

DOI:10.13350/j.cjpb.251027

• 综述 •

新型冠状病毒感染后医学实验室感染防控体系长效机制构建的探索

谢玲萍¹, 杜天海², 杨庆先^{3*}

(1. 成都上锦南府医院/四川大学华西医院上锦医院病理科, 四川成都 610041; 2. 四川大学华西医院病理科; 3. 四川农业大学)

【摘要】 新型冠状病毒感染的全球蔓延凸显了医学实验室在传染病防控中的核心地位, 但实验室感染事件频发暴露了医学实验室在感染控制方面的不足。新冠感染后, 医学实验室感染控制面临多重挑战。本文探讨了医学实验室感染控制体系的现状与挑战, 并从人为因素、管理体系、技术设备等多个维度剖析问题根源, 提出构建实验室感染防控长效机制的路径, 旨在提升医学实验室的感染控制能力。

【关键词】 实验室感染防控; LAI; 生物安全; 感染控制体系; 综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2025)10-1374-04

[Journal of Pathogen Biology. 2025 Oct.; 20(10):1374-1377.]

Exploring the construction of a long-term mechanism for infection prevention and control in medical laboratories post-COVID-19XIE Lingping¹, DU Haitian², YANG Qingxian³ (1. Department of Pathology, ShangJin NanFu Hospital/ShangJin Hospital, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Department of Pathology, West China Hospital, Sichuan University; 3. Sichuan Agricultural University)

【Abstract】 The global spread of SARS-CoV-2 infection has highlighted the critical role of medical laboratories in infectious disease prevention and control. However, the frequent occurrence of laboratory-acquired infections has exposed deficiencies in infection control within these settings. In the post-COVID-19 era, medical laboratories face multiple challenges in infection control. This article examines the current status and challenges of infection control systems in medical laboratories. It analyzes the root causes of problems from multiple dimensions, including human factors, management systems, and technological equipment. Furthermore, it proposes pathways to establish a long-term mechanism for laboratory infection prevention and control, aiming to enhance the infection control capabilities of medical laboratories.

【Keywords】 laboratory infection prevention and control; LAI; biosafety; infection control system; review

* 实验室获得性感染 (Laboratory-acquired infections, LAI) 定义为因实验室活动中暴露于生物因子而导致或合理推定为由该引发的感染, 该类感染的传播路径可能引发具有流行病学关联的二代感染病例, 并潜在诱发次生公共卫生风险^[1-2]。相较于科研型实验室, 医学实验室因处理检测样本的感染性通常未知, 其生物安全风险防控面临更高的复杂性和不确定性。在新冠感染初期, 许多医学实验室因样本未知性、防护标准滞后及应急响应机制不足, 导致多起感染事件, 暴露了医学实验室感染防控体系的深层短板。新冠感染后, 面对新发传染病、技术滥用与全球化挑战, 防控体系需从传统的“被动防御”转向“主动进化”。本文对全球实验室感染事件的流行病学特征及中国防控体系的现状进行了探讨, 并提出了感染防控体系长效机制构建的措施。

1 实验室感染防控的现状

1.1 LAI 事件病原体特征 根据 Web of Science 数据库 (2000-2022 年) 文献计量分析, 全球 LAI 事件呈波动上升态势, 尤其在 2014 年埃博拉疫情和 2020 年新型冠状病毒感染期间出现峰值, 提示重大突发公共卫生事件期间实验室感染风险显著增加^[3]。近期一项覆盖 1990-2023 年的医学实验室 LAI 回顾性研究显示, 尽管生物安全技术持续迭代, LAI 年度报告数

量并未呈现下降趋势。病原体谱系分析表明, 细菌性感染占比最高 (90.9%), 以布鲁氏菌、沙门氏菌等高致病性细菌为主; 病毒性感染占 7.3%, 包括埃博拉病毒、严重急性呼吸综合征冠状病毒 (SARS-CoV) 等高危病原体; 真菌感染仅占 0.6%; 寄生虫感染极为罕见, 仅报告 1 例^[4]。LAI 呈现以下特征: (1) 病原体谱系集中化: 感染源涉及 50 余种病原体, 主要集中在二类以上高致病性微生物, 其中布鲁氏菌感染事件占比超过三分之一。 (2) 传播途径双峰分布: 气溶胶暴露与锐器伤构成主要传播途径^[1]。

1.2 全球 LAI 事件分布与风险评估 根据最新研究数据显示^[1], LAI 事件在全球范围内的分布存在显著差异。学术性实验室报告的 LAI 事件占比最高, 其次是临床实验室。从地域分布来看, 美国、中国、欧洲等地区 LAI 事件报告频率显著高于全球平均水平, 占总报告事件的 71.3%。然而, 发展中国家的 LAI 事件可能被低估, 仅占报告总数的 28.7%。特别是印度和

* **【通信作者】** 杨庆先, E-mail: yangqxian@siacu.edu.cn**【作者简介】** 谢玲萍 (1991-), 女, 四川成都人, 医学硕士, 主治医师, 从事病理研究与实验室管理工作。 E-mail: 301549076@qq.com

非洲部分国家,由于实验室基础设施落后和监管能力不足,感染事件的漏报率较高,实际风险可能远高于现有数据所显示。LAI事件主要集中在实验室技术人员中,占比高达91.5%,实验室访客的感染率相对较低,仅占3.1%^[4]。这表明,实验室操作的标准化和防护措施的执行情况对降低LAI风险至关重要。

1.3 LAI事件主要因素 LAI事件的主要诱因可归因于程序性错误,该类因素在整体致因中占比达69.3%。相较之下,工程控制层面的缺陷在LAI致因体系中占比相对较低^[1]。程序性错误涵盖多维度影响因素,具体包括锐器损伤(如针头刺伤)、个人防护装备(PPE)使用不规范、风险评估流程缺失、标准操作规程(Standard Operating Procedures, SOP)不完善、人员培训体系漏洞以及生物样本溢出/飞溅等暴露场景^[1-5]。在LAI相关死亡事件中,操作失误构成最主要原因(62.5%),其次为针刺损伤所致暴露(25.0%),另有12.5%的暴露原因因现有数据限制暂无法明确^[1]。上述数据揭示,操作层面的规范性不足不仅是LAI事件的主要触发因素,更是导致感染后果升级的关键风险维度。

2 新冠感染后面临的挑战

伴随基因编辑技术的迭代发展与全球化科研协作的深度推进,医学实验室正面临一系列新兴生物安全挑战,主要体现在以下几个方面:其一,风险评估体系存在效能缺口。新型病原体的持续涌现与生物技术的快速革新,导致实验室在潜在生物风险识别与量化方面存在能力短板,尤其在新发传染病样本处理中缺乏前瞻性评估机制。其二,应急响应体系薄弱。临床实验室因日常检测任务负荷较重,生物安全应急演练常呈现形式化倾向,针对突发传染病的标准化应急处置预案尚待完善,致使紧急状态下防控措施的响应效率与协同效能不足。其三,人员专业能力短板。部分实验室从业人员未接受系统化感染防控培训,在生物安全法规理解与操作规范执行层面存在认知盲区,特别是在高风险样本处理过程中,暴露出操作技能与风险防控意识的双重不足。其四,技术整合滞后。大数据、人工智能(AI)等新兴技术在生物安全领域的应用尚处于初级探索阶段,实验室在将数字化工具与传统生物安全管理体系深度融合方面,面临技术转化路径不清晰、实践适配能力不足等现实困境。其五,场景适配性存在范式冲突。医学实验室对未知病原体样本的即时检测需求,与当前侧重已知病原研究的生物安全指南之间存在结构性衔接缺口,尤其在新发传染病流行期,现有安全操作框架的场景适配性亟待系统性重构予以提升。

3 医学实验室感染防控的长效机制构建

3.1 建立动态风险评估 AI 模型,辅助未知病原风险预测 风险评估作为生物安全管理核心已形成学术共识^[6]。相较于以已知病原研究为主的科研型实验室,临床实验室面临的生物风险因样本感染性未知、病原体变异动态化等特征,呈现更高维度的复杂性与评估不确定性,尤其在应对新发传染病病原体时面临显著挑战。典型案例如2019年底新型冠状病毒感染早期,武汉地区临床实验室工作人员发生的SARS-CoV-2感染案例^[7],暴露出临床实验室风险监测体系存在的结构性漏洞——对未知病原的风险识别能力滞后于实际暴露风险。基于此认知演进,世界卫生组织(WHO)《实验室生物安全手册》(第四版)摒弃了基于固定生物安全等级的静态分类体系,转而构建以动态风险评估为核心的管理框架,强调风险评估应贯穿实验

室活动全流程并实施周期性迭代^[2]。

生物安全风险评估的核心在于针对不同危害程度的风险,采取适当而非过度的控制措施。这种方法不仅可以将风险降低到可接受的范围内,还能节约资源并提高工作效率^[8]。传统的生物安全等级划分虽然提供了标准化的防护框架,但在面对新型病原体或复杂临床样本时,往往导致过度防护或防护不足的问题。因此,动态风险评估成为现代生物安全管理的关键。为了提高风险评估的效率和准确性,临床实验室可以部署轻量化的AI模型。这些模型能够整合实时数据源,包括实验室检测结果、医院信息系统(HIS)中的患者临床数据以及流行病学大数据,快速计算出风险等级(表1)。AI模型具备以下特点:(1)在线增量学习:模型采用学习框架,能够实时更新参数以适应数据分布的变化,确保评估结果的时效性和准确性。(2)多模态数据处理:通过自然语言处理技术解析非结构化文本(如实验室报告、文献),并结合结构化数据(如基因组信息、影像数据),构建统一的特征空间。这种多模态数据整合能力显著提升了风险预测的全面性和精准性。例如,杨子峰团队通过整合环境数据、临床数据与机器学习方法,开发了一种全新的呼吸道感染病毒感染风险预测模型。该模型为呼吸道病毒的早期预警和防控提供了科学依据,展示了AI技术在生物安全领域的巨大潜力^[9]。

表 1 实验室预警系统风险分级及响应措施
Table 1 Risk grading and response measures of laboratory early warning sustem

级别	等级	触发条件	响应措施
I 级	高	检出高致死率病原	立即封闭样本,启动生物安全三级防护、上报疾控中心
II 级	中	已知病原出现新耐药突变	生成定制药敏报告、提示临床换药
III 级	低	检出常规病原体	自动签发标准化报告

通过上述架构,临床实验室可实现从数据到决策的闭环管理,可显著提升未知病原风险预测的时效性与准确性,显著提升突发公共卫生事件应对能力。

3.2 建立基于生物安全演练的绩效考核体系,强化应急处置的实战化训练 安全培训作为全球事故预防策略体系的核心组成部分,在降低事故及灾害对生命财产影响方面发挥着基础性作用^[10]。其价值体现在两个方面:一是通过系统性教育提升个体对风险的识别能力;二是强化风险程度的专业分析技能。这种能力在生物安全管理体系中具有不可替代的作用。新型冠状病毒感染爆发后,世界卫生组织对《实验室生物安全手册》进行了重要修订。新版本相较于旧版显著强化了对生物安全培训的关注,尤其强调在全球公共卫生危机背景下,需通过持续的培训机制建设,提升实验室人员的生物安全意识与实操技能^[2]。这一修订反映了国际社会对生物安全风险认知的深化,从单纯的硬件设施保障转向“人员能力建设-制度流程优化-硬件条件支撑”的立体化安全管理体系。

传统上,安全培训使用不同的方法进行,包括安全手册、视频、或在线讲座以及演习。然而,这些方法中的大多数都存在一定的教学局限性。比如培训效果实效性不足、培训档案管理不完善、培训成本高等。近年来,在各个领域实施虚拟现实(VR)进行安全培训方面可以观察到增长趋势,其中大多数是

建筑安全培训和消防安全培训^[11]。医学领域近年来也开始受到关注,它是可以提高安全培训效果的最有前途的技术之一^[12]。采用VR技术可构建高致病性病原泄漏、感染性物质溢洒等逼真场景,并逐步增加多事故点联动、环境干扰等复杂度^[13]。演练后由评估小组依据评分细则考核,将结果与绩效奖金、晋升评优直接挂钩,对未达标者实施培训补强,同时建立动态反馈机制,通过AI驱动的知识图谱分析演练数据,针对性优化应急预案,形成“理论学习-技能演练-综合考核”闭环,最终实现从个人技能到多机构协同响应的全链条能力提升。

因此,在实践层面,构建长效化的实验室生物安全管理机制,需着重推进两项关键举措:(1)建立基于生物安全演练的绩效考核体系:将定期演练纳入实验室质量控制的常态化管理框架,通过量化指标评估各部门的风险防控能力。(2)强化应急处置的实战化训练:通过VR模拟高风险场景(如病原微生物泄漏、生物安全柜故障等),检验和提升人员的现场决策能力与协同响应水平。该双重机制的协同运作,可帮助实验人员实现从理论认知到实践能力的转化提升。

3.3 推行模块化培训体系,强化高风险操作岗位的准入认证

合格的人员配置是保障生物安全实验室功能有效性和运行安全性的核心要素。随着国内BSL-3/4等高等级生物安全实验室的逐步建设与投入使用,对差异化培训体系的构建提出了更高要求^[14]。在医学实验室生物安全管理实践中,针对不同岗位风险等级推行模块化培训体系,并建立高风险操作岗位准入认证制度,是提升实验室感染防控能力的重要手段。

模块化培训体系旨在帮助学员系统掌握生物安全核心原则、法规标准及操作规范,内容涵盖:生物安全法律法规、基础理论知识、风险评估方法、个人防护装备使用、病原微生物特性、实验室管理要求、暴露应急处置、生物安全设备操作(如生物安全柜)、废物处理及消毒净化技术等核心模块^[15]。通过主题讲座、案例讨论与实操训练相结合的形式,学员可根据岗位需求和知识基础,选择适配于BSL-1至BSL-4不同等级实验室操作的课程组合,实现分层分类培养。

针对高风险操作岗位,需制定专项培训计划并实施严格的准入认证机制,确保从业人员具备必要的安全操作能力。具体认证体系可分为三级:(1)初级认证:面向接触低风险样本的基础岗位,通过生物安全基础模块考核即可获得资质;(2)中级认证:适用于BSL-2实验室岗位,需完成“基础模块+岗位专属模块”考核,经授权可从事高风险样本处理工作;(3)高级认证:针对BSL-3/4实验室核心岗位,要求通过“基础模块+岗位模块+专项技能模块”全流程考核,并附加专家现场操作评估,经综合评审后方可获得准入资格。

此外,需建立持续教育与动态再认证机制,定期组织高风险岗位人员参加复训(建议每年不少于1次)和能力考核,确保培训内容与技术规范同步更新,切实保障实验室生物安全管理的时效性和针对性。

3.4 开发实验室生物安全数据共享平台,实现跨机构风险预警 在临床实验室生物安全管理中,构建生物安全数据共享平台具有重要意义。该平台可通过数据共享识别生物安全潜在风险,实现跨机构快速联动,为生物安全政策制定和资源分配提供科学依据^[16]。其开发是一项系统性工程,主要包括以下方面:(1)采集病原体检测结果、事故报告、流病数据等多源

数据,并建立标准化的数据格式,确保不同机构间数据无缝对接。(2)数据储存与管理:采用云储存保障数据共享的时效性,并依据生物安全等级(BSL-1至BSL-4)对数据进行分类。(3)风险预警机制:借助机器学习算法构建数据分析模型,结合历史和实时数据评估潜在风险。一旦检测到异常,自动触发预警机制,通过短信、邮件等方式及时通知相关人员。(4)跨机构协同处置:当某一机构发现潜在生物安全风险时,可借助平台将信息共享给其他相关机构,实现信息快速传递和协同处置。

通过上述设计,实验室生物安全数据共享平台可实现跨机构数据的“采集-分析-预警-处置”闭环管理,从而提升区域乃至全国层面的生物安全风险防控能力,为公共卫生安全提供有力的技术支撑。

3.5 针对临床实验室特点修订安全指南,明确未知样本分级处理标准 临床实验室作为疾病诊断及病原体检测的核心技术单元,其日常工作中需处理血液、体液、组织标本及微生物培养物等高风险生物材料。此类样本可能携带新发病毒、耐药菌株或变异寄生虫等未知病原体,且离心、移液、核酸提取等实验操作环节易产生气溶胶或导致接触性生物暴露,存在显著的感染暴露风险。尽管最新版《临床实验室生物安全指南》已基于已知感染性材料的风险特征,构建了包含5个风险等级的生物安全分级体系,并针对风险发生概率与后果严重程度制定了差异化应对策略,但对“未知风险样本”的处置仍存在体系性空白。此类样本因来源复杂、临床信息不全或流行病学背景模糊,其风险隐蔽性强,加之实验室样本处理的高频次性与操作流程的碎片化特征,亟需构建系统化的分级处理标准。鉴于此,需从标准修订逻辑重构、分级框架优化与管理体系升级三个核心维度,结合循证医学证据与实验室实践经验,推动生物安全指南向全面质量管理体系转型。具体而言,应建立覆盖风险评估、操作规范、应急处置的全流程标准化体系,实现从战略规划层到SOP执行层的层级化风险管控,从而提升实验室对未知生物风险的主动防控能力^[17]。通过将未知样本分级处理标准嵌入全面质量管理体系,临床实验室可实现从“单一防护”到“系统性风险免疫机制”的跨越。

4 结论与展望

新型冠状病毒感染后,我国实验室硬件设施及人员生物危害认知水平均显著提升,为降低LAI奠定基础。但医学实验室因样本检测的复杂性与独特性,仍需构建针对性防控体系。研究显示,人为操作偏差是LAI主要诱因,需通过系统性生物风险管理策略实现全链条干预。具体措施包括:建立动态风险评估机制以实时识别风险、构建生物安全演练绩效考核体系强化实操能力、推行模块化分层培训提升专业素养、开发数据共享平台促进信息互通,以及结合临床实验室特点修订安全指南增强适用性。上述策略将形成“风险识别-能力建设-技术支撑-规范适配”的长效机制,提升实验室感染防控能力。

未来,随着技术与管理创新,VR技术将通过模拟场景优化操作行为,区块链技术可实现样本全流程溯源管理,推动临床检验智能化转型。这些技术将助力打造具备自动感知、智能监控、快速响应及预警审核能力的智慧实验室,从根本上革新传统实验室感染防控工作与管理模式。

【参考文献】

- [1] Blacksell SD, Dhawan S, Kusumoto M, et al. Laboratory-acquired infections and pathogen escapes worldwide between 2000 and 2021: A scoping review[J]. *Lancet Microbe*, 2024, 5(2): e194-e202.
- [2] WHO. Laboratory biosafety manual, fourth edition. Geneva: World Health Organization, 2020.
- [3] Qi S, Chen S, Witte D, et al. Laboratory biosafety: A visual analysis in the web of science database from 2000 to 2022: A review[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2024, 103(50): e40791.
- [4] Wang M, Sun W, Zhou C, et al. Laboratory-acquired infection in clinical laboratories and the incidence rate after *Brucella* exposure risk events: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Hosp Infect*, 2025, 155: 135-144.
- [5] 叶琳琳, 冯媛媛, 张耀东. 我国实验室获得性感染的回顾性分析[J]. *中国热带医学*, 2022, 22(11): 1101-1105.
- [6] Long Y, Chang F, Yang F, et al. Biosafety risk assessment and risk control of clinical laboratory in designated hospitals for treating COVID-19 in Chongqing, China[J]. *Am J Infect Control*, 2022, 50(9): 999-1005.
- [7] Jin YH, Huang Q, Wang YY, et al. Perceived infection transmission routes, infection control practices, psychosocial changes, and management of COVID-19 infected healthcare workers in a tertiary acute care hospital in Wuhan: a cross-sectional survey[J]. *Mil Med Res*, 2020, 7: 1-13.
- [8] Diao Q, Long Y, Yang F, et al. Biosafety management based upon risk assessment and monitoring: Perspectives from a clinical laboratory, China[J]. *Risk Manag Healthc Policy*, 2024, 17: 2291-2303.
- [9] Shi S, Lin H, Jiang L, et al. Development of a respiratory virus risk model with environmental data based on interpretable machine learning methods[J]. *npj Clim Atmos Sci*, 2025, 8(1): 39.
- [10] Cornish NE, Anderson NL, Arambula DG, et al. Clinical laboratory biosafety gaps: Lessons learned from past outbreaks reveal a path to a safer future[J]. *Clin Microbiol Rev*, 2021, 34(3): e00126-18.
- [11] Scorgie D, Feng Z, Paes D, et al. Virtual reality for safety training: A systematic literature review and meta-analysis[J]. *Safety Sci*, 2024, 171: 106372.
- [12] Moore N, Dempsey K, Hockey P, et al. Innovation during a pandemic: Developing a guideline for infection prevention and control to support education through virtual reality[J]. *Front Digit Health*, 2021, 3: 628452.
- [13] Cardoso K, Zaro MA, Magalhães AMM, et al. Laboratorio de sumersion de aprendizaje en salud y enfermería: aprendiendo bioseguridad en mundo virtual [J]. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 2021, 74: e20200385.
- [14] 洪玉珍, 刁波, 刘跃平. 高等级生物安全实验室发展现状[J]. *临床军医杂志*, 2025, 53(2): 198-200.
- [15] Huang Y, Huang J, Xia H, et al. Networking for training Level 3/4 biosafety laboratory staff[J]. *J Biosaf Biosecur*, 2019, 1(1): 46-49.
- [16] Barnadas C, Stevens L, Milhano N, et al. WHO public health laboratories webinar series-an online platform to disseminate testing recommendations and best practices during health emergencies[J]. *Front Public Health*, 2025, 12: 1462756.
- [17] Tang Q, Yan F, Yuan L, et al. Enhancing laboratory biosafety management: a comprehensive strategy from theory to practice [J]. *Front Public Health*, 2024, 12: 1439051.

【收稿日期】 2025-04-14 【修回日期】 2025-07-10

(上接 1373 页)

- [2] 周铃, 李文, 龙霞, 等. 人工关节置换术后假体周围感染病原菌类型及深静脉血栓的预防效果分析[J]. *中国病原生物学杂志*, 2023, 18(8): 965-969.
- [3] Yoshida K, Wada H, Hasegawa M, et al. Monitoring for anti-Xa activity for prophylactic administration of Fondaparinux in patients with artificial joint replacement[J]. *Int J Hematol*, 2021, 95(5): 355-360.
- [4] Nemoto T, Yamasaki Y, Torikai K, et al. A case of MRSA infection in multiple artificial joints successfully treated with conservative medical treatment[J]. *Kansenshogaku Zasshi*, 2022, 87(5): 411-414.
- [5] Stevenson C, Ogobda L, Blaney J, et al. Minimal incision total Hip arthroplasty: A concise follow-up report on functional and radiographic outcomes at 10 years[J]. *J Bone Joint Surg*, 2019, 99(20): 1715-1720.
- [6] Blomfeldt R, Kasina P, Ottosson C, et al. Prosthetic joint infection following hip fracture and degenerative hip disorder: A cohort study of three thousand, eight hundred and seven consecutive hip arthroplasties with a minimum follow-up of five years[J]. *Int Orthop*, 2020, 39(11): 2091-2096.
- [7] 邓婕婕, 金长辉. 膝关节骨性关节炎关节置换术后切口感染病原菌分布及术后护理效果分析[J]. *中国病原生物学杂志*, 2024, 19(3): 324-327, 332.
- [8] Grammatico-Guillon L, Baron S, Rosset P, et al. Surgical site infection after primary hip and knee arthroplasty: A cohort study using a hospital database [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2015, 6(8): 1-10.
- [9] Malinzak RA, Ritter MA, Berend ME, et al. Morbidly obese, diabetic, younger, and unilateral joint arthroplasty patients have elevated total joint arthroplasty infection rates[J]. *J Arthroplasty*, 2019, 24(6): 84-88.
- [10] Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty: A preliminary report[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1969, 51(4): 737-755.
- [11] 王崇义, 史训忠, 孙正林, 等. 髋关节置换术后感染的病原菌分类和耐药性分析[J]. *浙江创伤外科*, 2018, 23(3): 514-515.
- [12] 陈本海, 申美静, 邱毅, 等. 2018-2020 年某医院髋关节置换术后医院感染的病原菌分布及耐药分析[J]. *中国病原生物学杂志*, 2022, 17(12): 1450-1453.
- [13] Lu B, He XJ, Zhao CG, et al. Artificial atlanto-odontoid joint replacement through a transoral approach[J]. *Eur Spine J*, 2019, 18(1): 109-117.
- [14] Izakovicova P, Borens O, Trampuz A. Periprosthetic joint infection: current concepts and outlook [J]. *Efort Open Rev*, 2019, 4(7): 482-494.
- [15] Hiscabeth GT, Randau TM, Ploeger MM, et al. *Staphylococcus aureus* versus *Staphylococcus epidermidis* in periprosthetic joint infection-outcome analysis of methicillin resistant versus methicillin-susceptible strains[J]. *Diagn Microbiol Infect*, 2019, 93(2): 125-130.
- [16] Malagelada F, Coll Rivas M, Jimenez Obach A, et al. Total hip replacement in an ipsilateral above-the-knee amputation: Surgical technique, rehabilitation, and review of the literature[J]. *Int J Low Extrem Wounds*, 2023, 12(1): 39-43.

【收稿日期】 2025-04-25 【修回日期】 2025-07-15