

·指南与共识·

单髁置换术后假体周围感染的诊治 中国专家共识(2025 版)

国家骨科医学中心保膝联盟 中国老年保健协会骨关节保护与健康分会 中华医学会
骨科学分会保膝学组 单髁置换术后感染诊治策略专家共识工作组

通信作者:张文明,福建医科大学附属第一医院关节外科,福州 350009, Email:
zhangwm0591@fjmu.edu.cn;朱晨,中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)
骨科,合肥 230001, Email: zhuchena@ustc.edu.cn;官建中,蚌埠医科大学第一附属医院
骨科,蚌埠 233004, Email: guanjianzhong@bbmc.edu.cn

【摘要】 随着人口老龄化加剧,膝骨关节炎的发病率升高。假体周围感染(PJI)是单髁置换术(UKA)后最严重的并发症之一,其发生率虽低,但随着 UKA 手术量的增加,PJI 病例数也呈上升趋势。目前,UKA-PJI 的诊治仍面临诸多挑战,为了提高 UKA-PJI 的诊治水平,共识工作组组织相关专家共同制定了本专家共识。本共识结合国内外最新研究进展,采用 Delphi 法,经过多轮函询和会议讨论,形成了针对 UKA-PJI 诊治的 12 条推荐意见,涵盖 UKA-PJI 的诊断和治疗。诊断上,包括诊断标准制定、病原学标本获取、影像学诊断技术和分子诊断技术应用;治疗上,包括急性和慢性 UKA-PJI 的手术方式选择及局部使用抗生素辅助治疗。然而,关于 UKA-PJI 的诊治依然存在诸多问题,如诊断缺乏专属标准、治疗方案存有争议和缺乏大样本研究等。未来需多中心合作和前瞻性研究填补空白,规范 UKA-PJI 的诊治流程,提高治疗效果。

【关键词】 假体相关感染; 膝单髁置换术; 膝骨关节炎; 假体周围感染; 诊断; 治疗; 专家共识

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2025CN044)

Chinese expert consensus on the diagnosis and treatment of periprosthetic joint infection after unicompartmental knee arthroplasty(2025 edition)

National Orthopedic Medical Center Knee Preservation Alliance; Chinese Aging Well Association Bone and Joint Protection and Health Branch; Knee Preservation Group of the Chinese Orthopedic Association; Expert Consensus Working Group on Infection Diagnosis and Treatment Strategies after Unicompartmental Knee Arthroplasty

Corresponding authors: Zhang Wenming, Department of Joint Surgery, the First Affiliated Hospital of Fujian Medical University, Fuzhou 350009, China, Email: zhangwm0591@fjmu.edu.cn; Zhu Chen, Department of Orthopedic Surgery, the First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China (Anhui Provincial Hospital), Hefei 230001, China, Email: zhuchena@ustc.edu.cn; Guan Jianzhong, Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233004, China, Email: guanjianzhong@bbmc.edu.cn

【Abstract】 The incidence of knee osteoarthritis increases with the intensification of population aging. Periprosthetic joint infection (PJI) is one of the most severe complications of unicompartmental knee arthroplasty (UKA). Although its incidence is low, the number of PJI cases has an upward trend with increasing number of UKA surgeries. Currently, the diagnosis and treatment of UKA-PJI face numerous challenges. To improve the diagnostic and treatment levels of UKA-PJI, the consensus working group organized relevant experts to jointly formulate this expert consensus. This consensus combines the latest research progress at home and abroad and adopts Delphi method.

DOI: 10.3760/cma.j.cn101202-20250106-00004

收稿日期 2025-01-06 本文编辑 章新生

引用本文:国家骨科医学中心保膝联盟,中国老年保健协会骨关节保护与健康分会,中华医学会骨科学分会保膝学组,等. 单髁置换术后假体周围感染的诊治中国专家共识[J]. 中华解剖与临床杂志, 2025, 30(4): 217-231. DOI: 10.3760/cma.j.cn101202-20250106-00004.



中华医学会杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



After multiple rounds of correspondence consultations and conference discussions, 12 recommended opinions on the diagnosis and treatment of UKA-PJI have been formed, covering both the diagnosis and treatment of UKA-PJI. In terms of diagnosis, it includes the formulation of diagnostic criteria, the acquisition of etiological specimens, and the application of imaging diagnostic techniques and molecular diagnostic techniques. In terms of treatment, it includes the selection of surgical methods for acute and chronic UKA-PJI and the use of local antibiotic adjuvant therapy. However, many problems regarding the diagnosis and treatment of UKA-PJI exist. Problems include lack of exclusive diagnostic criteria, controversies over treatment regimens, and absence of large-sample studies. In the future, multi-center cooperation and prospective studies are needed to fill the gaps, standardize the diagnostic and treatment processes of UKA-PJI, and improve the treatment outcomes.

【Key words】 Prosthesis-related infections; Unicompartmental knee arthroplasty; Knee osteoarthritis; Periprosthetic joint infection; Diagnosis; Therapeutic; Expert consensus

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2025CN044)

随着人口老龄化加剧,膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)的发病率升高,目前人工关节置换术是治疗终末期 KOA 的有效方法。对于单间室 KOA 的关节置换方式主要分为全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)、单髁置换术(unicompartmental knee arthroplasty, UKA)及髌股关节置换术。有研究显示,UKA 与 TKA 术后 10 年关节生存率无明显差异,但 UKA 的膝关节功能更优异,患者满意度高^[1]。

近年来,随着假体设计的进步、手术技术的提高以及适应证的拓展,全球范围内 UKA 的使用率逐渐升高。2000—2009 年美国 UKA 手术例数增加了 6.2 倍,占膝关节置换手术的 4.5%^[2]。2014—2019 年英国 UKA 在膝关节置换手术占比稳步增长,2019 年占比达 11.5%^[3]。德国 UKA 手术量在 2018 年达到 21 072 例^[4]。据不完全统计,2020 年我国的 UKA 手术量约为 2.3 万台^[5]。国内朱晨团队在 UKA 研究取得较多成效:在保留骨量方面,针对内侧固定平台 UKA 的胫骨骨量问题,创新性地采用胫骨骨量保留技术,通过截除少量股骨后髁,减少了胫骨截骨量,规避了 UKA 术后胫骨骨量不足的相关并发症^[6];在外侧 UKA 中,通过内侧髌旁入路实施精准操作,从截骨导向器的精确安装到股骨截骨的精细把控,最大限度减少骨量的损失,减少手术创伤,缩短手术时间,也降低了 UKA 假体周围感染(periprosthetic joint infection, PJI)发生风险^[7];对于内外双间室 KOA 的患者,双髁置换术组对比 TKA 组的术中出血量及住院时间均明显降低,且在术后早期对于膝关节疼痛减轻及功能锻炼效果更佳,手术创伤更小,由于保留了前后交叉韧带等更多的本体结构,有利于降低感染风险^[8]。该团队一方面凭借丰富的经验不断优化手术流程,在关节暴露、截骨及假体安装等环节紧密衔接;另一方面,通过术

前对患者膝关节全方位的精准评估与规划,确保手术方案清晰明确,有效减少了术中因意外情况和方案不确定导致的时间延误,有力地推动了 UKA 在我国临床应用中的发展与进步。

PJI 是膝关节置换术后最严重的并发症之一,其中 UKA-PJI 的发生率仅为 0.1%~0.8%^[9]。Walter 等^[10]发现 2008—2018 年德国 UKA-PJI 相关翻修手术增加了 67.1%, 占有翻修手术的 5.7%。由于 UKA 手术量的激增,UKA-PJI 病例数量也随之增加。目前,在 UKA-PJI 的诊断和治疗方面仍存在诸多挑战:诊断方面,缺乏专门针对 UKA-PJI 的统一标准,多沿用 TKA-PJI 的诊断标准,但 UKA 有其自身特点,沿用 TKA-PJI 诊断标准可能导致诊断的准确性和特异性受到影响;治疗方面,急性感染的治疗方式存在争议,慢性感染的手术方式选择也需要综合考虑多种因素,权衡一期或二期翻修的利弊。此外,关节腔注射抗生素等辅助治疗手段的作用和安全性也有待进一步研究。因此,为了提高 UKA-PJI 的诊治水平,国家骨科医学中心保膝联盟、中国老年保健协会骨关节保护与健康分会、中华医学会骨科学分会保膝学组及单髁置换术后感染诊治策略专家共识工作组共同制定了本专家共识,旨在为临床医生提供科学、实用的指导,规范 UKA-PJI 的诊治流程,提高治疗效果,改善患者预后。

1 共识制订方法

根据已有的《单髁置换术后假体周围感染预防中国专家共识》,本共识是此前共识的补充和延伸,在预防基础上增加 UKA-PJI 诊治方面的最新研究进展。包括如分子诊断技术在 UKA-PJI 检测中的应用、UKA-PJI 诊断标准的优化,以及 UKA-PJI 不同治疗策略等的适应证和效果评估。为制定 UKA-PJI 的诊治专家共识,我们开展了系统的研究工作。分别



在中国知网、万方数据、维普资讯、中国生物医学文献服务系统、PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science 和中华医学期刊全文数据库等数据库进行文献检索。中文检索词主要包括“单髁置换术”“假体周围感染”“诊治”“诊断”“治疗”等；英文检索词包括“unicompartmental knee arthroplasty”“periprosthetic joint infection”“diagnosis”“treatment”“management”等。由 2 名研究者独立对 2018 年 1 月 1 日—2025 年 1 月 1 日相关文献进行数据提取、软件管理去重并定期更新检索,确保文献的准确性与时效性,并根据结果优化检索策略。专家工作组由来自全国 40 余家医疗机构的 60 余位骨科、感染控制、流行病学和方法学等领域专家组成。采用 Delphi 法,针对 UKA-PJI 诊治具有争议的问题设计 2 轮函询问卷,分别发放 40 份,回收有效问卷 38 份(第 1 轮,有效回收率 95.0%)和 39 份(第 2 轮,有效回收率 97.5%)。综合 2 轮有效函询问卷中专家的意见,专家工作组召开会议进行深入讨论。对每个问题的专家意见进行逐一分析,权衡不同观点的合理性和可行性,结合最新的文献研究成果,对争议问题进行客观、科学的判断。经过多轮讨论和反复修订,最终整理形成共识草案,为临床骨科和感染科医生在诊治 UKA-PJI 患者工作中提供实用、可靠的指导。本共识重点解决以下临床问题:(1)UKA-PJI 诊断标准的适用性及优化;(2)术中病原学标本获取与分子诊断技术的价值;(3)急性与慢性感染的差异化治疗策略;(4)局部抗生素应用及翻修术式的选择。本共识采用的证据质量分级及定义^[11]见表 1,推荐意见强度分级和定义^[11]见表 2。本共识在国际实践指南注册与透明化平台完成双语注册(注册号:PREPARE-2025CN044)。

表 1 证据质量分级及定义

证据质量分级	定义
A(高)	对观察值非常有把握,接近真实值
B(中)	对观察值有中等把握:观察值有可能接近真实值,但也有可能差别很大
C(低)	对观察值的把握有限:观察值可能与真实值有很大差别
D(极低)	对观察值几乎没有把握:观察值与真实值可能有极大差别

表 2 推荐意见强度分级和定义

推荐强度分级	定义
1 强推荐	明确显示干预措施利大于弊
2 弱推荐	利弊不确定或干预措施可能利大于弊

2 共识推荐条目

在诊断标准方面,因缺乏专门的 UKA-PJI 诊断

标准,本共识暂推荐沿用 TKA-PJI 标准,但血清学和关节液指标阈值研究结果有差异,需更多研究探索;病原学标本获取应遵循严格流程以提高病原微生物检出率;病原微生物培养阴性时分子诊断技术可辅助,但有局限性。治疗上,急性 UKA-PJI 可采用清创、抗生素、冲洗和保留假体(debridement, antibiotics, irrigation, and retention, DAIR)治疗,慢性 UKA-PJI 可参考慢性 TKA-PJI 的手术方式,一期或二期翻修各有优劣;局部使用抗生素有助于感染控制,但有并发症;同时明确了提高病原微生物培养阳性率的方法、MRI 在评估感染范围的作用、DAIR 中骨水泥处理的必要性、聚维酮碘冲洗的应用现状,以及 DAIR 治疗 UKA-PJI 失败的相关危险因素。

3 UKA-PJI 的诊断

问题 1:能否使用 TKA-PJI 的诊断标准和阈值诊断 UKA-PJI?

推荐意见:鉴于目前仍缺乏公认的针对 UKA-PJI 的诊断标准,现阶段推荐使用 TKA-PJI 的诊断标准与阈值进行 UKA-PJI 的诊断。

证据等级推荐强度:1B。

证据概述:PJI 的诊断通常需要综合考虑患者的症状、体征,以及血清学、关节液、病原微生物培养与组织病理学等检查结果。目前较常用的诊断标准包括基于 2011 年肌肉骨骼感染协会(Musculoskeletal Infection Society, MSIS)标准修订的 2013 年肌肉骨骼感染国际共识(International Consensus on Musculoskeletal Infection, ICM)、2018 年 ICM 与欧洲骨与关节感染协会(European Bone and Joint Infection Society, EBJIS)指南^[12-15]。然而,目前各项指南与共识均未针对 UKA-PJI 诊断给出单独的诊断标准。既往几项纳入病例数相对较多的针对 UKA-PJI 的回顾性研究均沿用 TKA-PJI 的诊断标准进行感染诊断^[16-18]。

目前,仅有 2 项回顾性病例对照研究尝试确定 UKA-PJI 的诊断阈值。一项研究纳入 259 例既往接受翻修手术的 UKA 病例(其中包括 28 例 PJI,占 10.5%)以探究 UKA-PJI 的血清学和关节液指标的诊断阈值,通过 ROC 曲线与约登指数计算每个指标的最佳诊断阈值,得出血清红细胞沉降率的最佳诊断阈值为 27 mm/h,血清 CRP 为 14 mg/L,关节液白细胞为 6 200 个/ μ L,关节液中性粒细胞百分比为 60%^[19]。Cohen-Levy 等^[20]纳入 109 例接受翻修手术的 UKA 病例(包括 20 例 PJI),同样通过 ROC 曲线与约登指数计算出血清学与关节液指标的最佳诊断阈值如



下:关节液白细胞为 2 695 个/ μL ,关节液中性粒细胞百分比为 52.5%,血清红细胞沉降率为 38.5 mm/h,血清 CRP 为 10.6 mg/L。这两项研究的结果与目前常用的几项指南和共识中给出的诊断阈值并不完全接近,并且尚缺乏大规模的验证,因此,对这些结果仍需要持谨慎的态度。目前推荐使用 TKA-PJI 的诊断标准与阈值进行 UKA-PJI 的诊断,但还需要更多高证据等级的研究来修订或验证 UKA-PJI 的最佳诊断标准和阈值。

问题 2: UKA-PJI 术中病原学标本的获取与其他 PJI 有何不同,是否有推荐的热点区?

推荐意见:与其他 PJI 相似,UKA-PJI 在术中收集组织标本时,每份组织样本应使用单独的无菌标本瓶收集,尽快送往微生物实验室。至少收集 3~5 份假体周围组织标本。避免从窦道采集标本培养,最好采集来源于植入关节表面的标本。由于假阳性率较高,因此,应避免使用拭子培养,还应尽可能收集关节液,并接种到血培养瓶中进行培养。

证据等级推荐强度:1A。

证据概述:明确病原微生物是治疗 PJI 的关键步骤,更是一大挑战。如果无法确定病原微生物,采用广谱抗生素治疗可能会带来潜在的毒副作用,会导致治疗成本的增加,甚至感染无法控制^[21]。因此,制定统一的术中标本采集流程至关重要,必须明确最佳的样本类型、适当的样本数量、最有效的运输方式,以及最佳的培养条件。

虽然 MSIS 标准将假体周围的窦道病原微生物检测结果视为诊断 PJI 的一个主要依据,但窦道与外界相通,使其容易受到定殖菌的污染。即便窦道组织或分泌物培养结果为阳性,并不一定代表导致 PJI 的真正病原微生物,反而可能干扰 PJI 的诊断和治疗决策。因此,建议避免从窦道采集标本进行培养。先前研究表明,组织培养在 PJI 诊断中比拭子培养具有更高的灵敏度和特异度,拭子培养则容易出现较高的假阴性率和假阳性率^[22],因此其结果并不可靠。2013 年 ICM 指南也明确反对使用拭子培养^[23]。

在手术中采集样本时,应使用手术刀进行锐性分离,并采用无菌手术器械取出样本,随后立即将样本放入无菌器皿中。理想的样本包括假体周围组织、关节液以及假体组件。每份组织样本应使用独立的无菌标本瓶进行收集,以避免交叉污染^[24]。为了确保能够发现具有明显炎症和异常的组织,样本最好从滑膜或假体周围区域采集^[25-26]。一些研究建议优先从假体与骨交界面处取样更有可能得到阳性的病原微生物培养结果^[27-28],采样时应从同一

部位采集 2 份样本,分别用于组织病理学和病原学检查,以便相互验证结果。在一项由 Bémer 等^[28]进行的多中心研究中,PJI 的培养样本中,关节液培养的阳性率最高(91.7%),其次是假体周围组织(91.5%),而骨组织培养的阳性率最低(76.6%~87.1%)。因此,应尽可能采集关节液进行培养,同时还可以进行生物标志物的检测^[29]。此外,选择合适的预处理方法和培养方法也对病原微生物的检出至关重要。研究表明,对组织标本进行研磨处理,可以提高病原微生物的检出率^[30-31],将关节液注射到血培养瓶中进行培养时,其培养阳性率显著升高,同时标本的污染概率也大大降低^[32]。

关于明确病原微生物所需的最佳术中样本数量,已有广泛的研究。根据美国骨科医师协会(American Academy of Orthopaedic Surgeons, AAOS)临床实践指南,建议在手术中获取多份培养样本,但并未提供具体数量。2013 年 ICM 建议,在怀疑或不确定 PJI 诊断的情况下,可选择 3~5 份样本进行培养^[23]。先前研究表明,取 5~6 份样本进行培养能够获得最高的灵敏度和特异度^[33]。

近年来,研究者尝试通过优化培养方法、使用不同的培养基,从而减少所需样本的数量,同时降低患者经济上的负担。Bémer 等^[28]研究发现,只要每个样本使用 3 种不同的培养基(包括血培养瓶)进行培养,明确病原微生物所需的最小样本数量可以减少至 4 份。Peel 等^[34]也证明,将 3 份假体周围组织样本接种到血培养瓶中,或将 4 份假体周围组织样本接种到平板和肉汤培养基中,可以提高 PJI 病原微生物的检出率。Gandhi 等^[26]通过 ROC 曲线分析也证实,培养阳性所需的最佳样本数量是 4 份。因此,我们建议采集 4 份组织样本,这样可以在不影响特异度的前提下,保证最佳的灵敏度。

问题 3:如何提高 UKA-PJI 病原微生物培养阳性率,TKA-PJI 的培养优化方法是否适用于 UKA-PJI?

推荐意见:在 UKA-PJI 中,可以通过采集多份标本进行培养,保证标本转运的及时性和处理的无菌性,并通过选择合适的培养基和延长培养时间,提高病原微生物的检出率;同时,可以根据术前宏基因组二代测序(metagenomics next generation sequencing, mNGS)的结果,优化术中采集标本的培养方法,提高一些罕见病原微生物的检出率。由于 UKA-PJI 与 TKA-PJI 的病原微生物谱基本一致,因此 TKA-PJI 的优化病原微生物培养方法同样适用于 UKA-PJI。

证据等级推荐强度:1A。



证据概述:无论是 2018 ICM 中的 PJI 诊断标准^[35],还是 EBJIS 中对于 UKA-PJI 的诊断标准^[15],病原微生物培养对于 PJI 的诊断都至关重要。对于如何提高 UKA-PJI 病原微生物培养的阳性率,可以从以下几个方面考虑。

(1) 样本采集:2018 年 ICM 指南指出,采集多份、多种类型标本进行培养,有助于提高培养阳性率^[35]。结合专家组多年临床工作经验,建议采集股骨侧、胫骨侧、关节囊和高度怀疑感染部位的标本。此外,假体界膜组织也推荐用于培养。采集 2 cm 大小至少 4 份组织样本,术中由助手将每份组织切割成米粒大小进行病原学检测。关节液样本,推荐进行需氧、厌氧培养和真菌培养;组织样本,推荐组织匀浆后进行需氧和厌氧培养。葛无非等^[36]研究了不同样本处理检测效能差异及抗生素影响,发现超声震荡液检测敏感性最高,组织匀浆次之,关节液最低,在术前使用抗生素干扰下超声震荡液优势更明显。因此,有条件的情况下,我们推荐常规将拆除的假体(包括金属、聚乙烯和骨水泥部件)放置于无菌、宽口且气密性良好的容器中制备超声裂解液进行需氧和厌氧培养。对于以上关节液、组织和超声裂解液样本,如有剩余应常规置于-80℃冻存以备分子诊断使用。

(2) 样本的保存、转运与处理:确保样本在无菌条件下进行采集、运输和处理,避免污染。采集后,尽快将样本转移至微生物实验室,如果未能及时进行培养,应将样品保存在 4℃环境,以保持病原微生物活性^[37]。在样本接种、培养过程中,需要专业的人员进行操作,避免因污染导致培养结果的假阳性。

(3) 培养条件:不同的病原微生物可能需要不同的培养条件,因此,选择多种培养基进行培养,可以提高病原微生物的检出能力。血培养瓶可以提高病原微生物的检出率、检出速率,同时减少污染的发生。Minassian 等^[38]使用 BACTEC™ 血培养瓶检测 PJI 病原微生物,并指出 PJI 的大部分病原微生物(包括痤疮丙酸杆菌)能够在短时间内被培养出来,不需要将培养时间延长至 2 周;另外一项研究也指出,血培养瓶能够大大提高病原微生物的检出率^[39]。因此,可以选择血培养瓶用于 PJI 患者关节液、超声裂解液的培养。既往研究提示,在低毒力病原微生物 PJI 或术前培养阴性的 PJI 病例中,通过延长培养时间或许有助于提高培养阳性率,Birlutiu 等^[40]比较了 11 例急性血源性 PJI 和 29 例慢性 PJI 患者的病原微生物检出时间,结果显示急性/血源性 PJI 患者在短时间内即可获得病原微生物,而慢性 PJI 需要在第 8 天才能检出所有病原微生物。类似地,

Talsma 等^[41]研究报道了在急性和慢性 PJI 中,病原微生物的培养时间分别需要 5 d 和 11 d。因此,对于不同类型的 PJI,我们建议选择不同的培养时间。

(4) 优化培养:通过术前关节液的 mNGS 等分子检测,能够提前获得病原微生物的信息,进而在术中采集标本后,为特殊或罕见病原微生物提供更适宜的生长环境,从而提高培养阳性率。Fang 等^[42]发现,在术前 mNGS 结果的基础上,优化术中采集标本的培养方法,使得培养的敏感性由 60.00% 提高到 94.29%。

既往研究表明 UKA-PJI 与 TKA-PJI 的病原微生物相似,凝固酶阴性葡萄球菌、金黄色葡萄球菌、B 族链球菌、大肠杆菌为最常见的病原微生物。因此,我们认为 TKA-PJI 的培养优化方式也可用于 UKA-PJI^[20]。

问题 4:病原微生物培养阴性的 UKA-PJI,分子诊断技术是否有助于提高病原微生物检出率,需注意哪些问题?

推荐意见:在病原微生物培养阴性的 UKA-PJI 病例中,分子诊断技术可以作为一种有效的辅助工具,提高病原微生物检出率。然而,临床应用时需注意样本处理、结果解读及技术标准化等问题,以确保诊断的准确性和可靠性。

证据等级推荐强度:1A。

证据概述:目前,PJI 的诊断在很大程度上依赖于病原微生物的检测,PJI 治疗的成功与否很大程度上也取决于病原微生物的精准检测。培养阴性的假体周围感染(culture-negative periprosthetic joint infections, CN-PJI)发生率则高达 7%~15%^[43-44],究其原因,是因为传统培养方法在敏感度、特异度、效率等方面存在不足^[45]。传统的培养方法在低度感染或慢性感染的情况下,往往无法检出病原微生物^[46],且对于一些需要特殊培养条件的病原微生物,例如支原体^[47]、衣原体^[48]和某些病毒^[49]等,传统的培养方法检出能力不足,因此容易导致此类 PJI 的漏诊。此外,对于某些难培养的病原微生物(如结核分枝杆菌和某些真菌),传统培养的检出率也偏低^[50]。此外,传统的培养方法需要较长的时间来获取病原微生物,容易错过最佳抗生素治疗的窗口期,从而降低了疗效^[51]。因此,探寻新的方法以实现病原微生物的早期检测,对于提高 CN-PJI 患者的预后是至关重要的。

近年来,分子诊断技术在病原微生物检测领域备受关注,特别是基于基因扩增的技术(如 PCR 和 mNGS),已证明可以提高病原检出率,尤其慢性感染或罕见病原微生物感染^[52-54]。这些技术通过检测

样本中病原微生物的序列,实现更为灵敏和特异的检测,使得即使在传统培养结果为阴性的病例中,也有可能检测到难以培养的病原体^[55-56]。董铮等^[57]应用PCR技术研究发现在特异性、阳性预测值及阴性预测值相当的基础上,16S rRNA 实时逆转录PCR技术的敏感性(78.2%)远高于传统的培养方法(47.8%)。进一步研究表明,在一些使用抗生素治疗而导致培养阴性的病例中,PCR在检测病原微生物方面也具有显著的优势^[58]。Hu等^[59]还运用mNGS技术研究发现无mNGS组的罕见微生物检出率为10.2%(15/147),mNGS组的罕见病原微生物检出率为21.6%(19/88)。蔡渊卿等^[60]通过mNGS技术检出1例罕见的天然携带染色体介导的万古霉素低水平耐药基因的鹌鸡肠球菌感染的病例,调整抗生素方案后,患者预后良好。因此,对于一些培养阴性,特别是怀疑存在罕见病原微生物感染的时候,可以考虑借助分子诊断技术进行病原微生物的检测。

尽管mNGS的性能十分出色,但也存在一些需要重视的局限性,例如可能因污染导致的假阳性结果、对专业技术的高要求,以及较高的费用等。因而我们需要注意:(1)采集无菌样本并确保无污染至关重要,尤其是在病原微生物含量低的感染中,任何微小污染都可能导致假阳性,影响诊断;(2)mNGS可能检测到非致病性或背景菌群的基因片段,因此,结果解读应结合患者的临床表现、影像学检查和其他实验室结果,避免误判;(3)mNGS技术成本较高,需谨慎选择适用的病例,特别是在明确感染风险高但传统培养阴性的病例中应优先考虑,以实现更高效的资源利用;(4)不同实验室使用的mNGS技术可能存在差异,需建立统一的操作标准与验证流程,确保结果的可靠性和可重复性。

问题5: MRI是否可以用于评估UKA-PJI的感染是否波及对侧间室?

推荐意见:UKA-PJI感染范围的评估是决定手术治疗成功的关键,通过判断感染是否波及对侧间室,可以为UKA-PJI的手术方式选择提供重要依据。使用特殊序列的MRI,如金属伪影还原序列(metal artifact reduction sequence, MARS)MRI,可以评估UKA-PJI的感染范围以及感染是否涉及对侧间室。

证据等级推荐强度: 1B。

证据概述:UKA-PJI感染通常涉及置入物相关感染以及对侧间室的化脓性关节炎,因此,如何在彻底清除感染病灶的同时维持对侧间室的完整性和关节功能的稳定性,是骨科医师面临的一个重要难题。传统方法是根据骨科医师自身经验判断或采用亚甲蓝等特殊染料来区分感染的组织和正常组

织^[61-62],从而在术中清除感染或坏死的组织。然而,这种方法容易受到骨科医师经验的影响,且无法有效地识别和清除所有感染病灶。因此,通过影像学来辅助UKA-PJI感染范围的评估具有重要意义。传统X线检查是PJI常规的影像学检查方法^[63],可以显示出PJI周围被破坏的骨质^[64],表现为假体周围骨侵蚀或骨溶解的透亮线^[65],但是大多数病例并不会出现这种典型表现^[66],因此,X线检查无法有效辅助感染范围的评估和判断。CT尽管在骨骼高密度的精确辨识上具有显著优势,可以用来判断骨侵蚀和骨缺损^[67],但对感染范围判断的特异度不高^[68]。

MRI比X线检查和CT有着更好的软组织分辨率,因此MRI常被用于软组织病变的检查和评估^[69],它能够清楚地显示PJI中出现的骨髓水肿、骨破坏、软组织水肿、关节囊内外积液、滑膜炎等征象,因此,对于感染范围的判断有着天然的优势。有研究指出,在关节置换术后,如果出现显著的滑膜炎,应高度警惕感染的发生^[70]。由于PJI患者金属假体的存在,常规序列的MR扫描在假体的周围会出现金属伪影的干扰和信号的丢失,使软组织典型感染征象难以分辨,限制了其在UKA-PJI感染范围评估中的应用。近年来,随着MRI影像去伪影技术的发展,如高带宽序列优化、视角倾斜、多光谱成像技术、多采集可变共振图像组合以及用于金属伪影校正的切片编码等,MRAS MRI有潜力成为一种有效的工具,用于显示假体周围的骨组织和软组织,并帮助判断感染的范围以及是否波及侧间室^[71]。

4 UKA-PJI的治疗

问题6 急性UKA-PJI是否可以采用DAIR进行治疗?

推荐意见:通过全面评估患者的假体功能、位置、固定情况,在假体未出现明显松动或移位、膝关节结构和功能相对稳定的UKA-PJI患者,可以采用DAIR进行治疗。

证据等级推荐强度: 1B。

证据概述:目前认为DAIR可彻底清除感染组织,降低局部病原微生物负荷,并恢复局部的血运,可用于急性PJI的治疗^[72]。

急性PJI可分为早期急性和晚期急性,前者主要是指感染症状发生在关节置换术后3个月内且持续时间小于3周感染,后者主要是指感染症状发生于关节置换术后3个月以后^[73]。目前的国际指南仍然建议对早期急性PJI和晚期急性PJI采用相同的治疗方法^[74]。然而,多项研究表明晚期急性PJI的治疗成功



率较低^[75-76]。Wouthuyzen-Bakker 等^[73]一项多中心观察性研究,重点关注采用 DAIR 治疗由金黄色葡萄球菌引起的早期急性与晚期急性 PJI 的成功率,发现晚期急性 PJI 的治疗成功率显著低于早期急性 PJI。

然而,由于 UKA-PJI 发生率较低,关于采用 DAIR 治疗 UKA-PJI 的研究报道仍较少,且这一治疗方法仍存在一定争议。Hernandez 等^[17]回顾性分析了 15 例 UKA-PJI 患者(5 例为术后急性感染、5 例为急性血源性感染、5 例为慢性感染),其中接受 DAIR 的 11 例患者中 7 例成功控制感染、4 例在最终随访时感染复发。Chalmers 等^[16]也报道了 21 例 UKA-PJI 患者,其中 16 例选择了 DAIR 进行治疗(14 例为术后急性感染、1 例为急性血源性感染、1 例为慢性感染),最终成功控制感染 9 例。Brivio 等^[77]报道了一项多中心回顾性临床研究,将 19 例 UKA 置入后 4 周内发生的急性 PJI 纳入研究,平均随访时间为 32.5 个月,结果显示 DAIR 在治疗急性 UKA-PJI 中的成功率为 84.2%,是目前关于 DAIR 治疗 UKA-PJI 报道的最高成功率。因此,严格把控 DAIR 的手术时机是提高 DAIR 治疗成功率的关键。急性 UKA-PJI 可优先考虑采用 DAIR 进行治疗。McCormick 等^[18]亦对 52 例 UKA-PJI 并接受 DAIR 治疗的患者进行了评估,治疗成功率为 80.2%。总体而言,虽然各个报道的结果不一,但急性 UKA-PJI 进行 DAIR 的成功率和 TKA 报道中相似。虽然有研究认为 UKA-PJI 中,膝关节表面软骨可能因病原微生物感染导致坏死,加速对侧间室骨性关节炎的发生^[78],但现有研究尚未证实对侧间室骨性关节炎的进展与病原微生物感染直接相关。

因此,对 UKA 术后早期感染或急性血源性感染且感染症状较轻、病原体明确的患者,DAIR 可被推荐应用。

问题 7: UKA-PJI 行 DAIR 术中是否需要清除残留的骨水泥?

推荐意见:由于 UKA 手术的视野受限,以及在手术中可能过量使用骨水泥来固定假体等因素,术后胫骨假体后方常常会遗留一定量的骨水泥。在对 UKA-PJI 进行 DAIR 时,彻底清除残留的骨水泥至关重要。对于这种情况,清理骨水泥应当作为一个标准且必要的步骤。

证据等级推荐强度:1B。

证据概述:Dantas 等^[79]和 Kinnari 等^[80]研究发现,由于骨水泥表面存在凹槽和凹坑,其粗糙度增加,为病原微生物的定植提供了更大的表面积,在早期病原微生物生物膜形成中起着重要作用。Taylor 等^[81]指出,相较于光滑的表面,当骨水泥粗糙度增加后,铜绿假单胞菌的附着面积增加了 18%。

因此,残留的骨水泥为病原微生物提供了更多附着的空间,从而大大增加了感染复发的风险。

此外,残留的骨水泥可能引发机械性并发症。Hauptmann 等^[82]指出,UKA 术后游离的骨水泥碎片是一个常被忽视的并发症。在过度的关节活动后,残留的骨水泥可能会崩解并形成游离碎片,这些碎片类似于关节内游离体,可能导致患者术后疼痛加剧和活动度下降。既往文献还报道,游离的骨水泥碎片可能加剧聚乙烯垫片的磨损,从而引发严重的机械性并发症^[82-83]。因此,UKA 术后骨水泥的残留、游离骨水泥碎片与机械性并发症之间存在一定的联系性,骨水泥的残留可能会通过机械作用导致患者术后不适,甚至可能导致 UKA 的失败。

由于骨水泥已经完全固化,以及单髁手术视野暴露有限,去除骨水泥的过程可能会相对困难。术中使用神经钩可以帮助去除后方的骨水泥,牙科镜或 90°球形探头^[84]则有助于观察关节囊后方的情况。另外,大量的生理盐水冲洗可能有助于软组织中残留的骨水泥碎片的清除。

问题 8: UKA-PJI DAIR 失败的危险因素有哪些?

推荐意见:目前关于 UKA-PJI 行 DAIR 失败的危险因素研究存在诸多不确定和有待深入探讨之处,炎症标志物(如 CRP 水平),患者个体因素年龄、BMI、Charlson 合并症指数(charlson comorbidity index, CCI),以及病原微生物因素(病原微生物种类、耐药性及新菌株等)等均可能与之相关,但各因素研究结果尚不完全明确且缺乏专门针对 UKA-PJI 行 DAIR 失败风险的直接预测研究。

证据等级推荐强度:1A。

证据概述:先前的研究表明,炎症标志物的升高在预测 DAIR 手术失败方面具有显著的预测价值^[85-86]。Shohat 等^[86]对超过 1 150 个 DAIR 案例进行了国际多中心的回顾性分析,并运用机器学习技术来识别与 DAIR 失败相关的因素,研究结果显示,较高的 CRP 水平是与 DAIR 失败最密切相关的因素。此外,Xu 等^[85]也指出,术前 CRP 水平被广泛认为是影响 DAIR 手术成功的重要因素,尽管不同研究对 CRP 的临界值建议存在较大差异,范围从 15~100 mg/L 不等。一些研究致力于开发预测 DAIR 手术成功的模型:Tornero 等^[87]设计了一种名为 KLIC(肾脏、肝脏、指数手术、骨水泥假体和 CRP 值)的评分系统,用以预测 DAIR 手术后的早期失败情况;然而,这项研究仅关注了 DAIR 术后 60 d 内的急性感染失败案例,并将那些需要长期使用抗生素治疗的患者也归类为治疗失败。Chalmers 等^[88]在评估



KLIC 评分的预测价值时发现,该评分系统在术后 90 d 和 2 年时的预测价值有限。Shohat 等^[86]开发了一种基于机器学习的模型,用以预测 DAIR 手术后的治疗效果,该模型涵盖了 52 个不同的变量,包括手术时机、患者特征、临床表现和实验室检测结果,虽然内容全面,但实际应用中需要较专业的技术和基础设施支持,以及额外的筛查和实验室检测,这在大型医疗系统中可能容易实现,但在小型或农村医疗机构中可能因资源限制而难以应用。Ashkenazi 等^[89]回顾性分析 83 例接受 DAIR 治疗的急性 PJI 患者,评估了围手术期人口统计学和实验室特征与 DAIR 失败的关系,发现 CCI、术前 CRP、滑膜白细胞计数和多形核中性粒细胞百分比是 DAIR 失败的独立预测因素,提供了标准化的评估工具和预测模型,增加了临床决策的客观性,且评估的相关危险因素更易得,对临床实践具有重要的指导意义。

目前,关于患者年龄对 DAIR 手术结果影响的研究结果并不一致。一些研究指出,年龄较大的患者 DAIR 手术失败的风险较高^[86],但也有研究并未发现这种关联^[90-91]。此外,关于病原微生物种类对 DAIR 手术结果的影响也存在分歧。例如,由革兰阴性菌^[92]、凝固酶阴性葡萄球菌^[93]及耐甲氧西林金黄色葡萄球菌^[85]引起的 PJI 被认为与 DAIR 手术失败率较高有关。然而,也有研究报道,手术成功和失败的病例中病原微生物的分布情况相似^[91]。

Brivio 等^[77]回顾性分析了 19 例 UKA-PJI 行 DAIR 后的临床疗效,其中 3 例患者早期感染复发:其中 1 例为两次手术均为阴沟肠杆菌感染,失败的原因可能为未能彻底清除同一病原微生物;另 1 例为金黄色葡萄球菌和表皮葡萄球菌混合感染,但第二次手术时出现了多重耐药性表皮葡萄球菌,表明可能发生了病原微生物耐药性的演变或初次手术未能完全将感染清除;第 3 例由金黄色葡萄球菌引起,第二次手术时却分离出棒状杆菌,这可能是由不同的病原微生物引发的新感染。DAIR 手术后感染复发可能与病原微生物的耐药性发展或新菌株感染有关,精确识别病原微生物和调整抗生素治疗方案对于改善 DAIR 的预后至关重要。

较高 BMI 和 CCI 可能是感染复发的原因之一。Asadollahi 等^[94]通过对 5 195 例手术中的 16 例急性 UKA-PJI 行 DAIR 治疗的患者进行回顾性分析,有 6 例感染复发,1 例对侧关节间室骨关节炎进展,1 例无菌性松动。受限于样本量,目前尚缺乏有关直接预测 UKA-PJI 行 DAIR 失败风险的研究。外科医生在治疗 UKA-PJI 患者时,可参照 DAIR 失败的危险因素和对侧关节间室软骨情况,共同对患者手

术方式的选择进行决策。

问题 9: UKA-PJI 手术治疗时是否推荐使用稀释的聚维酮碘进行冲洗?

推荐意见:提倡在 UKA-PJI 手术治疗过程中使用稀释的聚维酮碘进行冲洗,有助于提高感染的控制率。然而鉴于聚维酮碘具有软骨细胞毒性,术中冲洗可能造成对侧间室关节软骨的破坏,因此,聚维酮碘冲洗在 UKA-PJI 手术治疗中的应用仍需要进一步研究。

证据等级推荐强度:1C。

证据概述:PJI 治疗的根本原则是彻底清除感染组织,主要手段包括冲洗和清创,彻底有效的冲洗有助于感染的清除。聚维酮碘作为常用的消毒溶液之一,已被证明在骨科、泌尿科、心血管和普通外科等手术中可以降低手术部位感染的发生率^[95]。美国疾控中心建议在关节置换术关闭手术切口前,应使用稀释的聚维酮碘进行冲洗,以降低术后感染发生率^[96]。

2018 年 ICM 建议使用稀释聚维酮碘冲洗来预防 PJI^[97],同时建议在 TKA 后急性 PJI 治疗中用聚维酮碘进行冲洗^[98]。在一项荟萃分析中,聚维酮碘冲洗后切口感染率较生理盐水冲洗组更低^[99]。目前,对于 UKA-PJI 治疗中是否使用稀释的聚维酮碘进行冲洗及具体的实施方案并没有高等级证据支持。体外研究表明,稀释的聚维酮碘冲洗可以有效清除不锈钢螺钉、钛合金及聚乙烯垫圈等骨科材料上常见的 PJI 病原微生物(包括耐甲氧西林金黄色葡萄球菌、甲氧西林敏感金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌、流感嗜血杆菌、铜绿假单胞菌和大肠杆菌),同时还能够破坏生物膜^[100]。

碘在杀菌的同时具有很强的细胞毒性,一旦碘到达细胞表面,就能够进入细胞并氧化细胞质膜的各种成分和细胞质中的分子^[101],影响细胞的活性。目前,反对使用聚维酮碘进行关节腔冲洗的主要理由是担心其会对对侧间室关节软骨造成损伤。一项评估稀释的聚维酮碘溶液对关节软骨毒性的研究表明,所有测试浓度的聚维酮碘溶液都对表层软骨产生明显的毒性作用,暴露时间越长,软骨细胞死亡的程度越大。即使浓度最低的 0.35% 聚维酮碘溶液,如果应用时间超过 1 min,也会显著降低细胞活力^[102]。另一项研究发现,聚维酮碘对于耐甲氧西林金黄色葡萄球菌、表皮葡萄球菌及铜绿假单胞菌等常见 PJI 病原微生物的最小抑菌浓度为 0.63%,然而这已经远远高于其细胞安全浓度(0.1%~0.2%)^[100]。因此,聚维酮碘用于治疗保留对侧间室关节软骨的 UKA-PJI 患者时,是否会对关节软骨造成破坏、是否可以用于 UKA-PJI



的 DAIR 中,需要进一步的研究探索。

问题 10: 慢性 UKA-PJI 选择何种手术方式进行治疗?

推荐意见:虽然 UKA 与 TKA 术式上存在一定区别,但是慢性 UKA-PJI 往往合并关节腔内感染,残留关节软骨破坏等情况。手术方式选择可以参考 TKA 慢性感染。一期或二期翻修依然是慢性 UKA-PJI 主要的备选术式。具体的选择需要综合考虑多种因素来确定,主要包括患者的身体情况、感染的情况、抗生素治疗效果等。

证据等级推荐强度: 1C。

证据概述:DAIR 术后联合抗生素治疗是急性 TKA-PJI 的主要治疗方式,且常能获得良好的效果^[92,103]。DAIR 在 UKA 的感染控制成功率为 0~76%^[16,92]。对于慢性 UKA-PJI,DAIR 的治疗效果往往不佳。Labruyère 等^[104]报道了 9 例 UKA 后慢性感染采用 DAIR 治疗,仅成功 4 例,并未取得令人满意的治疗成功率。

一期和二期翻修术依然是治疗慢性 UKA-PJI 的主要方式。Argenson 等^[105]认为,对于急性 UKA-PJI,可以考虑 DAIR,如果 DAIR 治疗失败或存在慢性感染,则应取出置入的假体,并结合抗生素治疗进行一期或二期翻修。既往临床医生通常采用二期翻修方案治疗慢性 PJI。随着对疾病认识的提高、材料的进步和病原学诊断技术的提高,一期翻修术在 PJI 治疗中的应用越来越广泛,已经有研究结果显示一期翻修和二期翻修疗效相当^[106-107]。Yun 等^[108]报道了 1 例采用改良二期翻修技术治疗 UKA-PJI,患者最终恢复良好,1 年随访时膝关节活动度达 140°,膝关节损伤与骨关节炎评分为 92 分,展示了二期翻修在感染清除彻底性、调整治疗方案灵活性及降低假体再次感染风险方面的优势。但二期翻修治疗周期长,患者关节功能恢复慢,总体费用较高,长时间的治疗过程对患者生活质量和心理状态影响较大。Kocaoğlu 等^[109]通过对 15 例 UKA-PJI 患者行一期翻修的回顾性研究,展示了一期翻修在该领域的应用价值:其感染控制率达 93.3%,5 年和 10 年无再手术生存率分别为 80% 和 64.2%,遗憾的是该研究并未对 UKA-PJI 感染类型进行分类。一期翻修的优势在于手术次数少,可避免等待假体置入的间隔期,降低医疗成本,使患者更快恢复正常生活。然而,它也存在诸多缺点,如手术技术要求高,风险相对集中,对患者身体条件要求较高,一旦失败后续处理相对复杂。

由于慢性 UKA-PJI 的病例较少,缺乏大样本病例研究及前瞻性的随机对照试验,有待进一步研

究,目前我们可以参考慢性 TKA-PJI 治疗的相关研究指导其治疗。

问题 11: 慢性 UKA-PJI 治疗时,是否可进行保留对侧间室的一期翻修或仅对病变间室进行二期翻修?

推荐意见:根据感染发生的时间不同,急性或慢性 UKA-PJI 可采用不同治疗方式,其中慢性 UKA-PJI 的手术方式可以参考慢性 TKA-PJI 采用一期翻修或二期翻修。在感染局限于单间室的慢性 UKA-PJI 中,采用保留对侧间室的一期翻修或仅对病变间室进行二期翻修治疗的手术方式是合适的。

证据等级推荐强度: 1B。

证据概述:对于慢性 UKA-PJI,感染往往播散至其他间室并破坏关节软骨,其治疗手段可以参照 TKA 的处理方式。Hernandez 等^[17]认为,对于 UKA-PJI 持续时间较长或宿主及/或肢体状况更为严重的患者,则应考虑进行假体翻修。支持进行翻修的因素包括术前关节穿刺培养阳性及病原微生物对相应抗生素的敏感性。无论是一期还是二期翻修术,在以往的 UKA 假体取出术式中,采用的技术与 TKA-PJI 翻修中常见的方式相同^[16,110],但这种方法会减少骨量,并去除可能有助于根除感染的血管化组织,进而使关节重建变得更加困难。Yun 等^[108]认为,保留关节软骨有助于增强对生物膜的抵抗力。先前的研究也指出,病原体在缺乏生物活性成分的环境中存活,是导致 PJI 持续存在的重要因素^[111]。因此,在治疗时,应尽量减少异物或移植物的数量,保留更多血管化组织,降低感染复发的风险。

然而关节软骨的保留也可能是感染复发的原因之一。UKA-PJI 往往是 PJI 和化脓性关节炎的结合。4 项关于 UKA-PJI 的研究,9 例一期翻修预后良好,但有 1 例患者接受保留关节软骨的 DAIR 后感染复发,又先后进行了 2 次一期翻修,感染才最终得以控制^[112-115]。此外,Hamilton 等^[116]对 3 例 UKA-PJI 患者进行了二期翻修,其中 1 例 DAIR 感染复发,继而进行二期翻修,感染才得以控制。Labruyère 等^[104]介绍了 9 例 UKA-PJI 一期翻修的结果,在至少 3 年的随访中没有再感染或再次手术。Kocaoğlu 等^[109]评估了 15 例一期翻修治疗 UKA-PJI 中的有效性,随访至少 3 年,结果显示:使用铰链膝关节设计的一期翻修在感染控制和功能恢复方面表现出色,感染控制率达到 93.3%。

保留对侧间室有助于尽可能多地保留骨量,而股骨髁残余解剖结构的完整性,则为后续手术提供了支持,减少了二期翻修转换为 TKA 的困难。既往研究显示,由于存在骨缺损、旋转及恢复关节线的



需要,从 UKA 直接转换为 TKA 较为困难^[117]。最近的一项研究中,未对天然软骨进行清创,只进行了广泛的抗菌溶液灌洗,其急性 UKA-PJI 的治疗成功率为 84.2%^[77]。因此,剩余关节软骨的感染问题似乎不会直接影响临床结局,保留对侧间室软骨是一种较为合适的选择,保留对侧间室有助于术后关节功能的康复和减小再次手术时的风险。综上所述,建议对于感染局限于单间室的慢性 UKA-PJI,治疗方式可参考脓毒性关节炎的处理方法,避免完全切除关节软骨,采用保留对侧间室的一期翻修或仅对病变间室进行二期翻修治疗。然而,如果在翻修过程中发现其他间室有感染性或无菌性损伤,则应立即转换为 TKA。

问题 12: 局部使用抗生素在 UKA-PJI 治疗中的作用是什么?

推荐意见: 关节腔注射抗生素可以提高 UKA-PJI 的感染控制率,但需要注意可能产生的并发症。

证据等级推荐强度: 1C。

证据概述: 局部抗生素给药,可有效治疗培养阴性、真菌相关和免疫功能低下的 PJI^[118]。生物膜的形成易导致病原微生物耐药,当病原微生物被包裹在生物膜内时,根除生物膜所需最低抗生素浓度比消除浮游微生物的最低抗生素浓度高出 100~1 000 倍^[119]。近年来,在动物和人类研究中都对抗生素的局部给药进行了研究。局部使用抗生素有不同的形式,如负载抗生素珠链、抗生素粉末和局部输注抗生素。

负载抗生素珠链已应用于 DAIR,感染控制率为 75%~100%^[120-121];然而,已经发现某些缺点并限制了其使用。(1)负载抗生素珠链不会以恒定剂量释放,2~3 d 后抗生素浓度大幅下降;(2)负载抗生素珠链不可生物降解,病原微生物会黏附并在其上生长,导致在体内形成新的生物膜;(3)负载抗生素珠链可能会划伤关节软骨;(4)此外,只有热稳定的抗生素才可以与负载抗生素珠链一起使用。为了解决这些问题,提出了可生物降解的硫酸钙微珠。然而,Flier 等^[118]研究显示 DAIR 中硫酸钙珠的感染控制率仅为 52%。此外,应用可生物降解硫酸钙珠后出现了伤口渗液、异位骨化以及高钙血症等并发症^[119]。

研究显示,关节内添加万古霉素粉剂不会增加聚乙烯垫片磨损率^[120]。Edelstein 等^[122]建立了耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的兔膝关节感染模型,静脉注射万古霉素粉剂联合局部给药的成功率为 100%。Johnson 等^[123]发现,当局部采用万古霉素粉剂时,可以在保持全身低药物浓度水平的同时,在

关节局部维持较高治疗浓度。Roy 等^[124]通过局部给药和静脉给药比较了关节液中万古霉素的浓度,研究发现局部给药万古霉素产生的峰值水平比静脉注射方法高出数个数量级。Riesgo 等^[125]在 DAIR 手术中应用了万古霉素-聚维酮碘方法,其中万古霉素粉末分别放置在深筋膜和浅筋膜,感染控制率从 63% 提高到 83.3%。Tsumura 等^[126]根据培养结果用病原体敏感抗生素冲洗关节,DAIR 成功率为 77.8%。Fukagawa 等^[127]在 DAIR 手术中将病原体敏感的抗生素输注到受影响的膝关节中,平均治疗 20 d,结果显示感染清除率 100%。Mu 等^[128]直接将抗生素应用于关节局部,DAIR 的总体成功率为 87.67%,且并未发现血清肿形成的病例。董国华等^[129]报道了 1 例固定平台单髁置换术后耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染病例,DAIR 术后采用静脉联合局部高浓度抗生素治疗,感染控制良好,关节功能恢复满意。

尽管尚无高质量直接针对 UKA-PJI 治疗后局部使用抗生素的研究证据,但鉴于 DAIR 术后局部输注抗生素取得良好临床结局,且报道的并发症较少,因此我们建议对于 UKA-PJI 术后可尝试使用局部输注抗生素,但要警惕局部高浓度抗生素对关节软骨可能存在的影响。

5 总结与展望

本共识针对 UKA-PJI 的多个关键问题进行探讨,如诊断标准方面,当前仍推荐使用 TKA-PJI 的诊断标准与阈值,但未来需更多研究明确 UKA-PJI 特异性标准;病原学标本获取,应遵循严格流程以提高病原微生物检出率;病原微生物培养阴性时,分子诊断技术可辅助诊断,但存在局限性。在治疗上,由于 PJI 与化脓性关节炎并存,炎症极易扩散,不仅累及置入假体区域,还可能对周围软组织、骨组织及关节腔整体环境造成破坏。这使得传统治疗方法在彻底清除感染灶与保留关节功能之间难以平衡。DAIR 治疗急性 UKA-PJI 存在争议,需严格把控手术时机;慢性 UKA-PJI 治疗可参考慢性 TKA-PJI 的手术方式,一期或二期翻修是主要选择,在临床实践中彰显了保留对侧间室的一期翻修术的可行性与有效性;局部使用抗生素在提高感染控制率方面有一定作用,但需注意并发症。

未来,一方面应加强多中心、大样本的临床研究,尤其是探讨 UKA-PJI 特点的研究,以填补目前在诊断标准、治疗策略优化等方面的空白。另一方面,需深入探究各危险因素与 DAIR 失败的关系,建



立更精准的预测模型,为个性化治疗提供依据,从而降低 UKA-PJI 的发生率,提高治疗效果,改善患者预后,推动 UKA 技术在关节外科领域的健康发展。

参与本共识编写和讨论的成员名单

顾问专家:黄野(北京积水潭医院);张文明(福建医科大学附属第一医院);朱晨(中国科学技术大学附属第一医院)

执笔专家:方心俞(福建医科大学附属第一医院);罗瑶(中国科学技术大学附属第一医院)

共识专家组成员(按姓氏汉语拼音排序):柏家祥(中国科学技术大学附属第一医院);曹光磊(首都医科大学附属宣武医院);柴伟(解放军总医院第四医学中心);陈德生(天津市天津医院);陈广祥(苏州市立医院);陈晶(北京大学航天中心医院);丁勇(西安红会医院);冯尔宥(福建医科大学附属协和医院);关振鹏(北京大学首钢医院);官建中(蚌埠医科大学附属第一医院);黄威(中国科学技术大学附属第一医院);李兵(中国医科大学北京航空总院);李乾明(中国科学技术大学附属第一医院);李忠(西南医科大学附属医院);刘国彬(河北医科大学附属第一医院);刘宁(哈尔滨医科大学附属第一医院);刘培来(山东大学齐鲁医院);柳剑(北京积水潭医院);马锐祥(中国科学技术大学附属第一医院);那日苏(内蒙古国际蒙医医院);倪明(解放军总医院第一医学中心);乔锋(西安市红会医院);沙宇(河南省直第三人民医院);沈计荣(江苏省中医院);尚希福(中国科学技术大学附属第一医院);司文腾(郑州市骨科医院);谭红略(河南省洛阳正骨医院);田洪涛(华中科技大学同济医学院附属协和医院);童培建(浙江中医药大学附属第一医院);王广积(海南省人民医院);王加兴(上海交通大学医学院附属第六人民医院);王上增(河南省中医院);王武炼(厦门大学附属福州第二医院);吴松(中南大学湘雅三医院);谢肇(陆军军医大学西南医院);杨久山(山东中医药大学附属医院);杨伟毅(广东省中医院);尹宗生(安徽医科大学附属第一医院);张民(山西医科大学第二医院);张薇薇(中国科学技术大学附属第一医院);张贤祚(中国科学技术大学附属第一医院);张向鑫(苏州市立医院)

学术秘书:张陶、孙海博、张睿、胡先粒、陈墨、庞臻(中国科学技术大学附属第一医院)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Jin QH, Lee WG, Song EK, et al. Comparison of long-term survival analysis between open-wedge high tibial osteotomy and unicompartmental knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2021,36(5):1562-1567.e1. DOI: 10.1016/j.arth.2020.11.008.
- [2] Bolognesi MP, Greiner MA, Attarian DE, et al. Unicompartmental knee arthroplasty and total knee arthroplasty among medicare beneficiaries, 2000 to 2009[J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(22):e174. DOI: 10.2106/JBJS.L00652.
- [3] Ben-Shlomo Y, Blom A, Boulton C, et al. The National Joint Registry 16th Annual Report 2019[M/OL]. London: National Joint Registry, 2019. [2025-02-20]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559972>.
- [4] Worlicek M, Koch M, Daniel P, et al. A retrospective analysis of trends in primary knee arthroplasty in germany from 2008 to 2018[J]. Sci Rep, 2021,11(1):5225. DOI: 10.1038/s41598-021-84710-y.
- [5] 薛华明,马童,文涛,等.再议膝关节单髁置换术的适应证[J]. 中华医学杂志,2024,104(5):319-324. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20230518-00820.
- [6] 黄威,刘洋,李文伟,等.胫骨骨量保留技术在内侧固定平台单髁置换术中应用的短期临床疗效分析[J/OL]. 重庆医学, (2024-11-28) [2025-02-20]. <https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20241127.1634.008>. [网络预发表]. Huang W, Liu Y, Li WW, et al. Short-term clinical efficacy analysis of tibial bone sparing technique in medial unicompartmental arthroplasty using fixed bearing [J/OL]. Chongqing Medical Journal, (2024-11-28)[2025-02-20]. <https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20241127.1634.008>. [published online ahead of print].
- [7] Wei H, Xianye S, Ze X, et al. Unicompartmental knee arthroplasty for lateral compartment knee osteoarthritis: a credible surgical approach and short-term clinical outcomes[J]. Int Orthop, 2024, 48(10): 2653-2660. DOI: 10.1007/s00264-024-06303-4.
- [8] 刘洋,李文伟,杨志超,等.双髁置换术与全膝置换术治疗内外双间室膝关节关节炎的早期疗效对比[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2024, 21(2): 43-47, 52. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5972.2024.02.009.
- [9] Liu Y, Li WW, Yang ZC, et al. Efficacy analysis of short-term effects of total and bicompartmental knee arthroplasties in treating internal and external bicompartmental knee osteoarthritis[J]. Orthopaedic Biomechanics Materials and Clinical Study, 2024, 21(2): 43-47, 52. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5972.2024.02.009.
- [9] Kahan ME, Chen Z, Angerett NR, et al. Unicompartmental knee arthroplasty has lower infection, conversion, and complication rates compared to high tibial osteotomy[J]. J Knee Surg, 2022, 35(14): 1518-1523. DOI: 10.1055/s-0042-1757597.
- [10] Walter N, Weber J, Kerschbaum M, et al. Revision arthroplasty after unicompartmental knee arthroplasty[J]. J Orthop Surg Res, 2021,16(1):666. DOI: 10.1186/s13018-021-02767-x.
- [11] 国家骨科医学中心保膝联盟. 胫骨高位截骨治疗膝关节退行性病变的适应证指南[J]. 骨科临床与研究杂志, 2025, 10(1):1-17. DOI: 10.19548/j.2096-269x.2025.01.001.
- [11] The Knee Preservation Alliance, National Orthopedic Medical Center. Indications guideline for high tibial osteotomies in the treatment of degenerative knee diseases[J]. J Clin Orthop Res, 2025,10(1):1-17. DOI: 10.19548/j.2096-269x.2025.01.001.
- [12] Parvizi J, Zmistowski B, Berbari EF, et al. New definition For periprosthetic joint infection: from the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society[J]. Clin Orthop Relat Res, 2011,469(11):2992-2994. DOI: 10.1007/s11999-011-2102-9.
- [13] Parvizi J, Gehrke T, Chen AF. Proceedings of the international consensus on periprosthetic joint infection[J]. Bone Joint J, 2013, 95-B(11): 1450-1452. DOI: 10.1302/0301-620X.95B11.33135.
- [14] Parvizi J, Tan TL, Goswami K, et al. The 2018 definition of periprosthetic hip and knee infection: an evidence-based and validated criteria[J]. J Arthroplasty, 2018, 33(5): 1309-1314.e2. DOI: 10.1016/j.arth.2018.02.078.
- [15] McNally M, Sousa R, Wouthuyzen-Bakker M, et al. The EBJS definition of periprosthetic jointinfection[J]. Bone Joint J, 2021, 103-B(1): 18-25. DOI: 10.1302/0301-620X.103B1.BJJ-2020-1381.R1.
- [16] Chalmers BP, Kapadia M, Chiu YF, et al. Treatment and outcome of periprosthetic joint infection in unicompartmental knee arthroplasty[J]. J Arthroplasty, 2020, 35(7): 1917-1923. DOI: 10.1016/j.arth.2020.02.036.



- [17] Hernandez NM, Petis SM, Hanssen AD, et al. Infection after unicompartmental knee arthroplasty: a high risk of subsequent complications[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2019, 477(1):70-77. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000372.
- [18] McCormick KL, Xu W, Cozzarelli NF, et al. Debridement, antibiotics, and implant retention in unicompartmental knee arthroplasty infection[J]. *J Arthroplasty*, 2024, 39(8S1): S285-S289. DOI: 10.1016/j.arth.2024.03.057.
- [19] Society of Unicondylar Research and Continuing Education. Diagnosis of periprosthetic joint infection after unicompartmental knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2012,27(8 Suppl):46-50. DOI: 10.1016/j.arth.2012.03.033.
- [20] Cohen-Levy WB, Salimy MS, Lans J, et al. The performance of diagnostic tests for identifying periprosthetic joint infection after failed partial knee arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2022, 37(12): 2449-2454. DOI: 10.1016/j.arth.2022.06.021.
- [21] Yoon HK, Cho SH, Lee DY, et al. A review of the literature on culture-negative periprosthetic joint infection: epidemiology, diagnosis and treatment[J]. *Knee Surg Relat Res*, 2017,29(3): 155-164. DOI: 10.5792/ksrr.16.034.
- [22] Aggarwal VK, Higuera C, Deirmengian G, et al. Swab cultures are not as effective as tissue cultures for diagnosis of periprosthetic joint infection[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(10): 3196-3203. DOI: 10.1007/s11999-013-2974-y.
- [23] Proceedings of the International Consensus Meeting on Periprosthetic Joint Infection. Foreword [J]. *J Orthop Res*, 2014, 32 Suppl 1: S2-S3. DOI: 10.1002/jor.22543.
- [24] Drago L, De Vecchi E. Microbiological diagnosis of implant-related infections: scientific evidence and cost/benefit analysis of routine antibiofilm processing[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2017, 971: 51-67. DOI: 10.1007/5584_2016_154.
- [25] Fink B, Gebhard A, Fuerst M, et al. High diagnostic value of synovial biopsy in periprosthetic joint infection of the hip[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013,471(3):956-964. DOI: 10.1007/s11999-012-2474-5.
- [26] Gandhi R, Silverman E, Courtney PM, et al. How many cultures are necessary to identify pathogens in the management of total hip and knee arthroplasty infections? [J]. *J Arthroplasty*, 2017,32(9):2825-2828. DOI: 10.1016/j.arth.2017.04.009.
- [27] Bjerkan G, Witsø E, Nor A, et al. A comprehensive microbiological evaluation of fifty-four patients undergoing revision surgery due to prosthetic joint loosening[J]. *J Med Microbiol*, 2012,61(Pt 4):572-581. DOI: 10.1099/jmm.0.036087-0.
- [28] Bémer P, Léger J, Tandé D, et al. How many samples and how many culture media to diagnose a prosthetic joint infection: a clinical and microbiological prospective multicenter study[J]. *J Clin Microbiol*, 2016,54(2):385-391. DOI: 10.1128/JCM.02497-15.
- [29] Zhang Z, Cai Y, Bai G, et al. The value of calprotectin in synovial fluid for the diagnosis of chronic prosthetic joint infection[J]. *Bone Joint Res*, 2020, 9(8): 450-457. DOI: 10.1302/2046-3758.98.BJR-2019-0329.R2.
- [30] Fang X, Zhang L, Cai Y, et al. Effects of different tissue specimen pretreatment methods on microbial culture results in the diagnosis of periprosthetic joint infection[J]. *Bone Joint Res*, 2021, 10(2): 96-104. DOI: 10.1302/2046-3758.102.BJR-2020-0104.R3.
- [31] Cai Y, Fang X, Zhang L, et al. Microbial yield from infectious tissues pretreated by various methods: an invitro study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 209. DOI: 10.1186/s12891-021-04071-5.
- [32] Hughes JG, Vetter EA, Patel R, et al. Culture with BACTEC peds plus/F bottle compared with conventional methods for detection of bacteria in synovial fluid[J]. *J Clin Microbiol*, 2001, 39(12): 4468-4471. DOI: 10.1128/JCM.39.12.4468-4471.2001.
- [33] DeHaan A, Huff T, Schabel K, et al. Multiple cultures and extended incubation for hip and knee arthroplasty revision: impact on clinical care[J]. *J Arthroplasty*, 2013, 28(8 Suppl):59-65. DOI: 10.1016/j.arth.2013.03.037.
- [34] Peel TN, Spelman T, Dylla BL, et al. Optimal periprosthetic tissue specimen number for diagnosis of prosthetic joint infection[J]. *J Clin Microbiol*, 2017, 55(1): 234-243. DOI: 10.1128/JCM.01914-16.
- [35] Corona PS, Goswami K, Kobayashi N, et al. General assembly, diagnosis, pathogen isolation: proceedings of international consensus on orthopedic infections[J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(2S): S207-S214. DOI: 10.1016/j.arth.2018.09.072.
- [36] 葛无非, 张贤祚, 朱晨. 假体周围感染三种样本处理病原体检测效能比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(9): 804-808. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2021.09.08.
- Ge WF, Zhang XZ, Zhu C. Comparison of the pathogen detection efficiency of three sample treatments in periprosthetic joint infection[J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29(9): 804-808. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2021.09.08.
- [37] Van Cauter M, Cornu O, Yombi JC, et al. The effect of storage delay and storage temperature on orthopaedic surgical samples contaminated by staphylococcus epidermidis[J]. *PLoS One*, 2018, 13(3): e0192048. DOI: 10.1371/journal.pone.0192048.
- [38] Minassian AM, Newnham R, Kalimeris E, et al. Use of an automated blood culture system (BD BACTEC™) for diagnosis of prosthetic joint infections: easy and fast[J]. *BMC Infect Dis*, 2014,14:233. DOI: 10.1186/1471-2334-14-233.
- [39] Birdsall J, Tambosis E, Siarakas S. Isolation of clinically significant microorganisms from prosthetic joint tissue using bact/ALERT paediatric blood culture bottles compared with solid culture media and enrichment broth[J]. *Pathology*, 2021, 53(4):515-519. DOI: 10.1016/j.pathol.2020.08.015.
- [40] Birlutiu RM, Stoica CI, Russu O, et al. Positivity trends of bacterial cultures from cases of acute and chronic periprosthetic joint infections[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(8): 2238. DOI: 10.3390/jcm11082238.
- [41] Talsma DT, Ploegmakers J, Jutte PC, et al. Time to positivity of acute and chronic periprosthetic joint infection cultures[J]. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 2021, 99(1): 115178. DOI: 10.1016/j.diagmicrobio.2020.115178.
- [42] Fang X, Cai Y, Mei J, et al. Optimizing culture methods according to preoperative mNGS results can improve joint infection diagnosis[J]. *Bone Joint J*, 2021, 103-B(1): 39-45. DOI: 10.1302/0301-620X.103B1.BJJ-2020-0771.R2.
- [43] Palan J, Nolan C, Sarantos K, et al. Culture-negative periprosthetic joint infections[J]. *EFORT Open Rev*, 2019, 4(10):585-594. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180067.
- [44] Berbari EF, Marculescu C, Sia I, et al. Culture-negative prosthetic joint infection[J]. *Clin Infect Dis*, 2007, 45(9): 1113-1119. DOI: 10.1086/522184.
- [45] Papalia R, Vespasiani-Gentilucci U, Longo UG, et al. Advances in management of periprosthetic joint infections: an historical prospective study[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2019, 23(2 Suppl):129-138. DOI: 10.26355/eurrev_201904_17482.
- [46] Foschi C, Zignoli A, Gaibani P, et al. Respiratory bacterial co-infections in intensive care unit-hospitalized covid-19



- patients: conventional culture vs biofire filmarray pneumonia plus panel[J]. *J Microbiol Methods*, 2021, 186: 106259. DOI: 10.1016/j.jmimet.2021.106259.
- [47] Bellova P, Knop-Hammad V, Königshausen M, et al. Sonication of retrieved implants improves sensitivity in the diagnosis of periprosthetic joint infection[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20(1): 623. DOI: 10.1186/s12891-019-3006-1.
- [48] Xie G, Hu Q, Cao X, et al. Clinical identification and microbiota analysis of chlamydia psittaci- and chlamydia abortus- pneumonia by metagenomic next-generation sequencing[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2023, 13: 1157540. DOI: 10.3389/fcimb.2023.1157540.
- [49] Parker J, Chen J. Application of next generation sequencing for the detection of human viral pathogens in clinical specimens[J]. *J Clin Virol*, 2017, 86: 20-26. DOI: 10.1016/j.jcv.2016.11.010.
- [50] Yang Z, Tang Y, Shan S. Bronchial lavage tNGS in the diagnosis of pulmonary tuberculosis[J]. *Technol Health Care*, 2025, 33(1): 215-223. DOI: 10.3233/THC-240823.
- [51] Hao L, Wen P, Song W, et al. Direct detection and identification of periprosthetic joint infection pathogens by metagenomic next-generation sequencing[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 7897. DOI: 10.1038/s41598-023-35215-3.
- [52] Falzone L, Gattuso G, Lombardo C, et al. Droplet digital PCR for the detection and monitoring of legionella pneumophila[J]. *Int J Mol Med*, 2020, 46(5): 1777-1782. DOI: 10.3892/ijmm.2020.4724.
- [53] Cai Y, Fang X, Chen Y, et al. Metagenomic next generation sequencing improves diagnosis of prosthetic joint infection by detecting the presence of bacteria in periprosthetic tissues[J]. *Int J Infect Dis*, 2020, 96: 573-578. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.05.125.
- [54] Huang Z, Li W, Lee GC, et al. Metagenomic next-generation sequencing of synovial fluid demonstrates high accuracy in prosthetic joint infection diagnostics: mNGS for diagnosing PJI[J]. *Bone Joint Res*, 2020, 9(7): 440-449. DOI: 10.1302/2046-3758.97.BJR-2019-0325.R2.
- [55] Huang Z, Zhang C, Li W, et al. Metagenomic next-generation sequencing contribution in identifying prosthetic joint infection due to parvimonas micra: a case report[J]. *J Bone Jt Infect*, 2019, 4(1): 50-55. DOI: 10.7150/jbji.30615.
- [56] Zhang C, Wang C, Chen F, et al. Metagenomic next-generation sequencing technique helps identify cryptococcal infection in the rib: a report of 2 cases and review of the literature[J]. *JBJS Case Connect*, 2019, 9(4): e0367. DOI: 10.2106/JBJS.CC.19.00367.
- [57] 董铮,李文波,白国昌,等. 关节液 16S rRNA 实时逆转录 PCR 在假体周围感染诊断中的应用[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(20): 1312-1318. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2016.20.005.
- [58] Fang XY, Li WB, Zhang CF, et al. Detecting the presence of bacterial DNA and RNA by polymerase chain reaction to diagnose suspected periprosthetic joint infection after antibiotic therapy[J]. *Orthop Surg*, 2018, 10(1): 40-46. DOI: 10.1111/os.12359.
- [59] Hu H, Ding H, Lyu J, et al. Detection of rare microorganisms in bone and joint infections by metagenomic next-generation sequencing[J]. *Bone Joint Res*, 2024, 13(8): 401-410. DOI: 10.1302/2046-3758.138.BJR-2023-0420.R1.
- [60] 蔡渊卿,黄子达,方心俞,等. 膝关节置换术后鸡肠球菌感染 1 例[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2020, 13(7): 589-591. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.07.12.
- [61] Cai YQ, Huang ZD, Fang XY, et al. Periprosthetic knee joint infection cause by *Enterococcus gallinarum*: a case report[J]. *Chin J Bone Joint Surg*, 2020, 13(7): 589-591. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2020.07.12.
- [62] Brozek JL, Akl EA, Jaeschke R, et al. Grading quality of evidence and strength of recommendations in clinical practice guidelines: part 2 of 3. the GRADE approach to grading quality of evidence about diagnostic tests and strategies[J]. *Allergy*, 2009, 64(8): 1109-1116. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2009.02083.x.
- [63] Wu T, Sun R, Zhang M, et al. A new diagnostic method using air perfusion radiography under DSA for gastric stump-pleural fistula: report of five cases[J]. *Thorac Cancer*, 2019, 10(8): 1736-1738. DOI: 10.1111/1759-7714.13132.
- [64] Ahmad SS, Becker R, Chen AF, et al. EKA survey: diagnosis of prosthetic knee joint infection[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(10): 3050-3055. DOI: 10.1007/s00167-016-4303-y.
- [65] Zajonz D, Wuthe L, Tiepolt S, et al. Diagnostic work-up strategy for periprosthetic joint infections after total hip and knee arthroplasty: a 12-year experience on 320 consecutive cases[J]. *Patient Saf Surg*, 2015, 9: 20. DOI: 10.1186/s13037-015-0071-8.
- [66] Springer BD. The diagnosis of periprosthetic joint infection[J]. *J Arthroplasty*, 2015, 30(6): 908-911. DOI: 10.1016/j.arth.2015.03.042.
- [67] Awan O, Chen L, Resnik CS. Imaging evaluation of complications of hip arthroplasty: review of current concepts and imaging findings[J]. *Can Assoc Radiol J*, 2013, 64(4): 306-313. DOI: 10.1016/j.carj.2012.08.003.
- [68] Chang CD, Wu JS. Imaging of musculoskeletal soft tissue infection[J]. *Semin Roentgenol*, 2017, 52(1): 55-62. DOI: 10.1053/j.ro.2016.10.001.
- [69] Blum A, Gondim-Teixeira P, Gabiache E, et al. Developments in imaging methods used in hip arthroplasty: a diagnostic algorithm[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2016, 97(7-8): 735-747. DOI: 10.1016/j.diii.2016.07.001.
- [70] Chen CA, Chen W, Goodman SB, et al. New MR imaging methods for metallic implants in the knee: artifact correction and clinical impact[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2011, 33(5): 1121-1127. DOI: 10.1002/jmri.22534.
- [71] Plodkowski AJ, Hayter CL, Miller TT, et al. Lamellated hyperintense synovitis: potential MR imaging sign of an infected knee arthroplasty[J]. *Radiology*, 2013, 266(1): 256-260. DOI: 10.1148/radiol.12120042.
- [72] Huang C, Chen Y, Ding H, et al. Metal artifact reduction sequences mri: a useful reference for preoperative diagnosis and debridement planning of periprosthetic joint infection[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(15): 4371. DOI: 10.3390/jcm11154371.
- [73] Zhang CF, He L, Fang XY, et al. Debridement, antibiotics, and implant retention for acute periprosthetic joint infection[J]. *Orthop Surg*, 2020, 12(2): 463-470. DOI: 10.1111/os.12641.
- [74] Wouthuyzen-Bakker M, Sebillotte M, Huotari K, et al. Lower success rate of débridement and implant retention in late acute versus early acute periprosthetic joint infection caused by *Staphylococcus spp.* results from a matched cohort study [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2020, 478(6): 1348-1355. DOI: 10.1097/CORR.0000000000001171.
- [75] Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR, et al. Diagnosis and



- management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the infectious diseases society of america[J]. Clin Infect Dis, 2013, 56(1): e1-e25. DOI: 10.1093/cid/cis803.
- [75] Shohat N, Goswami K, Tan TL, et al. Increased failure after irrigation and debridement for acute hematogenous periprosthetic joint infection[J]. J Bone Joint Surg Am, 2019,101(8):696-703. DOI: 10.2106/JBJS.18.00381.
- [76] Wouthuyzen-Bakker M, Sebillotte M, Lomas J, et al. Clinical outcome and risk factors for failure in late acute prosthetic joint infections treated with debridement and implant retention[J]. J Infect, 2019, 78(1): 40-47. DOI: 10.1016/j.jinf.2018.07.014.
- [77] Brivio A, Al-Jabri T, Martin J, et al. Debridement, antibiotics and implant retention (dair) is successful in the management of acutely infected unicompartmental knee arthroplasty: a case series[J]. Ann Med, 2023, 55(1): 680-688. DOI: 10.1080/07853890.2023.2179105.
- [78] Böhler C, Dragana M, Puchner S, et al. Treatment of septic arthritis of the knee: a comparison between arthroscopy and arthrotomy[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016, 24(10):3147-3154. DOI: 10.1007/s00167-015-3659-8.
- [79] Dantas LC, da Silva-Neto JP, Dantas TS, et al. Bacterial adhesion and surface roughness for different clinical techniques for acrylic polymethyl methacrylate[J]. Int J Dent, 2016,2016:8685796. DOI: 10.1155/2016/8685796.
- [80] Kinnari TJ, Esteban J, Zamora N, et al. Effect of surface roughness and sterilization on bacterial adherence to ultra-high molecular weight polyethylene[J]. Clin Microbiol Infect, 2010, 16(7): 1036-1041. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2009.02995.x.
- [81] Taylor RL, Verran J, Lees GC, et al. The influence of substratum topography on bacterial adhesion to polymethyl methacrylate[J]. J Mater Sci Mater Med, 1998, 9(1): 17-22. DOI: 10.1023/a:1008874326324.
- [82] Hauptmann SM, Weber P, Glaser C, et al. Free bone cement fragments after minimally invasive unicompartmental knee arthroplasty: an underappreciated problem[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2008, 16(8): 770-775. DOI: 10.1007/s00167-008-0563-5.
- [83] Goodman SB, Fornasier VL, Kei J. The effects of bulk versus particulate ultra-high-molecular-weight polyethylene on bone[J]. J Arthroplasty, 1988, 3 Suppl: S41-S46. DOI: 10.1016/s0883-5403(88)80007-x.
- [84] Keene GC, Jeer PJ. Cement retrieval in minimally invasive knee surgery: the 90 degrees ball probe[J]. J Arthroplasty, 2005,20(6):798-799. DOI: 10.1016/j.arth.2005.03.043.
- [85] Xu Y, Wang L, Xu W. Risk factors affect success rate of debridement, antibiotics and implant retention (dair) in periprosthetic joint infection[J]. Arthroplasty, 2020, 2(1): 37. DOI: 10.1186/s42836-020-00056-2.
- [86] Shohat N, Goswami K, Tan TL, et al. 2020 frank stinchfield award: identifying who will fail following irrigation and debridement for prosthetic joint infection[J]. Bone Joint J, 2020,102-B(7_Supple_B):11-19. DOI: 10.1302/0301-620X.102B7.BJJ-2019-1628.R1.
- [87] Tornero E, Morata L, Martínez-Pastor JC, et al. Klic-score for predicting early failure in prosthetic joint infections treated with debridement, implant retention and antibiotics[J]. Clin Microbiol Infect, 2015, 21(8): 786. e9-786.e17. DOI: 10.1016/j.cmi.2015.04.012.
- [88] Chalmers BP, Kapadia M, Chiu YF, et al. Accuracy of predictive algorithms in total hip and knee arthroplasty acute periprosthetic joint infections treated with debridement, antibiotics, and implant retention (dair)[J]. J Arthroplasty, 2021, 36(7): 2558-2566. DOI: 10.1016/j.arth.2021.02.039.
- [89] Ashkenazi I, Thomas J, Habibi A, et al. Perioperative demographic and laboratory characteristics of failed debridement, antibiotics, and implant retention: can we determine which patients will fail?[J]. J Arthroplasty, 2024, 39(11):2849-2856. DOI: 10.1016/j.arth.2024.05.065.
- [90] van der Ende B, van Oldenrijk J, Reijman M, et al. Timing of debridement, antibiotics, and implant retention (DAIR) for early post-surgical hip and knee prosthetic joint infection (PJI) does not affect 1-year re-revision rates: data from the Dutch Arthroplasty Register [J]. J Bone Joint Infect, 2021, 6(8): 329-336. DOI: 10.5194/jbji-6-329-2021.
- [91] Chang MJ, Ro DH, Kim TW, et al. Worse outcome of debridement, antibiotics, and implant retention in acute hematogenous infections than in postsurgical infections after total knee arthroplasty: a multicenter study[J]. Knee Surg Relat Res, 2022, 34(1): 38. DOI: 10.1186/s43019-022-00165-z.
- [92] Zhu MF, Kim K, Cavadino A, et al. Success rates of debridement, antibiotics, and implant retention in 230 infected total knee arthroplasties: implications for classification of periprosthetic joint infection[J]. J Arthroplasty, 2021, 36(1): 305-310. e1. DOI: 10.1016/j.arth.2020.07.081.
- [93] Kuiper JW, Vos SJ, Saouti R, et al. Prosthetic joint-associated infections treated with DAIR (debridement, antibiotics, irrigation, and retention): analysis of risk factors and local antibiotic carriers in 91 patients[J]. Acta Orthop, 2013,84(4): 380-386. DOI: 10.3109/17453674.2013.823589.
- [94] Asadollahi S, Hamilton TW, Sabah SA, et al. The outcomes of acute periprosthetic joint infection following unicompartmental knee replacement managed with early debridement, antibiotics, and implant retention[J]. Knee, 2024,47:13-20. DOI: 10.1016/j.knee.2023.12.001.
- [95] Chundamala J, Wright JG. The efficacy and risks of using povidone-iodine irrigation to prevent surgical site infection: an evidence-based review[J]. Can J Surg, 2007, 50(6):473-481.
- [96] Berrios-Torres SJ, Umscheid CA, Bratzler DW, et al. Centers for disease control and prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017[J]. JAMA Surg, 2017,152(8):784-791. DOI: 10.1001/jamasurg.2017.0904.
- [97] Goswami K, Austin MS. Intraoperative povidone-iodine irrigation for infection prevention[J]. Arthroplast Today, 2019,5(3):306-308. DOI: 10.1016/j.artd.2019.04.004.
- [98] Choo KJ, Austin M, Parvizi J. Irrigation and debridement, modular exchange, and implant retention for acute periprosthetic infection after total knee arthroplasty[J]. JBJS Essent Surg Tech, 2019,9(4): e38. DOI: 10.2106/JBJS.ST.19.00019.
- [99] Leaper DJ, Edmiston CE. World health organization: global guidelines for the prevention of surgical site infection[J]. J Hosp Infect, 2017, 95(2): 135-136. DOI: 10.1016/j.jhin.2016.12.016.
- [100] Cichos KH, Andrews RM, Wolschendorf F, et al. Efficacy of intraoperative antiseptic techniques in the prevention of periprosthetic joint infection: superiority of betadine[J]. J Arthroplasty, 2019, 34(7S): S312-S318. DOI: 10.1016/j.arth.2019.02.002.
- [101] Rodeheaver G, Bellamy W, Kody M, et al. Bactericidal activity and toxicity of iodine-containing solutions in wounds[J]. Arch Surg, 1982, 117(2): 181-186. DOI:



- 10.1001/archsurg.1982.01380260051009.
- [102] von Keudell A, Canseco JA, Gomoll AH. Deleterious effects of diluted povidone-iodine on articular cartilage[J]. *J Arthroplasty*, 2013, 28(6): 918-921. DOI: 10.1016/j.arth.2013.02.018.
- [103] Veerman K, Raessens J, Telgt D, et al. Debridement, antibiotics, and implant retention after revision arthroplasty: antibiotic mismatch, timing, and repeated DAIR associated with poor outcome[J]. *Bone Joint J*, 2022, 104-B(4): 464-471. DOI: 10.1302/0301-620X.104B4.BJJ-2021-1264.R1.
- [104] Labrùye C, Zeller V, Lhotellier L, et al. Chronic infection of unicompartmental knee arthroplasty: one-stage conversion to total knee arthroplasty[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(5): 553-557. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.04.006.
- [105] Argenson JN, Arndt M, Babis G, et al. Hip and knee section, treatment, debridement and retention of implant: proceedings of international consensus on orthopedic infections[J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(2S): S399-S419. DOI: 10.1016/j.arth.2018.09.025.
- [106] van den Kieboom J, Tirumala V, Box H, et al. One-stage revision is as effective as two-stage revision for chronic culture-negative periprosthetic joint infection after total hip and knee arthroplasty[J]. *Bone Joint J*, 2021, 103-B(3): 515-521. DOI: 10.1302/0301-620X.103B.BJJ-2020-1480.R2.
- [107] Klemm C, Tirumala V, Oganessian R, et al. Single-stage revision of the infected total knee arthroplasty is associated with improved functional outcomes: a propensity score-matched cohort study[J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36(1): 298-304. DOI: 10.1016/j.arth.2020.07.012.
- [108] Yun AG, Qutami M, Pasko K. Modified two-stage exchange for periprosthetic joint infection in UKA[J]. *Case Rep Orthop*, 2020, 2020: 8860433. DOI: 10.1155/2020/8860433.
- [109] Kocaoğlu H, Hennes F, Abdelaziz H, et al. Survival analysis of one-stage exchange of infected unicompartmental knee arthroplasty: a single-center study with minimum 3 years follow-up[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2023, 33(2): 327-333. DOI: 10.1007/s00590-021-03187-7.
- [110] Wyles CC, Abdel MP. Point/counterpoint: nonarticulating vs articulating spacers for resection arthroplasty of the knee or hip [J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35(3S): S40-S44. DOI: 10.1016/j.arth.2019.10.055.
- [111] Warth LC, Hadley CJ, Grossman EL. Two-stage treatment for total knee arthroplasty infection utilizing an articulating prefabricated antibiotic spacer[J]. *J Arthroplasty*, 2020, 35(3S): S57-S62. DOI: 10.1016/j.arth.2019.10.049.
- [112] Kim KT, Lee S, Kim JH, et al. The survivorship and clinical results of minimally invasive unicompartmental knee arthroplasty at 10-year follow-up[J]. *Clin Orthop Surg*, 2015, 7(2): 199-206. DOI: 10.4055/cios.2015.7.2.199.
- [113] Morris MJ, Molli RG, Berend KR, et al. Mortality and perioperative complications after unicompartmental knee arthroplasty[J]. *Knee*, 2013, 20(3): 218-220. DOI: 10.1016/j.knee.2012.10.019.
- [114] Pandit H, Hamilton TW, Jenkins C, et al. The clinical outcome of minimally invasive phase 3 oxford unicompartmental knee arthroplasty: a 15-year follow-up of 1000 ukas[J]. *Bone Joint J*, 2015, 97-B(11): 1493-1500. DOI: 10.1302/0301-620X.97B11.35634.
- [115] Wynn Jones H, Chan W, Harrison T, et al. Revision of medial oxford unicompartmental knee replacement to a total knee replacement: similar to a primary? [J]. *Knee*, 2012, 19(4): 339-343. DOI: 10.1016/j.knee.2011.03.006.
- [116] Hamilton WG, Ammeen DJ, Hopper RH. Mid-term survivorship of minimally invasive unicompartmental arthroplasty with a fixed-bearing implant: revision rate and mechanisms of failure[J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29(5): 989-992. DOI: 10.1016/j.arth.2013.10.010.
- [117] Cavagnaro L, Chiarlone F, Mosconi L, et al. Two-stage revision for periprosthetic joint infection in unicompartmental knee arthroplasty: clinical and radiological results[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, 142(8): 2031-2038. DOI: 10.1007/s00402-022-04464-8.
- [118] Flierl MA, Culp BM, Okroj KT, et al. Poor outcomes of irrigation and debridement in acute periprosthetic joint infection with antibiotic-impregnated calcium sulfate beads[J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(8): 2505-2507. DOI: 10.1016/j.arth.2017.03.051.
- [119] Saginur R, Stdenis M, Ferris W, et al. Multiple combination bactericidal testing of staphylococcal biofilms from implant-associated infections[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2006, 50(1): 55-61. DOI: 10.1128/AAC.50.1.55-61.2006.
- [120] Tsukayama DT, Estrada R, Gustilo RB. Infection after total hip arthroplasty. A study of the treatment of one hundred and six infections[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78(4): 512-523. DOI: 10.2106/00004623-199604000-00005.
- [121] Geurts JA, Janssen DM, Kessels AG, et al. Good results in postoperative and hematogenous deep infections of 89 stable total hip and knee replacements with retention of prosthesis and local antibiotics[J]. *Acta Orthop*, 2013, 84(6): 509-516. DOI: 10.3109/17453674.2013.858288.
- [122] Edelstein AI, Weiner JA, Cook RW, et al. Intra-articular vancomycin powder eliminates methicillin-resistant *S. aureus* in a rat model of a contaminated intra-articular implant [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(3): 232-238. DOI: 10.2106/JBJS.16.00127.
- [123] Johnson JD, Nessler JM, Horazdovsky RD, et al. Serum and wound vancomycin levels after intrawound administration in primary total joint arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2017, 32(3): 924-928. DOI: 10.1016/j.arth.2015.10.015.
- [124] Roy ME, Peppers MP, Whiteside LA, et al. Vancomycin concentration in synovial fluid: direct injection into the knee vs. intravenous infusion [J]. *J Arthroplasty*, 2014, 29(3): 564-568. DOI: 10.1016/j.arth.2013.08.017.
- [125] Riesgo AM, Park BK, Herrero CP, et al. Vancomycin povidone-iodine protocol improves survivorship of periprosthetic joint infection treated with irrigation and debridement[J]. *J Arthroplasty*, 2018, 33(3): 847-850. DOI: 10.1016/j.arth.2017.10.044.
- [126] Tsumura H, Ikeda S, Ono T, et al. Synovectomy, debridement, and continuous irrigation for infected total knee arthroplasty[J]. *Int Orthop*, 2005, 29(2): 113-116. DOI: 10.1007/s00264-004-0626-2.
- [127] Fukagawa S, Matsuda S, Miura H, et al. High-dose antibiotic infusion for infected knee prosthesis without implant removal[J]. *J Orthop Sci*, 2010, 15(4): 470-476. DOI: 10.1007/s00776-010-1487-8.
- [128] Mu W, Xu B, Guo W, et al. Outcome of irrigation and debridement with topical antibiotics delivery for the management of periprosthetic joint infection occurring within 3 months since the primary total joint arthroplasty[J]. *J Arthroplasty*, 2021, 36(5): 1765-1771. DOI: 10.1016/j.arth.2020.11.033.
- [129] 董国华, 刘玉龙, 梁明, 等. 局部高药物浓度抗生素治疗固定平台单髁置换术后 MRSA 感染 1 例并文献复习 [J]. *实用骨科杂志*, 2024, 30(3): 277-280. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2024.03.006.

