已尽可能明确 ACLR 术后感染的定义，但仍可能存在部分非感染性发热患者被误纳入的情况。也可能存在术后感染患者在我科就诊后转至感染科住院治疗出院，从而未被本研究纳入分析。术后早期发热除感染外，还可能与手术创伤反应、吸收热、血肿、术后炎症反应等因素相关，但术后感染对膝关节功能所造成的影响远超后者。早期发热患者考虑到手术费用等因素虽更多采取药物治疗或膝关节穿刺引流，但仍需结合临床表现动态判断，避免因单纯以“术后早期反应”解释而延误诊治。

需指出的是，本研究对象均为已发生感染患者，结果反映的是感染后的临床特征及治疗分层差异，而非相关因素对感染发生风险的直接影响。本研究亚组分析显示，早期发热组的身高、体重及 BMI 均高于晚期发热组，再次手术清创组的体重及 BMI 低于非清创组，且按治疗方式分组比较时穿刺组 BMI 中位数最高、再次手术组最低。这些结果提示 BMI 及相关体型指标可能与 ACLR 术后感染患者的症状出现时间及后续治疗方法存在一定关联，但其具体机制尚不明确。可能的原因是较高 BMI 患者的下肢负荷较大、关节积液或血肿形成及炎症反应程度更明显，因此更容易在术后早期出现发热或明显不适，从而较早就诊并接受穿刺引流或抗感染治疗；BMI 较低患者出现的发热则相对隐匿，出现明显症状较晚，就诊时间相对滞后，待感染进展后更难使用药物控制，需要再次手术清创。BMI 与炎症反应、就诊时机及临床决策等多因素相关，且本研究样本量较小，再次手术清创组仅 9 例，结果可能出现偏倚，因此目前尚不能据此推断 BMI 与感染进展之间存在直接因果关系。未来可在扩大样本后进一步探索 BMI 等因素与感染时间、感染进展程度之间的关系。

在患者出现持续的局部皮肤发红、发热、肿胀和压痛、CRP 升高不降或伤口愈合延迟时要考虑可能出现术后感染，此时应进行细菌培养及药敏试验。获得培养标本后即可经验性应用广谱抗生素进行抗感染治疗，在知晓致病病原体及其易感性后，进一步进行针对性的抗生素治疗[13] [20]。据本研究统计的结果显示本中心较多地使用口服利奈唑胺(78.8% 26/33 例)单独或联合万古霉素/头孢哌酮舒巴坦钠/哌拉西林他唑巴坦钠作为术后感染的抗菌药物，也取得了较好的治疗效果。ACLR 术后感染多因葡萄球菌引起，利奈唑胺是人工合成的抗生素，常用于治疗革兰阳性(G+)球菌引起的感染，且不容易产生耐药性，因此使用利奈唑胺有理论依据支持。既往也有研究使用利奈唑胺进行术后感染患者的治疗，但仅有两例患者

使用该药物,样本量较少[23]。本中心术后感染患者较多采用利奈唑胺进行抗感染治疗,短期临床结局总体较好,但由于本研究缺乏对照组,尚不能据此评价利奈唑胺相较于其他抗菌药物的疗效对比。欧洲运动医学与关节镜协会(ESSKA)发布的指南[15]提及可以在引流管移除、伤口干燥后开始使用利福平,将利福平作为备选治疗方案之一,但是该指南中也提出不要作为经验性治疗使用利福平,因为使用不当可能导致耐药性。考虑到利福平的快速耐药性及肝功能毒性,本中心并未使用利福平作为 ACLR 术后抗感染的药物进行治疗。

当然,本研究不可避免地存在局限性。首先,本研究为回顾性研究,难以避免选择偏倚和信息偏倚。其次,本研究的术后感染的病例数及感染后分组分析的样本量较小,部分比较结果可能存在不稳定性。第三,本研究主要聚焦感染发生及早期治疗的方法,没有进一步分析术后感染患者经治疗后的转归,也未对该部分患者进行长期随访及膝关节功能评分。第四,虽然本研究的患者均来自同一个病区,但是每台手术的医生不同,患者的管理、手术的操作不能完全规范统一,术后感染的治疗方法也会存在差异。未来研究可开展多中心、高质量研究,在扩大样本量的基础上拓展本研究发现,并给出系统的术后感染治疗方案,以降低术后感染的发生,优化治疗方案。

5. 结论

本研究显示,本中心 ACLR 术后感染发生率为 1.32%。感染患者多为术后 2 周内发热,晚期发热患者接受再次手术清创的比例则明显升高。葡萄球菌仍为主要致病菌,培养阴性并不能排除感染,临床上应结合症状体征、炎症指标、关节液检查及术中所见进行综合判断。发热时间可能是提示病情进展及术后治疗方法的重要临床线索。由于本研究为回顾性研究且样本量有限,相关结论仍需多中心、大样本研究进一步验证。

伦理声明

本研究经安徽医科大学第一附属医院临床研究伦理委员会审查批准(批件号:安医一附院科研伦理审——PJ 2025-03-94; 审批日期:2025 年 6 月 26 日)。

参考文献

- [1] Samei, M., Daliri, M., Sadeghi, M., Ganji, R., Parsa, A. and Ebrahimzadeh, M.H. (2024) Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with and without Tourniquet Use: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis on Clinical Outcomes. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **25**, Article No. 994. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-08101-w>
- [2] 王成, 孟令宇, 陈拿云, 等. 前交叉韧带重建术后膝关节感染的诊断和治疗策略[J]. 北京大学学报(医学版), 2021, 53(5): 851-856.
- [3] Figueroa, D., Gonzalez, W., Figueroa, L., Figueroa, F. and Vaisman, A. (2025) Complications in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **61**, Article 102876. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2024.102876>
- [4] Cassano, G.D., Moretti, L., Vicenti, G., Buono, C., Albano, F., Ladogana, T., et al. (2024) Infection after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Narrative Review of the Literature. *Healthcare*, **12**, Article 894. <https://doi.org/10.3390/healthcare12090894>
- [5] Pérez-Prieto, D., Totlis, T., Madjarevic, T., Becker, R., Ravn, C., Monllau, J.C., et al. (2023) ESSKA and EBJIS Recommendations for the Management of Infections after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACL-R): Prevention, Surgical Treatment and Rehabilitation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **31**, 4204-4212. <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07463-3>
- [6] Centers for Disease Control and Prevention (2026) Surgical Site Infection Event (SSI). <https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/9pscscscurrent.pdf>
- [7] Rasnake, M.S. and Dooley, D.P. (2006) Culture-Negative Surgical Site Infections. *Surgical Infections*, **7**, 555-565. <https://doi.org/10.1089/sur.2006.7.555>
- [8] European Centre for Disease Prevention and Control (2025) Protocol for the Surveillance of Surgical Site Infections and

- Prevention Indicators in European Hospitals: Healthcare-Associated Infection Surveillance Network (HAI-Net) Surgical Site Infection (SSI) Protocol, Version 2.3. ECDC.
<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/protocol-surveillance-surgical-site-infections-and-prevention-indicators-european>
- [9] 王猛, 叶如卿, 王亮, 等. 不同手术时机行关节镜下前交叉韧带重建术对患者术后医院感染的影响研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28(21): 3293-3296.
- [10] 侯费祎, 张莲, 李慎松, 等. 前交叉韧带重建术后感染的早期诊断与治疗[J]. 中国内镜杂志, 2023, 29(11): 61-71.
- [11] Schneider, J.G., Ormseth, B., DiBartola, A.C., Magnussen, R.A., Duerr, R.A., Stoodley, P., *et al.* (2024) Incidence, Common Pathogens, and Risk Factors for Infection after Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *The Journal of Knee Surgery*, **37**, 470-481. <https://doi.org/10.1055/a-2179-3678>
- [12] 陈拿云, 陈嘉兴, 敖英芳. 关节镜下前交叉韧带重建术后关节感染的风险因素分析: 基于中国人群的回顾性研究[J]. 中国运动医学杂志, 2023, 42(11): 851-859.
- [13] Konstantinou, E., Pfeiffer, T., Rocca, M.S., Grandberg, C., Dias, K. and Musahl, V. (2025) Prevention and Management of Postoperative Infection after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 336. <https://doi.org/10.3390/jcm14020336>
- [14] Komnos, G.A., Chalatsis, G., Mitrousias, V. and Hantes, M.E. (2022) Postoperative Infection after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Prevention and Management. *Microorganisms*, **10**, Article 2349. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122349>
- [15] Renz, N., Madjarevic, T., Ferrari, M., Becker, R., Ravn, C., Vogely, C., *et al.* (2023) Recommendations on Diagnosis and Antimicrobial Treatment of Infections after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACL-R) Endorsed by ESSKA and EBJIS. *Journal of Infection*, **86**, 543-551. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2023.03.021>
- [16] Kim, S., Postigo, R., Koo, S. and Kim, J.H. (2014) Infection after Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopedics*, **37**, 477-484. <https://doi.org/10.3928/01477447-20140626-06>
- [17] Costa-Paz, M., Muscolo, D.L., Ayerza, M.A., Sanchez, M., Astoul Bonorino, J., Yacuzzi, C., *et al.* (2021) Mucormycosis Osteomyelitis after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Bone & Joint Open*, **2**, 3-8. <https://doi.org/10.1302/2633-1462.21.bjo-2020-0153.r1>
- [18] Samonis, G., Koutserimpas, C., Vrioni, G., Kampos Martinez, E., Kouloumentas, P., Alpantaki, K., *et al.* (2021) Fungal Septic Knee Arthritis Caused by *Aspergillus Fumigatus* Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Diagnostics*, **11**, Article 1975. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11111975>
- [19] Antkowiak, T.T., Polage, C.R., Wiedeman, J.A., Meehan, J.P. and Jamali, A.A. (2011) Chondrolysis of the Tibial Plateau Caused by Articular Aspergillosis after ACL Autograft Reconstruction: Management with a Fresh Osteochondral Allograft. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, **93**, e1241-e1246. <https://doi.org/10.2106/jbjs.j.00782>
- [20] 李彬, 柳直, 姚五平, 等. 前交叉韧带重建术后感染的研究进展[J]. 中国医药导报, 2025, 22(10): 43-47.
- [21] 李强, 范志航, 胡勇, 等. 血清 ESR、CRP 水平及关节液 WBC 计数、IL-6 水平在前交叉韧带重建术后关节内急性感染诊断中的价值分析[J]. 川北医学院学报, 2023, 38(6): 827-830.
- [22] Zhao, D., Liang, G., Pan, J., Zeng, L., Luo, M., Huang, H., *et al.* (2023) Risk Factors for Postoperative Surgical Site Infections after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *British Journal of Sports Medicine*, **57**, 118-128. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105448>
- [23] Otchwemah, R., Naendrup, J., Mattner, F., Tjardes, T., Balthis, H. and Shafizadeh, S. (2019) Effective Graft Preservation by Following a Standard Protocol for the Treatment of Knee Joint Infection after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Journal of Knee Surgery*, **32**, 1111-1120. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675794>