·指南与共识·

实体器官移植供者来源性感染临床诊疗指南（2026 版）

中华医学会器官移植学分会　中华医学会感染病学分会　中华医学会细菌感染与耐药防治分会

通信作者：张雷，复旦大学附属华山医院泌尿外科，上海 200040，Email：zhang_lei@fudan. edu. cn；孙煦勇，广西医科大学第二附属医院器官移植科，南宁 530007，Email：sxywn@sohu. com；郑建铭，复旦大学附属华山医院感染科，上海 200040，Email：zhengjianming@fudan. edu. cn；杨家印，四川大学华西医院器官移植中心，成都 610041，Email：doctoryjy@scu. edu. cn；徐溯，复旦大学附属华山医院抗生素研究所，上海 200040，Email：xusu_hs@fudan. edu. cn

【摘要】 供者来源性感染（donor-derived infection，DDI）是影响实体器官移植安全的重要风险。为提高我国实体器官移植DDI的识别和处置水平，中华医学会相关分会开展全国多中心、涵盖多器官类型的DDI流行病学调查，并面向大型移植中心征集临床实践中亟待解决的问题，梳理影响诊疗决策的关键难点。在既往指南和共识基础上，本指南进一步强调潜伏感染在DDI管理中的意义，将乙型肝炎病毒、丙型肝炎病毒、巨细胞病毒、EB病毒和结核分枝杆菌等病原体纳入重点评估范围。指南首次提出DDI三级风险分层，形成覆盖捐献前、中、后的风险评估及处置流程图，为供者筛查、器官利用、受者预防和术后管理提供依据，力求在保障移植受者安全与减少器官弃用之间取得平衡。指南旨在推动供者来源性感染管理更加规范、前移和精准，降低感染相关不良结局风险，保障实体器官移植受者的安全。

【关键词】 器官移植；实体器官移植；供者来源性感染；风险评估；多重耐药菌；潜伏性病原体

基金项目：国家重点研发计划项目（2023YFC2505900、2023YFC2308800、2023YFC2308802）；国家科技重大专项（2023ZD0502400）

实践指南注册：国际实践指南注册与透明化平台（PREPARE-2026CN220）

DOI：10. 3760/cma. j. cn421203-20260731-00153

Clinical diagnosis and treatment guidelines for donor-derived infections in solid organ transplantation（2026 edition）

Branch of Organ Transplantation, Chinese Medical Association; Chinese Society of Infectious Diseases, Chinese Medical Association; Branch for Bacterial Infection and Antimicrobial-Resistance Prevention and Control, Chinese Medical Association

Corresponding author: Zhang Lei, Department of Urology, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China, Email: zhang_lei@fudan. edu. cn; Sun Xuyong, Department of Organ Transplantation, the Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530007, China, Email: sxywn@sohu. com; Zheng Jianming, Department of Infectious Diseases, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China, Email: zhengjianming@fudan. edu. cn; Yang Jiayin, Liver Transplantation Center, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China, Email: doctoryjy@scu. edu. cn; Xu Su, Institute of Antibiotics, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China. Email: xusu_hs@fudan. edu. cn

【Abstract】 Donor-derived infection (DDI) poses an important risk to the safety of solid organ transplantation. To improve the identification and management of DDI in China, relevant societies of the Chinese Medical Association conducted a nationwide, multicenter epidemiological survey of DDI covering multiple organ types. They also solicited pressing clinical questions from major transplant centers and identified key challenges affecting diagnostic and therapeutic decision-making. Building on previous guidelines and consensus statements, this guideline further emphasizes the significance of latent infections in DDI management and includes hepatitis B virus, hepatitis C virus, cytomegalovirus, Epstein

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

-Barr virus (EBV), and *Mycobacterium tuberculosis* among the pathogens requiring focused evaluation. For the first time, the guideline proposes a three-tier risk stratification system for DDI and establishes risk assessment and management flowcharts covering the periods before, during, and after donation. These tools provide guidance for donor screening, organ utilization, recipient prophylaxis, and postoperative management, with the aim of achieving a balance between ensuring recipient safety and reducing organ discard. Overall, the guideline is intended to promote more standardized, proactive, and precise DDI management, reduce the risk of infection-related adverse outcomes, and safeguard solid organ transplant recipients.

【Key words】 Organ transplantation; Solid organ transplantation; Donor-derived infection; Risk assessment; Multidrug-resistant bacteria; Latent infection

Fund programs: National Key Research and Development Program of China (2023YFC2505900, 2023YFC2308800, 2023YFC2308802); National Science and Technology Major Project (2023ZD0502400)

Practice guideline registration: International Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2026CN220)

DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20260731-00153

实体器官移植是终末期器官功能衰竭患者有效的治疗手段。随着我国器官捐献与移植体系的不断完善,遗体器官捐献数量逐年增加,移植受者的生存获益显著提高。然而,在器官供需矛盾突出的背景下,如何在扩大供器官来源的同时保障受者安全,已成为当前移植医学面临的核心问题之一。供者来源性感染(donor-derived infection,DDI)是指器官移植过程中,供者体内已存在但未被及时识别或充分控制的病原体,经移植物传播至受者并引发感染的一类并发症[1]。据本指南制定前开展的多中心现况调研,实体器官移植相关DDI总体发生率约为12.0%,且一旦发生,常起病隐匿、进展迅速,可导致移植物失功甚至受者死亡,对移植结局产生严重不良影响[2]。《人体器官捐献和移植条例》(https://www.gov.cn/zhengce/content/202312/content_6920195.htm)第三十一条明确规定,医疗机构及其医务人员获取、移植人体器官,应当对人体器官捐献人和获取的人体器官进行医学检查,对接受人接受人体器官移植的风险进行评估,并采取措施降低风险。

既往我国已发布《器官移植供者来源性感染诊疗技术规范(2019版)》[3]及《中国肾脏移植供者来源性感染临床诊疗指南(2023版)》[4],对相关内容进行了系统阐述。在此基础上,本指南结合国内临床实践特点及国内外最新研究进展进行补充与更新,对既有指南已重点论述的内容不再赘述,旨在进一步完善供者评估与感染防控体系,优化临床决策路径,降低DDI风险,提升移植整体安全性。

一、指南制定过程和方法学

(一)指南制订过程

本指南由中华医学会器官移植学分会、中华医学会感染病学分会和中华医学会细菌感染与耐药防治分会发起并组织更新。指南制定工作组于2025年11月成立,下设指导委员会、专家组、方法学组和秘书组。指导委员会由肝、肾、心、肺、胰腺等器官移植,以及感染、检验、抗菌药物等领域专家组成,负责确定指南范围与关键问题。通过回顾既往指南、专家调研及多学科协作讨论,工作组凝练出实体器官移植DDI在器官获取前、器官获取、移植手术及移植术后诊疗等环节的关键临床问题。方法学组系统检索、筛选和评价截至2026年3月1日的相关证据。最终,指南专家组基于系统证据总结,并依据牛津循证医学中心证据分级体系对证据质量进行评估,同时权衡干预措施的获益与风险、临床可行性及专家经验,通过德尔菲法投票,达成推荐意见共识;所有推荐意见均获得超过80%的专家同意。秘书组负责全文撰写,并经指南专家组反复讨论后定稿。

(二)指南检索策略

检索PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网、万方数据知识服务平台、维普中文期刊服务平台及中华医学期刊全文数据库等中英文数据库。检索时间截至2026年3月1日,中英文检索词包括“实体器官移植(solid organ transplantation)”“供者来源性感染(donor-derived infection)”等。由2名专家独立筛选文献,优先纳入随机对照试验(randomized controlled trial,RCT)、系统评价和Meta分析、前瞻性队列研究、专家共识及指南等,排除结论可靠性较低或与临床问题不相关的文献。

(三)证据等级评定标准和推荐强度

本指南按照牛津循证医学中心2011年版证据分级体系对证据等级和推荐意见强度进行分级(https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/ocebm-levels-of-evidence,表1、2)。

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

表 1　牛津循证医学中心证据等级（2011 年版）

问题类别	证据等级 1	证据等级 2	证据等级 3	证据等级 4	证据等级 5
治疗获益	RCT 的系统评价，或单病例 RCT（n-of-1 RCT）	单个 RCT，或观察性研究显示特别显著疗效	非随机对照队列研究或随访研究	病例系列、病例对照研究或历史对照研究	基于机制的推理
危害	RCT 的系统评价、巢式病例对照研究的系统评价，或 n-of-1RCT	单个 RCT，或观察性研究显示特别显著危害	非随机对照队列研究或随访研究	病例系列、病例对照研究或历史对照研究	基于机制的推理
诊断	纳入同质性横断面研究并一致采用参考标准的系统评价	单个横断面研究，并一致采用参考标准	非连续病例研究，或研究未能一致采用参考标准	病例对照研究，或质量较低/非独立的参考标准研究	基于机制的推理
预后	起始队列研究的系统评价	单个起始队列研究	队列研究或 RCT 对照组资料	病例系列、病例对照研究或质量较低的预后队列研究	基于机制的推理
患病率	当地且现时的随机样本调查，或此类调查的系统评价	当地且现时的非随机样本调查	非当地样本调查	病例系列	基于机制的推理
疾病筛查	RCT 的系统评价	单个 RCT	非随机对照队列研究或随访研究	病例系列、病例对照研究或历史对照研究	基于机制的推理

注：RCT 为随机对照试验。

表 2　牛津循证医学中心证据推荐强度

推荐强度	证据基础
A	直接基于证据等级 1 的研究，且研究结果一致
B	直接基于证据等级 2 或 3 的研究，或由证据等级 1 研究外推而来
C	直接基于证据等级 4 的研究，或由证据等级 2 或 3 研究外推而来
D	直接基于证据等级 5 的证据，或任何等级证据结果不一致/不确定

（四）推荐意见的形成过程

首先，由秘书组收集临床实践中的关键问题，结合指南专家组的反馈意见，经多轮线上问卷调查和现场讨论形成初步临床问题清单；指南专家组采用德尔菲法进行评议并投票，最终形成 15 个临床问题。然后，召开线下及线上共识会议，会上呈现证据总结，指南专家组并就每项推荐意见的强度、适用人群及临床可行性进行充分讨论。最后，所有指南专家组成员对每项推荐意见匿名投票，同意率超过 80％的条目直接形成共识；同意率为 60％～80％的条目经修改和再次讨论后重新投票；低于 60％的条目予以删除或作为未来的研究议题。

（五）指南使用者与应用目标人群

本指南供实体器官移植、器官获取组织、感染科及相关专业人员使用。指南推荐意见的应用目标人群为实体器官移植供者和受者。

（六）指南的传播与更新

本指南工作组将持续关注最新研究证据的产生、推荐意见的适用情况等方面内容，计划在 5 年内按照国际指南更新要求的方法对推荐意见进行更新。为提高推荐意见在临床实践中的可操作性，在上述指南制定方法学基础上，本指南进一步将 DDI 的风险评估要素、筛查策略及干预原则进行整合，形成标准化的风险评估及处理流程（图 1）。该流程以循证医学证据为基础，结合多学科专家共识，强调在器官获取及移植决策的时间窗口内进行快速、系统的风险分层，并据此指导临床处置策略的制定。

二、DDI 的定义、流行病学及重点病原体

临床问题 1：本指南中 DDI 的涵盖范围是什么？

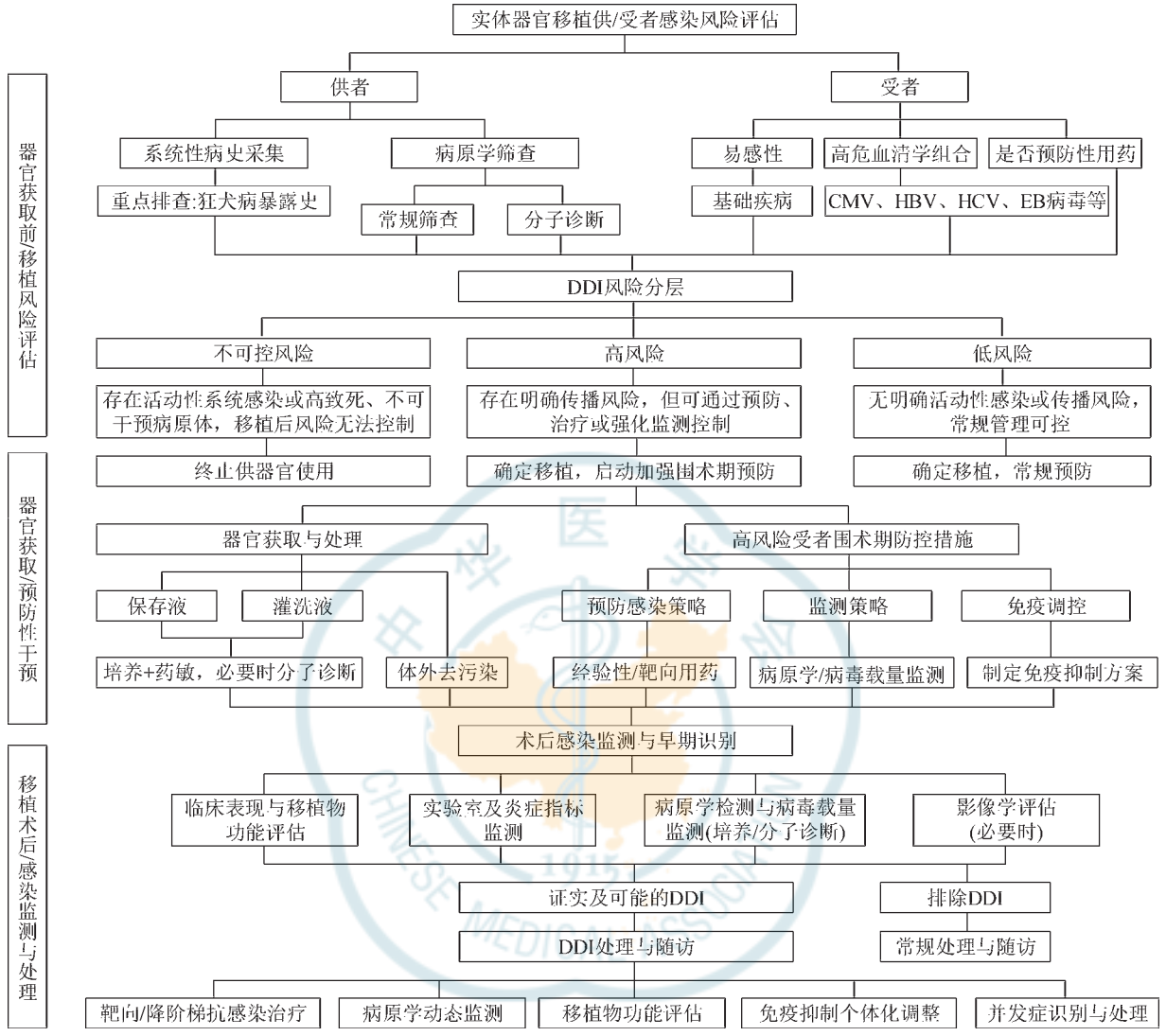
推荐意见 1：本指南所述的 DDI，既包括可危及受者生命和移植物存活的围手术期感染，也包括在受者免疫抑制状态下再激活、影响移植远期预后的潜伏性病原体感染（推荐强度 D，证据等级 5）。

推荐说明：

本指南中，DDI 是指器官移植过程中，供者体内已存在但未被及时识别或充分控制的感染性病原体，经移植物传播至一个或多个受者并引发感染的临床事件。中华医学会器官移植学分会发布的《器官移植供者来源性感染诊疗技术规范（2019 版）》[3] 将 DDI 定义为：器官捐献后，捐献者体内存在的病原体通过器官移植过程使受者罹患感染。美国移植学会（American Society of Transplantation，AST）传染病实践指南指出，DDI 可分为“预期传播”和“非预期传播”：前者指供者在捐献时已知存在感染证据，如血清学、核酸检测或培养结果阳性；后者指供者捐献时未被识别为感染状态，但移植后一个或多个受者发生来源于同一供者的感染[2]。

实体器官移植相关 DDI 的临床风险主要体现在以下两个方面。第一，围手术期发生的急性 DDI，主要由细菌和真菌引起。第二，供者携带的潜伏性病原体，包括但不限于乙型肝炎病毒（hepatitis B vi-

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究



注:DDI为供者来源性感染;CMV为巨细胞病毒;HBV为乙型肝炎病毒;HCV为丙型肝炎病毒。

图1 实体器官移植供者来源性感染风险评估及处理流程图

rus,HBV)、丙型肝炎病毒(hepatitis C virus,HCV)、巨细胞病毒(cytomegalovirus,CMV)、EB病毒及结核分枝杆菌等。尽管这两类DDI在发生时间、临床表现、诊疗重点及防控策略等方面存在明显差异,但均与供者存在的感染或病原体携带状态相关,且可对实体器官移植受者的安全与移植长期疗效产生重要影响。因此,本指南将其一并纳入统一的DDI管理框架,以实现对实体器官移植DDI的系统评估、分层管理与全流程防控。需要说明的是,部分与供者携带的潜伏性病原体相关的感染事件,在临床实践中未必能够严格符合传统DDI的诊断标准。例如,供者与受者病原体缺乏同源性证据,受者在移植后出现感染临床表现较晚,或难以完全排除受者既往感染再激活及社区或医院获得性感染。但鉴于此类病原体具有明确的移植传播或免疫抑制后再激活风险,本指南仍将其纳入讨论范围。

临床问题2:目前中国DDI的流行病学现状是什么?

推荐意见2:我国实体器官移植DDI的总体发生率约为12%,不同移植器官类型存在明显差异,耐药革兰阴性菌为主要病原体类型。建议各移植中心基于器官特异性流行病学特征,加强供者感染风险评估与耐药菌防控策略的制定(推荐强度B,证据等级3)。

推荐说明:

目前我国关于实体器官移植DDI的流行病学研究仍较为有限。既往研究多为单中心回顾性观察性研究或病例系列分析,研究内容多集中于供者感染筛查、器官保存液和(或)供者标本的病原学特征以及DDI相关危险因素[5-7]。

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

为了系统评估我国实体器官移植DDI的发生情况，指南制订前期，中华医学会器官移植学分会感染学组开展了国内多中心回顾性调查。本次调查纳入2023年1月1日至2025年12月1日期间开展的遗体捐献器官移植，向全国开展遗体器官捐献移植并同意参与本次调查的18家实体器官移植中心发放调查表，最终纳入9家中心提交的、经完整性核查后可用于分析的数据。参与单位覆盖我国华东、华南、华北及西南等多个地区，区域代表性较好。本次调查涵盖肾、肝、肺及心脏移植等主要实体器官类型，总遗体捐献移植例为5 278例。调查显示，我国实体器官移植中心普遍建立了供者微生物学筛查体系。传统培养仍为核心检测手段，器官保存液和灌洗液培养为常见送检项目。7家中心已开展二代测序（next-generation sequencing，NGS）检测，但应用程度存在差异。各中心对供者HBV血清学筛查的项目和实施策略较为一致，但对供者潜伏性结核感染及弓形虫感染的筛查，在检测项目和检测方法方面尚未形成统一方案。整体来看，我国供者感染监测体系已具备较为规范的基础，但在标本选择及检测技术应用方面仍存在一定差异。需要说明的是，现有数据主要来源于本指南制定前期的多中心现况调研，各中心资料在病例检索、器官类型归类和单例信息完整性方面存在差异，需谨慎考虑作为流行病学研究结果进行外推。

本次调研结果显示，我国实体器官移植DDI总体发生率约为12%，提示DDI仍是实体器官移植过程中需要重点关注的感染风险之一。不同移植器官类型在DDI的发生情况及病原体构成方面可能存在一定差异：(1)肝移植相关DDI以肠杆菌目细菌、肠球菌等较为常见，部分受者可合并真菌感染；(2)肾移植相关DDI以革兰阴性菌为主，产超广谱β-内酰胺酶肠杆菌目细菌及碳青霉烯耐药菌较为常见；(3)肺移植相关DDI主要与革兰阴性非发酵菌和肠杆菌目细菌有关，临床应重点关注耐药革兰阴性菌相关风险；(4)心脏移植相关DDI发生相对少见，与国际文献报道中心脏移植相关DDI发生率较低的特点一致。DDI相关的严重不良事件发生率不足1%，主要包括围手术期死亡、移植物切除、原发性移植物无功能或移植物失功，以及因感染导致的非计划二次移植等。

从病原体构成看，不同器官类型的移植中心呈现不同特点。肺移植中心报告的57株病原体中，鲍曼不动杆菌21株（36.8%）、肺炎克雷伯菌18株（31.6%）、金黄色葡萄球菌5株（8.8%）和铜绿假单胞菌2株（3.5%）较为常见。3家肝移植中心共报告101株病原体，其中肺炎克雷伯菌25株（24.8%）、屎肠球菌25株（24.8%）、鲍曼不动杆菌10株（9.9%）和白色念珠菌8株（7.9%）较为常见。肾移植中心供肾保存液和灌洗液共检出375株病原体，肺炎克雷伯菌102株（27.2%）、金黄色葡萄球菌95株（25.3%）、嗜麦芽窄食单胞菌42株（11.2%）、铜绿假单胞菌37株（9.7%）、鲍曼不动杆菌28株（7.5%）和大肠埃希菌15株（4.0%）较为常见。部分中心还根据NGS检测结果报告了JC多瘤病毒、人疱疹病毒、HBV、EB病毒和CMV等病毒。值得关注的是，多家中心报告了碳青霉烯耐药肠杆菌目细菌、产超广谱β-内酰胺酶肠杆菌目细菌及多重耐药非发酵菌等耐药表型，提示DDI的风险评估、供者筛查及围手术期经验性抗感染策略应充分考虑当地耐药流行趋势，以提高DDI的早期识别与防控水平。

临床问题3：实体器官移植受者DDI应重点关注哪些病原体？

推荐意见3：实体器官移植DDI应重点关注多重耐药细菌和侵袭性真菌等围手术期高危病原体，同时重视HBV、HCV、CMV、EB病毒及结核分枝杆菌等可经移植传播的潜伏性病原体，并结合不同器官移植种类进行针对性评估（推荐强度B，证据等级2）。

推荐说明：

实体器官移植DDI中常见且危害较大的急性感染病原体主要包括多重耐药细菌和侵袭性真菌。其中，多重耐药革兰阴性菌以及耐药革兰阳性菌是导致围手术期严重DDI、移植物丢失和受者死亡的重要原因[2-3,5]。侵袭性真菌感染常累及血管吻合口或移植物本身，病死率高，临床危害显著，主要包括念珠菌属真菌、曲霉、毛霉和新型隐球菌等[3]。国内对DDI防治的综述强调对潜伏病原体需提高警惕[8]，AST传染病实践指南亦将DDI作为独立主题进行系统化规范，提示临床管理不应局限于急性感染病原体，更要覆盖可经移植传播与潜伏再激活的感染谱[2]。

《美国公共卫生服务指南（2020年）》建议对所有实体器官供者进行HBV和HCV检测，并对接受具有感染风险或感染状态供者器官的受者实施移植后病毒学监测，以及时识别供者来源的病毒传播[9]。一项纳入2 913例既往HBV感染的非肝脏实体器官移植受者的系统评价和Meta分析显示，HBV再激活率为2.5%（76/2 913）；在发生再激活的受者中，

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

HBV 相关肝衰竭和 HBV 相关死亡的比例均为 11.0%(7/52)[10]。该结果提示,尽管 HBV 再激活总体发生率较低,但一旦发生可导致严重不良结局。一项基于美国器官移植登记数据、纳入 68 087 例接受遗体供肾移植的 HCV 阴性受者的回顾性队列研究发现,与 HCV 抗体和 RNA 检测结果均为阴性供者肾脏相比,HCV 抗体阳性、核酸检测阴性供者肾脏及 HCV RNA 检测阳性供者肾脏均未增加受者移植后 3 年移植物失功风险[11]。上述结果表明,在直接抗病毒药物(direct-acting antiviral, DAA)可及的前提下,HCV RNA 检测阳性供者器官可在充分知情同意和规范监测条件下用于 HCV 阴性受者,故临床管理应重点关注移植后 DAA 治疗的启动时机、HCV RNA 动态监测及移植物功能随访。

CMV、EB 病毒等潜伏病毒在供者阳性/受者阴性(D+/R−)组合下,受者移植后发生相关感染的风险较高,应重点关注。国际共识指南指出,对 CMV 高风险受者实施预防或抢先治疗可降低 CMV 病的发生风险,通过减少 CMV 相关间接效应,可能降低机会性感染和不良移植结局的风险[12]。2019 年一项纳入 38 例实体器官移植受者的研究发现,CMV 感染期间,受者外周血单个核细胞对细菌、真菌和病毒 Toll 样受体配体的细胞因子反应减弱,且该现象与 CMV 病毒载量、临床表现及免疫抑制强度无关,为 CMV 感染增加继发细菌、真菌和病毒感染易感性的间接效应提供了体外证据[13]。研究显示,EB 病毒病原学 D+/R− 的肾移植受者发生移植后淋巴增殖性疾病(post-transplant lymphoproliferative disorder, PTLD)的风险升高,发生率可达 5%～20%;一旦发生 PTLD,可能导致移植物失功及不良预后[14-15]。

人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)亦属于需在 DDI 管理中重点关注的潜伏性病毒感染。AST 传染病实践指南将 HIV 纳入 DDI 长期监测与报告体系,并强调应将其作为与 HBV、HCV 同等级别的潜伏性病原体加以管理[2]。根据我国现行临床实践和相关技术规范,供者 HIV 感染仍属于实体器官移植的绝对禁忌证[3]。

关于供者结核分枝杆菌感染,国际供者结核共识会议报告建议在供者评估中结合流行病学风险、临床表现及相关检测结果进行筛查和管理,并指出结核分枝杆菌可经供者器官发生移植传播[16]。AST 传染病实践指南强调应在移植前后对潜伏性结核感染进行系统筛查和管理,以降低受者在免疫抑制状态下发生结核再激活和活动性结核病的风险[17]。一项病例报告显示,3 例受者接受同一供者器官移植后 6 周内相继发生供者来源结核感染[18]。该事件提示,供者来源结核传播虽较少见,但可造成聚集性严重感染,并可能影响移植结局。

此外,不同实体器官移植种类在病原体携带方式及移植后感染易感性等方面存在差异,应在重点关注通用重点病原体的基础上,结合器官特点进行针对性评估。具体器官特异性病原体讨论请参考临床问题 9。

三、供者与受者 DDI 风险评估及筛查策略

临床问题 4:DDI 供者相关危险因素有哪些?

推荐意见 4:供者相关 DDI 风险评估应重点关注供者感染相关病史、ICU 治疗及侵袭性操作情况、多重耐药菌和真菌的感染状态,并结合捐献单位检测条件和时间窗口筛查 HBV、HCV、CMV、EB 病毒及结核分枝杆菌等潜伏性病原体(推荐强度 B,证据等级 2)。

推荐说明:

供者在 ICU 接受治疗期间发生医院获得性感染或存在多重耐药菌定植或感染,是导致细菌性 DDI 的重要危险因素[19]。此外,由于 ICU 内耐药菌流行及交叉传播风险高,供者所在 ICU 的耐药菌流行谱、感染防控措施执行情况等,应作为供者感染风险评估的重要背景信息加以综合考虑。研究表明,具有地方性或隐匿性真菌感染暴露史的供者,其供器官导致受者 DDI 的风险明显增加[20-21]。因此,系统询问供者既往旅居史及职业暴露史,对降低受者真菌性 DDI 风险具有重要意义。

本指南将与供者携带的潜伏性、隐匿性或慢性感染相关的移植传播和免疫抑制后再激活风险,纳入重点评估与管理范围。对供者应常规开展 HBV、HCV、CMV、EB 病毒血清学筛查,并在高风险情形下结合核酸检测以降低窗口期漏检风险[19,22-23]。对于结核分枝杆菌感染,目前尚无可靠的血清学检测手段[16]。γ-干扰素释放试验(interferon-γ release assay, IGRA)和结核菌素皮肤试验(tuberculin skin test, TST)可用于检测结核分枝杆菌感染,但均不能区分活动性与潜伏性结核感染,且在免疫功能受损和重症供者中可能出现假阴性结果[24]。因此,结核相关检测结果需结合供者既往结核病史、接触史、旅居史及胸部影像学表现综合解读,必要时行病原学检查以排除活动性结核。上述病原体应在供者评估阶段即纳入风险分层。

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

临床问题 5：如何对潜在供者进行 DDI 感染风险筛查？

推荐意见 5：潜在供者 DDI 风险筛查应在系统临床评估基础上，结合多部位病原学检测结果（重点关注临床问题 3 提及的病原体），综合判断供者感染风险（推荐强度 A，证据等级 1）。

推荐说明：

《中国肾脏移植供者来源性感染临床诊疗指南（2023 版）》[4]建议将潜在供者病史资料、生理指标及体征、影像学检查、病原学检测以及供者所在 ICU 病原菌监测报告纳入器官获取前感染风险评估。本指南在此基础上，结合系统临床评估和多部位病原学检测结果，对潜在供者进行 DDI 风险评估[23,25-26]。

在上述基础上，本指南进一步强调潜伏性病原体的系统筛查在供者评估中的重要性。对供者应常规开展 HBV、HCV、CMV、EB 病毒等病毒血清学检测，并在高风险情境下联合核酸检测，以降低窗口期漏检风险。结核分枝杆菌感染的筛查在供者评估中面临特殊挑战：供者往往缺乏特异性临床表现，而移植后受者处于免疫抑制状态，感染可导致严重甚至致命后果。现有国际共识明确指出，供者活动性结核属于实体器官捐献的禁忌证[16,27]。

与活动性结核不同，潜伏结核感染（latent tuberculosis infection，LTBI）在供者评估中更具隐匿性和复杂性。国内外指南建议结合供者的流行病学史、既往结核病史、密切接触史、胸部影像学表现及相关检测结果，对 LTBI 风险进行综合评估[28-29]。IGRA 和 TST 均可用于结核感染筛查，其中 IGRA 在既往接种卡介苗或免疫功能受损人群中具有一定特异性优势[28]。

需要强调的是，IGRA 或 TST 结果阳性仅提示存在结核分枝杆菌感染，不能区分活动性结核与 LTBI，即使 IGRA 和（或）TST 结果为阴性，亦不能完全排除结核感染的可能，应结合供者整体临床背景谨慎解读[28-30]。

此外，本指南强调快速筛查和分子诊断技术在潜在供者 DDI 风险评估中的辅助价值。在器官获取时间窗口有限的情况下，基于核酸扩增技术的病原学检测可在一定程度上缩短检测时间，提高对 HBV、HCV、HIV 等病原体的检出效率，为供者风险分层和受者围手术期防控策略的制定提供参考。对于供者感染风险较高、病原体难以明确、常规检测结果阴性或疑似特殊病原体感染的情形，应积极选择分子诊断技术，并在必要时将其作为优先的检测手段。需要说明的是，分子诊断结果仍应结合供者临床资料、常规培养结果、靶向检测结果进行综合判断，以减少污染或背景微生物导致的结果误读。分子诊断技术的具体细则请参考临床问题 8。

临床问题 6：如何评估与决策狂犬病风险？

推荐意见 6：对疑似存在狂犬病或在器官获取决策时间窗内不能合理排除狂犬病风险的供者，不建议使用其器官（推荐强度 C，证据等级 4）。

推荐意见 7：对不能完全排除狂犬病潜在风险的供者，建议进行多标本联合实验室检测，标本类型包括唾液、颈后皮肤活检、血清及脑脊液等，并结合核酸检测及抗体检测方法综合判断，以提高诊断敏感性（推荐强度 C，证据等级 4）。

推荐意见 8：对移植后回溯发现供者狂犬病风险的情形，应立即启动受者及相关暴露人员的应急风险处置与预防措施，包括及时接种疫苗与注射抗体（推荐强度 C，证据等级 4）。

推荐说明：

狂犬病是一种几乎 100% 致死的人兽共患病毒性疾病，目前尚缺乏有效治疗手段，通过移植传播后可能造成聚集性、灾难性结局。国际移植感染领域普遍将其视为需要在供者评估阶段优先识别的“红线”病原体。对于不明原因脑炎或脑病供者，如在器官获取决策时间窗内无法合理排除狂犬病风险，应采取最保守策略处理，不建议进入器官使用流程。我国人狂犬病总体发病率虽呈下降趋势，但散发病例仍持续存在，提示在供者评估阶段仍需保持高度警惕[31]。

狂犬病在供者中常表现为不明原因脑炎或脑病，且犬、猫、蝙蝠及其他哺乳动物暴露史易被遗漏，可能增加供者来源狂犬病传播的识别难度；一旦发生传播，受者可出现严重甚至致命的神经系统感染。多项研究表明狂犬病可通过器官移植传播：2004 年美国报告的一例供者来源狂犬病传播事件中，接受同一供者器官的 4 例受者均发生致死性狂犬病[32]。2025 年，美国疾病控制与预防中心（Centers for Disease Control and Prevention，CDC）报告 1 例接受未诊断狂犬病供者器官的受者在移植后发生狂犬病并死亡；供者肾脏存档标本中检出狂犬病病毒 RNA，证实该病例为供者来源传播[33]。我国亦已有多起供者来源狂犬病病例报道，部分供者在移植前表现为不明原因脑炎或脑病，未能及时确诊狂犬病，移植后数周至数月内多名受者相继发病并死亡[34-35]。

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

狂犬病的实验室诊断具有一定复杂性。人狂犬病生前实验室诊断不能依赖单一标本或单一检测方法，而应联合多种标本与检测手段，诊断方法主要包括核酸检测、抗原检测及中和抗体检测。狂犬病病毒扩散至唾液、颈后皮肤等外周组织后，生前实验室检测更易获得阳性结果，因此其检测敏感性受疾病阶段影响。一项基于1990—2024年美国CDC监测数据的研究显示，同时检测唾液、颈后皮肤活检、血清和脑脊液等多种标本时，生前诊断的综合敏感性可达100%，而仅检测部分标本时敏感性明显下降[36]。需要说明的是，该研究是基于症状出现后的时间评估不同标本的诊断性能。结果显示，在症状出现后1周内（疾病早期），唾液和颈后皮肤标本中病毒检出率较高，首周阳性率分别约为92%和91%；随着疾病进展，病毒检出率逐渐下降；而在症状出现后第3周及以后（疾病后期），血清和脑脊液中抗体检出率明显升高，其中血清中抗体检出率超过79%，脑脊液抗体检出率在第3周约为53%、第4周约为79%。

近年来，核酸检测技术已逐渐成为狂犬病生前诊断的重要手段。反转录PCR可在唾液、脑脊液及皮肤等标本中检测狂犬病病毒RNA，已被纳入国际诊断实践[37]。多项国际性研究表明，宏基因组学第二代测序（metagenomic next-generation sequencing，mNGS）等高通量检测技术无须预设检测靶标，可在脑脊液等标本中同时识别细菌、病毒、真菌和寄生虫等多类病原体[38-40]。对于供者存在不明原因脑炎/脑病、常规检测不能迅速明确病因，以及需快速排查罕见神经嗜性病原体时，建议在常规病原学检测及公共卫生风险评估基础上，优先将mNGS作为一线辅助检测手段。

在极少数情况下，供者狂犬病风险可能在器官移植完成后才被确认。一旦发现，应立即开展公共卫生风险评估，并按相关规定进行报告、流行病学调查和处置，对移植受者及相关暴露人员实施狂犬病暴露后预防措施。对于实体器官移植受者等免疫抑制人群，通常建议注射疫苗并监测中和抗体水平。鉴于狂犬病一旦出现临床症状，病死率几乎为100%，任何疑似供者来源暴露情形均应按照《狂犬病暴露预防处置工作规范（2023）》（https://www.ndcpa.gov.cn/jbkzzx/c100081/common/content/content_1715172596229992448.html）进行处理，并在移植团队、感染病学专家及公共卫生机构多学科协作下持续随访与监测。

临床问题7：DDI受者相关危险因素有哪些？

推荐意见9：DDI受者风险评估应重点关注供受者D+/R−病原学组合、免疫抑制高暴露状态以及缺乏针对性预防用药情况，并结合高龄、糖尿病、再次移植及移植物功能延迟恢复等因素综合判断（推荐强度B，证据等级2）。

推荐说明：

实体器官移植受者的免疫抑制状态是DDI发生的重要基础。既往专家共识已明确指出，在DDI的诊疗过程中需要根据感染严重程度动态调整免疫抑制强度[41]。高龄、糖尿病、营养不良或肥胖、再次移植、术前感染史以及移植物功能延迟恢复等因素，均可削弱受者的免疫防御能力，从而增加供者来源性细菌和真菌感染的发生风险[41-42]。

本指南强调，供受者病原学检测结果是CMV和EB病毒相关DDI风险分层的重要依据。在CMV、HBV等病毒感染的供受者评估中，血清学检测用于判断既往病毒暴露及免疫状态。对于CMV病原学组合D+/R−组合，受者缺乏既往CMV免疫，接受CMV阳性供者器官后发生CMV感染及CMV病的风险升高；在接受强化免疫抑制治疗时，该风险可进一步增加[12,22]。在上述证据基础上，两项2025年的队列研究进一步从临床结局及器官分配层面强化了D+/R−病原学组合的重要性。一项回顾性队列研究显示，EB病毒D+/R−的成人肾移植受者在移植后3年内PTLD累计发生率为22%；该人群EB病毒DNA血症发生更为常见，且全因移植物失功风险更高[14]。另一项基于美国大样本队列的研究在儿童肾移植人群中证实，EB病毒D+/R−状态与较高的PTLD发生风险相关，且具有较高致死和致残风险[15]。上述研究提出，将病原学匹配策略纳入器官分配体系，有望在不明显影响整体移植获益的前提下降低严重并发症风险。具体供受者病原学组合与处理建议请参考表3[43-64]。

此外，接受免疫抑制剂诱导治疗以及移植后处于免疫抑制高暴露或强化治疗状态，均可增加DDI相关感染风险。AST传染病实践指南提出：对接受淋巴细胞清除药物治疗的受者，应给予更积极的抗CMV预防策略[65]。观察性队列研究显示，钙调神经磷酸酶抑制剂（calcineurin inhibitor，CNI）高暴露与感染相关并发症风险存在关联[66]。在非肝脏实体器官移植受者中，既往HBV感染（HBsAg阴性、抗HBc阳性）者接受利妥昔单抗或抗胸腺细胞球蛋白等强化免疫抑制治疗后，发生HBV再激活（HBsAg

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

表3　实体器官移植供者来源性感染中供受者病原学组合与处理建议

病原体	供受者病原学组合	处理建议（供者/受者）
HBV	D：HBsAg＋ R：HBsAg－/抗HBs－	供者：明确HBsAg＋后评估HBV DNA；仅在充分知情同意及受者可实施系统性预防的前提下使用。受者：推荐常规抗病毒预防；肝移植或供者HBV DNA＋者联合HBIG；移植后长期随访HBV DNA（每3个月监测1次，持续1年；此后每3～6个月监测1次，长期随访）[9,43-44]
	D：HBsAg－/抗HBc＋ R：HBsAg－/抗HBs－	供者：记录完整HBV血清学谱（HBsAg/抗HBc/抗HBs），必要时补充HBV DNA；一般不作为捐献禁忌，肝移植需重点提示风险。受者：肝移植或免疫抑制高暴露者推荐长期抗病毒预防；非肝器官移植推荐抗病毒预防至少1年，并每1～3个月监测HBV DNA[22,45-46]
HCV	D：HCV RNA＋ R：抗HCV－	供者：确认RNA＋提示病毒复制活跃；需充分知情同意。受者：移植后尽早启动DAA治疗（2周内）；治疗前及治疗过程中加强病毒学随访；治疗完成后≥12周复查HCV RNA[47-51]
	D：HCV RNA－/抗HCV＋ R：抗HCV－	供者：确认HCV RNA－，一般可接受。受者：肝移植受者可根据中心经验及风险评估，考虑个体化抗病毒策略或加强随访；非肝器官移植可在术后1、3、6个月随访检查HCV RNA，不推荐经验性DAA治疗[52-54]
CMV	CMV IgG D＋/R－	供者：确认血清学状态并记录是否存在活动性感染证据；一般不作为捐献禁忌。受者：推荐普遍性抗CMV预防性治疗（通常≥3～6个月）；预防结束后，可每周监测CMV DNA至少3个月；接受淋巴细胞清除型诱导或强化免疫抑制者应延长预防并加强病毒载量监测[12,55-57]
EB病毒	EB病毒IgG D＋/R－	供者：评估是否存在活动性感染或不明原因中枢神经系统病变；一般不作为捐献禁忌。受者：避免过度免疫抑制；移植后定期监测EB病毒DNA；出现病毒血症时优先减量免疫抑制，必要时联合抗B细胞治疗[14-15,58]
弓形虫	Toxo IgG D＋/R－	供者：记录弓形虫血清学状态；一般无需排除供者。受者：推荐规范预防性治疗；未预防者需密切监测并尽早干预，心脏/心肺移植受者尤需重视[59-61]
人细小病毒B19	B19V IgG D＋/R－	供者：不推荐常规筛查；B19V非移植禁忌。受者：不推荐常规预防；移植后出现原因不明进行性贫血或PRCA时，尽早检测B19V DNA；确诊后给予IVIG并适度减量免疫抑制[62-64]

注：D为供者；R为受者；“＋”为检测阳性；“－”为检测阴性。HBV为乙型肝炎病毒；HBsAg为乙型肝炎病毒表面抗原；抗HBs为乙型肝炎病毒表面抗体；抗HBc为乙型肝炎病毒核心抗体；HBIG为乙型肝炎免疫球蛋白；HCV为丙型肝炎病毒；RNA为核糖核酸；DAA为直接抗病毒药物；CMV为巨细胞病毒；IgG为免疫球蛋白G；EBV为EB病毒；DNA为脱氧核糖核酸；Toxo为弓形虫；B19V为人细小病毒B19；PRCA为单纯红细胞再生障碍；IVIG为静脉注射免疫球蛋白。

检测结果再阳性和/或HBV DNA检出）的风险较高，且可导致HBV相关肝衰竭和死亡[10]。

针对性预防用药是DDI中重要且可干预的受者相关因素之一。在已明确存在高危供受者组合的情境下，如弓形虫D＋/R－的心脏移植受者、CMV D＋/R－的实体器官移植受者，若未规范实施预防性治疗，可能在移植后短期内发生严重甚至致死性感染[59-60]。因此，基于供者感染状态、受者病原学特征及免疫抑制强度，制定个体化、前瞻性的预防性用药方案，是降低DDI发生率和改善预后的关键措施。

临床问题8：对高风险或疑似供者来源传播的病原体如何选择分子诊断技术？

推荐意见10：分子诊断技术可作为常规微生物学检测的补充，在高风险或病原体难以明确的情形下应作为一线检测手段（推荐强度C，证据等级4）。

推荐说明：

分子诊断技术在实体器官移植DDI管理中具有重要价值。与传统培养方法相比，基于核酸检测的分子诊断技术可明显缩短病原体识别时间，提高部分难培养或特殊病原体的检出率，从而为受者围手术期抗感染决策提供早期依据。研究表明，在重症感染和免疫低下人群中，分子检测技术可在常规培养结果获得之前提供关键病原学信息，有助于为早期靶向治疗提供依据，从而改善预后[67]。目前临床常用的分子诊断技术主要包括实时荧光定量PCR（real-time quantitative PCR，qPCR）、多重PCR（multiplex PCR，mPCR）、微滴式数字PCR（droplet digital PCR，ddPCR）、环介导等温扩增技术（loop-mediated isothermal amplification，LAMP）、mNGS以及靶向下一代测序（targeted next-generation sequencing，tNGS）等[68]。不同技术在检测范围、检测时间以及耐药信息获取能力方面各具特点，应根据临床情境进行合理选择[67]，详见表4[12,22-23,28,67,69]。在器官获取及移植决策时间窗有限的情况下，检测技术的时效性是选择分子诊断方法的重要考量因素。从检测周转时间角度可分为三类：

第一类为快速核酸检测技术，如qPCR、mPCR、ddPCR及LAMP等。该类技术通常针对特定病原

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

表 4 不同分子诊断技术在供者来源性感染重点病原体检测中的应用特点

检测技术	检测对象	检测内容	常见标本类型	检测时间(h)	检测耐药情况	临床应用特点
qPCR[12,22]	特定病原体	病原体核酸，部分可定量	血液、BALF、痰液、保存液、组织	4～8	部分可	技术成熟、检测速度快，适用于HBV、HCV、CMV、结核等特定病原体快速检测
mPCR[67]	特定病原体	病原体核酸	血液、痰液、保存液、脑脊液	6～12	部分可	可一次检测多种病原体，适用于感染来源不明确但范围相对集中的情况
ddPCR[69]	特定病原体或耐药基因	病原体核酸定量检测	血液、BALF、组织、保存液	2～4	可	定量精度高，在血流感染及低拷贝病毒检测中具有优势
LAMP[23]	特定病原体	病原体核酸	血液、痰液、尿液、组织	1～2	少数可检测	无需使用复杂仪器，适用于快速筛查
mNGS[67]	广谱病原体	病原体核酸	血液、BALF、保存液、组织、脑脊液	24～48	部分可	无须预设靶标，可检测罕见或未知病原体，适用于疑难感染
tNGS[67]	已知病原体集合	病原体核酸及部分耐药基因	血液、BALF、保存液、组织	24～36	可	检测范围广于PCR，适用于培养阴性但怀疑感染的情况
GeneXpert[28]	特定病原体	病原体核酸及部分耐药基因	血液、BALF、保存液、组织	1～2	可	自动化程度高，适用于结核分枝杆菌等慢生长病原体的快速检测以及细菌耐药基因等快速检测

注：qPCR为实时荧光定量PCR；mPCR为多重PCR；ddPCR为微滴式数字PCR；LAMP为环介导等温扩增技术；mNGS为宏基因组学第二代测序；tNGS为靶向下一代测序；PCR为聚合酶链反应；BALF为支气管肺泡灌洗液；HBV为乙型肝炎病毒；HCV为丙型肝炎病毒；CMV为巨细胞病毒；GeneXpert为全自动分子检测平台。

体或耐药基因进行靶向检测，检测时间一般在数小时内，灵敏度和特异度较高，适用于移植决策时间窗口有限或需快速识别特定病原体的情形[70]。然而，该类技术通常需要预设检测靶标，因此在病原体范围未知时应用存在一定局限。

第二类为自动化分子检测平台，以GeneXpert等全自动一体化分子检测系统为代表。该类技术基于qPCR原理，将样本处理、核酸扩增及结果分析集成于同一平台，操作流程相对简单，检测时间通常为1～2 h。部分平台可针对试剂覆盖的特定病原体，同步检测相应耐药相关靶标并提供耐药信息，例如结核分枝杆菌利福平耐药相关突变[71]。该类技术在需要快速决策的临床场景中具有一定优势，但其检测范围通常局限于试剂盒预设的病原体类型。

第三类为高通量测序技术，包括mNGS和tNGS。该类技术通过对样本中的核酸序列进行高通量测序分析，可在一次检测中覆盖细菌、病毒、真菌及寄生虫等多种病原体。其中mNGS无须预设检测靶标，具有广谱检测能力，适用于病原体范围不明确、常规培养阴性或疑似罕见病原体感染的情形。研究表明，在免疫抑制受者和重症感染人群中，mNGS可在无须预设病原体靶标的条件下检出细菌、病毒、真菌及寄生虫等多类病原体，尤其有助于识别常规培养难以发现的病原体[67]。该类技术检测周期通常为24～48 h，成本较高，且结果可能受到背景微生物、污染因素影响，因此仍需结合临床表现及其他实验室检查结果综合判断[41,72]。

对于多重耐药菌感染风险评估，分子诊断技术还可通过检测耐药基因提供重要信息。例如，针对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌的*mecA*基因检测、针对碳青霉烯耐药革兰阴性菌的碳青霉烯酶基因检测，均可在早期指导经验性抗菌药物选择[73]。在碳青霉烯类耐药肠杆菌目细菌感染流行地区或存在免疫抑制等高危因素的受者中，本指南建议尽早开展碳青霉烯酶基因检测，以提高抗感染治疗的针对性。

总体而言，分子诊断技术的检测结果均需结合供受者感染风险、标本类型及临床表现综合解读。尤其对于呼吸道、肠道等非无菌部位标本，检出病原体核酸并不等同于真实感染，需结合病原体序列数、常规培养及其他检验结果，判断其代表定植、污染还是真实感染[67]。因此，分子诊断技术应作为传统培养及药敏试验的补充，而非替代。合理整合分子检测与传统微生物学检测方法，有助于在保障移植安全的同时，提高器官利用率并优化围移植期抗感染决策。

临床问题9：如何进行DDI风险分层？

推荐意见11：DDI风险分层应综合考虑病原体类型、检出部位及耐药性，并结合受者易感性因素，将风险分为不可控风险、高风险和低风险，用于指导供器官可接受性评估及围手术期防控策略（推荐强度B，证据等级2）。

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

推荐说明：

DDI风险分层应以供者病原体经移植物传播的可能性及其传播后可能造成的临床后果为核心，并综合考虑感染是否处于活动状态以及是否存在明确、有效的干预窗口。基于现有循证证据与国内外移植实践经验，本指南将DDI风险划分为不可控风险、高风险及低风险三个层级，并强调应结合受者免疫抑制状态进行动态调整风险层级。

不可控风险指存在高度致死性、缺乏有效控制手段或即便移植后强化干预仍难以将风险降至可接受水平的DDI情形。其核心并非检出病原体，而是在器官可用性决策时间窗内无法实现可验证的风险控制。以下四类情形应作为移植禁忌证或原则性排除情形：

(1)未得到控制的活动性血流感染或移植器官感染，病原体为广泛耐药且缺乏有效治疗方案者

供者存在未得到控制的活动性菌血症或移植器官感染时，若病原菌广泛耐药且缺乏有效治疗方案，或在器官获取与分配的时间窗内无法获得明确的病原学诊断与有效治疗覆盖，受者即便采取强化经验性或联合治疗，仍可能难以及时控制感染并导致死亡。需要指出的是，在病原体明确、对抗菌药物敏感、供者已接受有效治疗且无持续活动性感染证据，并可对受者采取足够疗程的靶向治疗与强化监测的情形下，受者及移植物结局可改善至可接受范围[74-78]。因此，当供者存在菌血症但同时满足以下条件时，可归入高风险而非不可控风险：①病原菌明确，且对可用抗菌药物敏感；②供者已接受至少24 h有效抗菌治疗，且病情和血流动力学稳定、感染指标呈下降或改善趋势；③受者具备实施足够疗程靶向治疗和强化监测的条件。以避免将可控的菌血症供者误判为禁忌。

(2)供者存在侵袭性真菌病，且累及移植器官或存在血行播散，药物治疗无效

侵袭性真菌病在免疫抑制人群中具有高致死性与血管侵袭倾向，可导致吻合口与血管并发症、播散性感染，增加病死风险。供者侵袭性真菌感染早期临床表现常不典型。供者出现不明原因中枢神经系统症状或多器官功能异常时，应警惕播散性真菌感染及其经移植物传播风险；即便已明确为单一器官局灶性感染，也难以在器官获取的有限时间窗内充分排除其他部位受累。现有指南及供者来源隐球菌传播病例报告提示，供者存在活动性系统性真菌感染时，经移植传播的后果严重且缺乏有效补救手段，应视为器官捐献禁忌[20,79-81]。

(3)供者存在未得到控制的活动性结核病

活动性结核病提示供者体内存在持续复制并具有传播能力的结核分枝杆菌，在实体器官移植后免疫抑制环境下，极易发生播散性感染。结核分枝杆菌可经移植物传播，已有多国病例报告及病例系列予以证实[16,18]。实体器官移植受者感染结核后，临床表现可不典型，易出现诊断延迟，并可进展为播散性或多器官受累的严重感染[17,27]。此外，围手术期抗结核药物，尤其利福平，与CNI等免疫抑制药物之间存在复杂相互作用，难以在短期内实现安全、有效的风险控制。因此，现有供者结核病管理共识建议，供者存在未控制的活动性结核病时不宜进行器官捐献[18]。与此不同，供者仅存在潜伏性结核感染且无活动性结核病证据时，其移植传播风险相对可控，通常不归入不可控风险[16-17,27]。

(4)供者存在不明原因的中枢神经系统感染或病变，且不能排除高致死神经嗜性病原体感染

多种高度致死的神经嗜性病原体(如临床问题5中提及的狂犬病毒)可在供者中表现为非特异性的中枢神经系统损害，并可在移植后引起接受同一供者供器官的多例受者聚集性发病。此类供者来源神经嗜性病原体传播往往在移植后才被识别，且受者一旦发病，缺乏有效治疗手段，常出现严重不良结局。在供者评估阶段无法排除上述病原体的情况下，器官使用可能面临不可接受的临床后果[33]。

高风险指存在明确供者来源感染传播可能，但通过针对性干预、预防或强化监测，有望将风险控制在可接受范围内的情形。此类情形在临床实践中较为常见，包括但不限于：(1)供者血液、器官保存液或其他无菌体液等标本检出明确病原体，且已确定病原体种类及其药敏结果，并接受针对性治疗，且无证据提示持续活动性感染；(2)供者携带潜伏性病原体，存在移植传播或再激活风险；(3)供受者病原体血清学为D+/R−的高危组合；(4)受者处于高易感状态，如采用高强度或强化免疫抑制方案、再次移植、移植物功能延迟恢复及合并多项免疫功能受损因素。对于高风险DDI，应在充分知情同意的基础上使用器官，并采取强化病原学监测、延长或加强预防性用药、必要时提前制定经验性治疗方案等综合防控策略。

低风险同时满足以下条件：(1)供者未发现明确活动性感染证据，或仅在尿液、呼吸道分泌物等标本中检出非耐药菌，且无相应感染临床表现，考虑为定

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

植;(2)不存在高风险潜伏性病原体;(3)受者无高易感性因素,维持常规且稳定的免疫抑制方案,移植物功能恢复良好。低风险可按常规移植流程实施术后监测和标准化预防感染管理。

临床问题 10:对于不同器官移植类型,是否存在需重点关注的 DDI 病原体?

推荐意见 12:对于不同器官移植类型,应结合器官解剖学特点、病原体携带及传播方式、移植后感染易感性等进行差异化 DDI 风险评估,不宜简单等同处理(推荐强度 C,证据等级 4)。

推荐说明:

尽管来自同一供者的多个器官在供者感染背景上具有一定共性,但不同器官在病原体携带方式、传播途径以及移植后感染易感性方面存在明显差异,应基于器官特异性进行个体化判断。

在肾移植中,供者尿液细菌培养阳性通常不作为弃用供肾的依据。非耐药、低毒力细菌且常规围手术期预防可覆盖者,可在严密监测下移植并加强受者预防;检出铜绿假单胞菌、肠球菌属、多重耐药细菌或念珠菌属真菌时,建议根据培养及药敏试验结果给予受者针对性预防或抢先治疗,并强化术后尿培养、血培养及影像学检查,同时密切监测移植肾功能。若存在菌血症、保存液/灌注液阳性、供肾感染灶或侵袭性真菌感染证据,应上调为高风险 DDI 管理,必要时重新评估器官使用可行性并延长治疗疗程[2,4,20]。

在肝移植中,HBV 和 HCV 具有突出的器官特异性。供者携带 HBV 或 HCV 时,肝移植受者发生病毒传播和相关并发症的风险明显高于其他器官移植,因此肝移植在供者评估和受者预防管理中需对上述病毒给予更高权重。此外,肝移植后 1 年内细菌感染占全部感染的 30%~60%;中国和韩国相关研究中,肝移植受者肺炎克雷伯菌为最常见的革兰阴性菌(18.9%),同时多重耐药菌问题突出,故还应特别关注肠源相关病原菌谱与耐药风险[82]。

在肺移植中,由于移植物直接暴露于外界环境且原发病多伴有结构性肺损伤,细菌、真菌和结核分枝杆菌等病原体高度易感。除针对丝状真菌的预防用药,临床实践中普遍强调耶氏肺孢子菌肺炎(*Pneumocystis jirovecii* pneumonia, PJP)风险及预防用药策略[83]。存在感染或残余感染灶(如活动性结核或未控制的局部真菌病变)的肺脏,通常不应作为供器官;但在未累及其他器官的情况下,同一供者的心、肝或肾等器官,经严格评估后仍可能具备使用价值。

在心脏移植中,除常规细菌和真菌外,还需重点关注心脏特异性病原体及组织嗜性病原体。其中,供者存在感染性心内膜炎或隐匿性菌血症时,可通过移植传播导致受者发生严重 DDI[22]。此外,弓形虫具有嗜心肌组织性,应作为心脏移植供者评估和受者预防管理中的重点关注病原体[60]。除心脏移植外,弓形虫感染在其他实体器官移植中亦可发生,尤其在供受者病原学组合不匹配或免疫抑制较强时,可能表现为播散性感染或中枢神经系统受累[59,84]。因此,对于弓形虫感染风险的评估不应局限于心脏移植。

此外,对于存在局部感染或器官特异性病灶的供者,应根据感染或病灶是否累及拟捐献器官,逐一评估各供器官的可接受性。某一器官因局部感染而不适合捐献,并不必然否定同一供者其他未受累器官的使用可能。通过分器官、分病原体的风险评估,有助于在保障移植安全的前提下,最大程度提高器官利用率。

临床问题 11:在器官获取前,对于已经有明确感染证据的供者,是否需要进行相应的抗感染处理?

推荐意见 13:对存在活动性细菌和(或)真菌感染的供者,推荐在器官获取前给予针对性抗感染治疗(推荐强度 B,证据等级 2)。

推荐意见 14:对存在 HBV、HCV、CMV、EB 病毒及结核分枝杆菌等潜伏性病原体感染风险的供者,不必等到获得上述病原体完全清除的证据后再捐献(推荐强度 B,证据等级 2)。

推荐说明:

《中国肾脏移植供者来源性感染临床诊疗指南(2023 版)》[4]明确指出,凡存在活动性细菌或真菌感染的潜在供者,均应在器官获取前接受相应的抗感染处理,以降低供者来源性感染风险。参考《器官移植供者来源性感染诊疗技术规范(2019 版)》[3],对于非耐药革兰阴性菌感染的供者,在接受不少于 24 h 的针对性抗菌治疗后,可评估器官捐献的可行性;菌血症或细菌性脑膜炎供者至少经 24 h 针对性治疗且病情稳定后,可在严格风险评估和受者充分知情同意前提下慎重考虑捐献。既往认为,供者发生耐碳青霉烯类革兰阴性菌(carbapenem-resistant Gram-negative bacilli, CR-GNB)血流感染时,因可选治疗有限且移植传播后果严重,通常不宜用于器官捐献;近年来,多种新型 β-内酰胺酶抑制剂复方制剂的应用提高了 CR-GNB 的治疗成功率,若供者感染得到

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

有效控制，可在严格风险评估和受者充分知情同意的前提下，谨慎参照前述菌血症处理[85-86]。局灶性感染未累及拟捐献器官时，可对未受累器官的捐献可行性进行个体化评估[19]。

需要强调的是，供者相关标本培养结果阳性并不等同于事实上存在感染。在ICU环境中，供者标本培养结果可能反映病原体定植，亦可能来源于采样或处理过程中的污染。然而，在器官获取决策时间有限且受者普遍处于免疫抑制高暴露的背景下，低估感染风险可能带来严重后果[19]。因此，当供者血液、器官保存液或拟捐献器官相关标本培养阳性，而尚不能明确为真实感染、定植或污染时，应按潜在可传播感染风险对待，加强受者术后监测，并在必要时针对相应的病原体启动抗感染措施；待后续微生物学或临床证据证实为定植或污染后，再调整为目标治疗或降阶梯管理。

对于HBV、HCV、CMV、EB病毒、结核分枝杆菌等潜伏性病原体，供者在器官获取前通常不以清除病原体为现实或必要目标。由于供者缺乏完成有效治疗的时间窗口，如实施相应抗感染治疗，其目标并非清除病原体，而是降低病原体负荷、减少移植传播风险，并为受者术后预防和监测提供依据。多项研究显示，移植后感染结局更多取决于风险是否被识别以及受者是否实施了针对性的预防、监测与早期干预，而非供者是否接受过短期治疗[2,12,87-89]。HBsAg阳性供者活体捐献实体器官，供者应在移植前尽早接受强效核苷类似物（nucleotide analogues，NA）治疗[90]。

四、器官获取后感染风险评估与处理措施

临床问题12：器官获取后，如何对可能携带的潜在致病菌进行评估及诊断？

推荐意见15：推荐对器官保存液和灌注液进行细菌和真菌培养及药敏试验；在高风险或疑难情形下，推荐将分子诊断技术作为一线检测手段（推荐强度B，证据等级2）。

推荐说明：

器官在获取、灌注、修整及保存过程中，除供者本身感染外，还可能因操作不规范、灌注液或保存液污染等因素引入外源性病原体。因此，器官获取后的病原学评估在DDI防控中具有重要意义。目前，传统微生物学培养仍是器官潜在病原体评估的基础手段。在临床实践中，器官保存液或灌注液应常规送检细菌和真菌培养，并开展药敏试验，以评估潜在感染风险并指导术后抗感染治疗。研究显示，器官保存液病原菌培养阳性率可达84.8%～98.4%[91]，提示其对潜在病原体检出具有较高敏感性。国内单中心回顾性研究结果表明，肾移植保存液培养阳性率为55.93%（349/624），受者DDI发生率为7.21%（45/624）；保存液培养阳性受者的术后感染发生率为26.36%（92/349），高于培养阴性受者的17.82%（49/275）[92]。因此，保存液和灌注液培养可作为器官潜在感染的重要预警指标。

然而，传统培养通常需要24～72 h才能获得结果，难以及时为围手术期的感染风险评估提供信息。基于核酸检测原理的分子诊断技术可以在较短时间内识别病原体，并可针对覆盖的特定病原体或耐药基因提供耐药相关信息，从而有助于在移植早期识别潜在感染风险。

对于器官保存液或灌注液标本，多种分子检测技术均具有潜在应用价值（相关技术特点及适用情境见临床问题7）。qPCR和mPCR均可针对预设的特定病原体核酸或耐药基因进行快速检测；ddPCR在低载量病原体检测方面灵敏度较高；而mNGS或tNGS可在一次检测中覆盖多种细菌、病毒及真菌病原体，适用于病原体范围不明确或常规培养阴性的情况。

需要强调的是，快速分子检测或mNGS尚不宜作为所有器官的常规筛查步骤。其应用应基于风险分层原则，在高风险或疑难情形下优先考虑；而在低风险常规器官移植中，应以传统培养结果为基础，避免过度检测带来的成本增加与结果解读复杂性。同时，对于存在发热、白细胞计数或分类异常、C反应蛋白或降钙素原升高等感染征象，以及临床高度怀疑感染的供者，应强化血培养及多部位标本的病原学检测。通过多技术整合分析，提高病原体识别完整性并降低漏诊风险。具体分子检测结果的判读请参考《中国宏基因组学第二代测序技术检测感染病原体的临床应用专家共识》[72]。

临床问题13：是否需要在移植前对离体器官进行体外去污染处理，以降低DDI的发生风险？

推荐意见16：建议移植中心在严格伦理审查、充分风险评估和严密监测的前提下，在器官灌注、修整手术、低温冷保存及机械持续灌注等环节个体化实施体外去污染处理，以减少器官病原体负荷并降低DDI发生风险（推荐强度C，证据等级4）。

推荐说明：

在器官捐献及获取过程中，器官可能因供者感染、获取操作或保存过程而携带病原体，因此在器官

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

离体修整及保存阶段通过体外处理降低微生物负荷，是减少DDI风险的一种潜在策略。目前报道的器官去污染措施主要包括在保存液或灌注液中加入抗菌药物、机械灌注联合抗菌处理等方式。

现有临床研究多为个案报道或小样本单中心研究。例如，有研究报道在保存液中加入硫酸黏菌素可有效减少泛耐药革兰阴性菌的传播风险[93]。此外，一些研究亦尝试使用β-内酰胺类、替加环素、万古霉素或氨基糖苷类等抗菌药物进行体外处理，但研究结果不一致，且样本量较小[94-96]。针对侵袭性真菌，一项小样本肺移植研究提示，两性霉素B可能降低供肺保存液中的微生物负荷，但其临床有效性仍需进一步验证[97]。

除临床探索外，体外实验研究也评估了不同体外去污染策略在器官保存过程中的潜在效果。例如，多黏菌素类抗菌药物、头孢他啶-阿维巴坦联合氨曲南等方案在体外模型中可降低保存液中的多重耐药革兰阴性菌负荷[98-100]。此外，依拉环素等新型抗菌药物在低温器官保存液体外抗菌实验中，对部分多重耐药菌显示出菌株依赖性的抑制作用[101]。除药物处理外，紫外线照射及机械灌注联合抗菌方案在大鼠肾脏移植、猪肾脏移植等动物模型中也被报道可降低保存液中的细菌数量[94,102]。

目前尚难形成统一标准的体外去污染策略，实施时应重点针对可能导致严重临床后果的病原体，同时充分评估抗菌药物在低温保存条件下的活性、安全性及其对移植物功能的潜在影响。

五、DDI的预防与治疗策略

临床问题14：对于DDI高风险的受者，围手术期如何开展预防性治疗？

推荐意见17：存在细菌性DDI高风险时，建议根据可能病原体及耐药情况选择经验性广谱抗菌预防方案，并在获得培养及药敏结果后及时调整（推荐强度B，证据等级2）。

推荐意见18：存在真菌性DDI高风险时，建议结合供者真菌感染证据、保存液或供者关键标本培养结果，实施针对性的预防性抗真菌治疗（推荐强度B，证据等级2）。侵袭性念珠菌感染高风险人群可优先选择棘白菌素类药物（推荐强度A，证据等级1）；当存在丝状真菌感染风险时，可根据病原体类型选择具有抗霉菌活性的三唑类药物（推荐强度B，证据等级2）。

推荐意见19：存在病毒性DDI高风险时，建议根据供受者病原学组合及器官类型，启动相应的预防性或早期抗病毒治疗，并结合病毒载量监测动态调整管理策略（推荐强度B，证据等级2）。

推荐意见20：存在结核性DDI高风险时，建议优先采用异烟肼预防性治疗9个月；对异烟肼不耐受且移植前有足够治疗时间者，可选择利福平4个月方案；移植后如需使用利福霉素类药物，应在严密监测CNI血药浓度的条件下制定个体化方案（推荐强度B，证据等级2）。

推荐说明：

围手术期预防性抗感染策略的目标在于将DDI风险控制前移，通过与风险分层结果相匹配的干预措施，降低严重DDI的发生率。根据本指南在临床问题8中提出的风险分层原则，仅当受者被评估为高风险或存在明确可传播病原体证据时，才应启动强化预防策略；对低风险受者，不推荐常规超范围预防，以避免不必要的药物暴露和耐药风险。

对于细菌性DDI，现有研究显示，基于供者、移植物、保存液/灌注液及受者标本培养结果进行早期识别，并对高风险受者给予覆盖相应病原体的预防性或抢先抗菌治疗，可降低DDI传播风险[74,103]。尤其在供者存在感染证据但风险可控的情况下，应根据病原体谱及耐药情况选择经验性广谱抗菌预防方案，并在获得保存液、灌注液或受者标本培养及药敏结果后及时调整。若供者感染情况不明确，但受者为高易感状态或术后发生DDI的潜在后果严重，围手术期可适度扩大抗菌覆盖范围，以降低早期严重感染风险。

对于真菌性DDI，应根据风险评估结果决定是否实施预防性抗真菌治疗。一项系统评价和网络Meta分析显示，肝移植受者抗真菌预防可降低侵袭性真菌感染风险，不同抗真菌药物在预防效果和突破性感染谱方面存在差异，应结合受者基础状态、移植器官类型、病原体风险及药物相互作用进行选择[104]。棘白菌素类药物因其安全性较好、药物相互作用相对较少，常作为侵袭性念珠菌感染高风险人群的预防选择[105-106]；多项RCT研究显示，米卡芬净用于高风险肝移植或活体肝移植受者侵袭性真菌感染预防的疗效和安全性可靠，可作为此类人群的预防用药选择[107-109]。当风险评估提示曲霉感染风险时，可选择伏立康唑或泊沙康唑；当提示毛霉感染风险时，应优先考虑两性霉素B脂质体，或选择艾沙康唑、泊沙康唑。使用三唑类药物时，应严格监测受者肝功能及免疫抑制剂血药浓度，以降低药物相互作用风险[105]。

中华医学会杂志社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

对于病毒性DDI，应根据供受者病原学组合及器官类型实施分层预防。对于HBV，抗-HBc阳性、HBsAg阴性供者的供肝用于肝移植，或HBsAg阳性供者的供肝用于HBV未感染且病情紧急的肝移植受者时，推荐长期使用NA进行预防性抗病毒治疗；抗HBc阳性供者的非肝脏供器官用于HBV未感染受者时，推荐使用NA预防至少1年，并每1～3个月监测HBV血清学标志物及HBV DNA载量[110]。对于HCV，DAA治疗已被证实在移植后环境中安全有效；RCT研究和系统评价显示，HCV RNA阳性（核酸检测检出HCV RNA）供者器官用于HCV RNA阴性受者后，移植后早期启动DAA治疗可获得较高的持续病毒学应答率。因此，接受HCV RNA阳性供者器官的受者应在临床稳定后尽早启动DAA治疗，宜不晚于移植后2周；治疗期间动态监测HCV RNA载量、肝功能及药物相互作用，治疗结束后12周复查HCV RNA，确定其检出情况，以评估持续病毒学应答12周（sustained virologic response at 12 weeks，SVR12）。SVR12后不必常规每6～12个月重复检测HCV RNA；仅在存在再次暴露风险、肝功能异常或临床怀疑复发时复查[87-88,111-112]。对于CMV，其风险主要由供受者病原学组合决定，其中CMV IgG D＋/R－为最高风险状态；RCT研究支持对高风险肾移植受者实施抗CMV预防治疗，推荐使用更昔洛韦、缬更昔洛韦或来特莫韦等药物治疗，并可结合病毒载量监测指导抢先治疗和预防疗程调整[55-56,65]。对于EB病毒，在病原学D＋/R－组合下，受者发生PTLD的风险增加，建议移植后定期监测EB病毒DNA载量，并根据病毒复制情况适当调整免疫抑制治疗[14]。

对于潜伏结核感染，世界卫生组织（World Health Organization，WHO）推荐的预防方案包括异烟肼单药治疗6或9个月、利福平单药治疗4个月、异烟肼联合利福平每日用药3个月，或异烟肼联合利福喷丁每周用药3个月[113]。由于利福平与免疫抑制剂存在较强相互作用，实体器官移植受者通常优先选择异烟肼6或9个月作为预防方案；左氧氟沙星或利奈唑胺可作为备选，但循证证据有限[114]。同时，方案选择还应兼顾移植时机：利福平方案如延续至移植后，需高度警惕其通过诱导细胞色素P450 3A4和P-糖蛋白，降低CNI及mTOR抑制剂血药浓度的作用，应由移植、感染及肝病等学科组成的多学科团队共同制定和动态调整预防方案。需要说明的是，由于异烟肼具有潜在肝毒性，临床上对于其在肝病患者中的使用存在顾虑。对此，美国肝病研究学会（American Association for the Study of Liver Diseases，AASLD）与AST传染病实践指南明确指出，在经过合理选择和密切监测的肝硬化肝移植候选者中，异烟肼预防治疗可行[115-117]。

综上，围手术期抗感染预防应基于DDI风险分层结果，综合病原体类型、器官移植特异性、受者易感性及药物相互作用风险，制定个体化、可动态调整的预防策略。

临床问题15：明确DDI的受者，抗感染治疗的方案如何选择？

推荐意见21：对于细菌性DDI受者，建议尽早启动覆盖可能病原体及耐药菌的经验性抗感染治疗，并在获得病原学及药敏结果后及时调整为靶向或降阶梯方案（推荐强度B，证据等级2）。

推荐意见22：对于真菌性DDI受者，建议根据病原体类型、感染部位、感染风险及受者免疫状态尽早启动抗真菌治疗（推荐强度B，证据等级2）。侵袭性念珠菌感染可优先选择棘白菌素类药物（推荐强度A，证据等级1）。对于侵袭性曲霉病或其他丝状真菌感染风险较高者，可选择具有抗霉菌活性的三唑类药物（推荐强度A，证据等级1）；毛霉病等少见丝状真菌感染可选择两性霉素B脂质体（推荐强度B，证据等级2）。

推荐意见23：对于潜伏性病原体相关DDI受者，建议根据供受者病原学组合、病原体类型及免疫抑制强度，采取预防传播和再激活为核心的长期抗病毒、抗结核治疗及动态监测策略（推荐强度B，证据等级2）。

推荐说明：

明确发生DDI的受者，其抗感染治疗方案与疗程选择应根据病原体、感染部位和风险分层，并与受者免疫抑制调整和围移植期监测策略相协调。对于细菌性DDI，现有证据主要来自感染供者器官使用、菌血症供者移植结局、耐药革兰阴性菌DDI主动监测研究、病例资料及相关指南共识。相关研究显示，在早期识别供者及受者病原学信息、根据可能病原体及耐药表型及时启动覆盖性抗菌治疗，并在获得培养及药敏结果后调整为靶向或降阶梯治疗的情况下，可降低供者来源感染传播及严重不良结局风险[74,85]。具体抗感染治疗方案可参考《中国肾脏移植多重耐药细菌感染临床诊疗指南（2023版）》[118]和美国感染病学会《Infectious Diseases Society of America 2024 Guidance on the Treatment of Antimi-

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

crobial-Resistant Gram-Negative Infections》[85]等文件制定。治疗疗程应综合考虑病原体耐药性、感染严重程度及是否累及血管、吻合口或移植物实质。近年来多种新的β内酰胺酶-β内酰胺酶抑制剂复方制剂、依拉环素、康替唑胺等药物陆续上市，为耐药菌感染治疗提供了更多治疗选择。一般情况下，单纯菌血症或局限性感染的疗程为7～14 d；若涉及感染性心内膜炎、血管相关感染或多重耐药菌感染，疗程应适当延长。

对于真菌性DDI，应高度警惕血管并发症和移植物受累风险。保存液或关键标本提示真菌阳性或存在明确高危暴露情境时，建议尽早启动抗真菌治疗。RCT研究显示，棘白菌素类药物在侵袭性念珠菌病治疗中疗效可靠，可作为重症或高风险受者的初始治疗选择[119-120]。侵袭性曲霉病治疗方面，伏立康唑较传统两性霉素B具有更好的疗效和生存获益[121-122]。毛霉病推荐足量两性霉素B脂质体±艾沙康唑治疗[123]。使用唑类药物时需高度警惕其与CNI的相互作用。抗真菌治疗疗程应根据是否存在侵袭性真菌感染、是否累及血管结构以及临床和影像学反应进行动态调整，通常不少于2周；侵袭性真菌感染或血管受累时，疗程需延长至4～6周或更长[120,123-125]。

对于潜伏性病原体相关的DDI，其治疗策略不同于急性感染，一般不以短期抗感染治疗为核心，而应以防止传播和再激活为主要目标。RCT研究显示，针对CMV病原学D+/R-等高危组合实施抗病毒预防策略可降低CMV感染风险[55-56]。一项多中心开放标签研究显示，30例HCV RNA阳性供肾移植至HCV未感染受者后，于移植后2～5 d启动格卡瑞韦/哌仑他韦治疗8周，所有受者均获得SVR12[49]；HBV相关风险则需根据供受者病原学组合状态选择NA及必要时联合乙型肝炎免疫球蛋白预防[126]；结核分枝杆菌风险应结合活动性与潜伏性感染状态，采用预防性抗结核治疗和长期随访。因此，对HBV、HCV、CMV、结核分枝杆菌等病原体，应根据供受者风险组合和免疫抑制强度，根据专科指南采取抗病毒、抗结核方案，并配合长期随访和动态监测。

需要说明的是，对于移植后远期发生的感染事件，临床上往往难以明确区分其属于远期DDI还是术后长期机会性感染，尤其在免疫抑制背景下，部分病原体既可能来源于供者传播，也可能是受者潜伏性病原体感染再激活或后续获得性感染。因此，对于此类感染事件，临床管理重点应为动态监测、早期识别和及时治疗，而不应过度强调感染来源的严格区分。一旦出现相关感染证据，应尽早开展针对性干预，以减少移植物功能损害及受者不良结局。

此外，DDI发生后，免疫抑制剂的调整应遵循个体化原则，综合评估受者排斥风险、整体免疫抑制净状态、病原体致病性以及是否存在有效可控的抗感染治疗手段等因素进行动态调整。在严重感染、侵袭性真菌感染或难治性感染情况下，可适当降低免疫抑制强度；而对于高排斥风险受者，则需在控制感染与维持移植物功能之间进行平衡，并加强病原学及移植物功能监测。

六、结语与展望

本指南围绕供者评估、风险分层、病原学检测、器官获取后处理及受者预防和治疗等关键环节，提出实体器官移植DDI的全流程管理建议。鉴于现有证据仍以回顾性研究、病例系列和专家共识为主，且不同器官类型、病原体和移植中心之间存在差异。未来随着病原体检测技术和抗感染药物的不断进步，需根据可行性条件尽可能开展多中心前瞻性研究，进一步明确供者筛查策略、风险分层标准、分子诊断技术应用及个体化防控方案，以持续提高移植安全性和供器官利用率。

《实体器官移植供者来源性感染临床诊疗指南(2026版)》编审委员会成员名单

主审专家：

薛武军　西安交通大学第一附属医院肾脏病医院肾移植科
张文宏　复旦大学附属华山医院感染科
王明贵　复旦大学附属华山医院抗生素研究所
王正昕　复旦大学附属华山医院普外科肝脏移植中心

审稿专家(按姓氏笔画排序)：

丰贵文　郑州大学第一附属医院肾移植科
王祥慧　上海交通大学医学院附属瑞金医院泌尿外科肾脏移植中心
冯春蕾　中国医学科学院阜外医院心血管内科
戎瑞明　复旦大学附属中山医院肾脏移植科
孙长博　上海肺科医院胸外科
孙丽莹　首都医科大学附属北京友谊医院肝病中心
孙晓叶　天津市第一中心医院器官移植中心肝移植科
朱　兰　华中科技大学同济医学院附属同济医院器官移植研究所
陈　刚　华中科技大学同济医学院附属同济医院器官移植研究所
陈　正　广州医科大学附属第二医院器官移植中心
张　明　上海交通大学医学院附属仁济医院泌尿外科肾移植中心

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

张　微　浙江大学医学院附属第一医院肝胆胰外科
吴　波　无锡市人民医院肺移植科
吴建永　浙江大学医学院附属第一医院肾脏病中心
宋文利　天津市第一中心医院器官移植中心
易慧敏　中山大学附属第三医院外科重症监护室
金平波　浙江大学医学院附属第一医院肝胆胰外科
崔　瑜　浙江大学医学院附属第一医院肾脏病中心
黄劲松　广东省人民医院心外科
魏　来　华中科技大学同济医学院附属同济医院器官移植研究所

执笔作者：

钱永兵　上海交通大学医学院附属仁济医院肝脏外科
王　婷　复旦大学附属中山医院肝胆肿瘤与肝移植外科
董建辉　广西医科大学第二附属医院器官移植科
尚文俊　郑州大学第一附属医院肾移植科
郑　瑾　西安交通大学第一附属医院肾脏病医院肾移植科
胡志航　复旦大学附属华山医院普外科肝脏移植中心
隋明星　海军军医大学第一附属医院器官移植科

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参　考　文　献

[1] Zhang L, Zeng L, Gao XP, et al. Transformation of organ donation in China[J]. Transpl Int, 2015, 28(4): 410-415. DOI: 10.1111/tri.12467.

[2] Wolfe CR, Ison MG, AST Infectious Diseases Community of Practice. Donor-derived infections: guidelines from the American society of transplantation infectious diseases community of practice[J]. Clin Transplant, 2019, 33(9): e13547. DOI: 10.1111/ctr.13547.

[3] 中华医学会器官移植学分会. 器官移植供者来源性感染诊疗技术规范(2019版)[J]. 器官移植, 2019, 10(4): 369-375. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.04.005.
Branch of Organ Transplantation, Chinese Medical. Technical specification for diagnosis and treatment of donor-derived infection in organ transplantation (2019 edition) [J]. Organ Transplant, 2019, 10(4): 369-375. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.04.005.

[4] 中华医学会器官移植学分会. 中国肾脏移植供者来源性感染临床诊疗指南(2023版)[J]. 中华器官移植杂志, 2024, 45(5): 269-282. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20240319-00060.
Branch of Organ Transplantation, Chinese Medical Association. Clinical guidelines for preventing and treating donor-derived infections in kidney transplant recipients in China (2023 edition) (2023 edition)[J]. Chin J Organ Transplant, 2024, 45(5): 269-282. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20240319-00060.

[5] 杨志坚, 张诗辰, 王彦峰, 等. 170例供者感染流行病学分布及肾移植供者来源性感染危险因素分析[J]. 中华器官移植杂志, 2019, 40(9): 533-538. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2019.09.006.
Yang ZJ, Zhang SC, Wang YF, et al. 170donors infection distribution and risk factor analysis of donor-derived infection in kidney transplantation[J]. Chin J Organ Transplant, 2019, 40(9): 533-538. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2019.09.006.

[6] 曹胜利, 史晓奕, 温培豪, 等. 486例供者来源感染病原体分析[J]. 中华器官移植杂志, 2022, 43(3): 135-140. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20210224-00067.
Cao SL, Shi XY, Wen PH, et al. Analysis of treatment strategies for donor-derived infection: a report of 486 cases[J]. Chin J Organ Transplant, 2022, 43(3): 135-140. DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20210224-00067.

[7] Tong L, Hu XG, Huang F, et al. Clinical impacts and outcomes with possible donor-derived infection in infected donor liver transplantation: a single-center retrospective study in China[J]. J Infect Dis, 2020, 221(Supplement_2): S164-S173. DOI: 10.1093/infdis/jiz591.

[8] 魏绪霞, 易慧敏. 器官移植供者来源性感染防治的研究进展[J]. 器官移植, 2020, 11(1): 115-120. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2020.01.019.
Wei XX, Yi HM. Research progress on prevention and treatment of donor-derived infection in organ transplantation[J]. Organ Transplant, 2020, 11(1): 115-120. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2020.01.019.

[9] Jones JM, Kracalik I, Levi ME, et al. Assessing solid organ donors and monitoring transplant recipients for human immunodeficiency virus, hepatitis B virus, and hepatitis C virus infection - U.S. public health service guideline, 2020[J]. MMWR Recomm Rep, 2020, 69(4): 1-16. DOI: 10.15585/mmwr.rr6904a1.

[10] Yin SF, Zhang F, Wu JP, et al. Incidence, risk factors, and clinical outcomes of HBV reactivation in non-liver solid organ transplant recipients with resolved HBV infection: a systematic review and meta-analysis[J]. PLoS Med, 2023, 20(3): e1004196. DOI: 10.1371/journal.pmed.1004196.

[11] Sutcliffe S, Ji MM, Chang SH, et al. The association of donor hepatitis C virus infection with 3-year kidney transplant outcomes in the era of direct-acting antiviral medications[J]. Am J Transplant, 2023, 23(5): 629-635. DOI: 10.1016/j.ajt.2022.11.005.

[12] Kotton CN, Kumar D, Caliendo AM, et al. The third international consensus guidelines on the management of cytomegalovirus in solid-organ transplantation[J]. Transplantation, 2018, 102(6): 900-931. DOI: 10.1097/TP.0000000000002191.

[13] L'Huillier AG, Ferreira VH, Ku T, et al. Improving our mechanistic understanding of the indirect effects of CMV infection in transplant recipients[J]. Am J Transplant, 2019, 19(9): 2495-2504. DOI: 10.1111/ajt.15371.

[14] Potluri VS, Zhang SQ, Schaubel DE, et al. The association of Epstein-Barr virus donor and recipient serostatus with outcomes after kidney transplantation: a retrospective cohort study[J]. Ann Intern Med, 2025, 178(2): 157-166. DOI: 10.7326/ANNALS-24-00165.

[15] Potluri VS, Amaral S, Puttarajappa CM, et al. Donor-derived Epstein-Barr virus infection among pediatric kidney transplant recipients[J]. JAMA, 2025, 334(16): 1482-1484. DOI: 10.1001/jama.2025.14067.

[16] Morris MI, Daly JS, Blumberg E, et al. Diagnosis and management of tuberculosis in transplant donors: a donor-derived infections consensus conference report[J]. Am J Transplant, 2012, 12(9): 2288-2300. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2012.04205.x.

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

[17] Subramanian AK, Theodoropoulos NM, Infectious Diseases Community of Practice of the American Society of Transplantation. Mycobacterium tuberculosis infections in solid organ transplantation: Guidelines from the infectious diseases community of practice of the American Society of Transplantation[J]. Clin Transplant, 2019, 33(9): e13513. DOI: 10.1111/ctr.13513.

[18] Vega P, Newby R, Bender Ignacio RA, et al. Donor-derived tuberculosis in 3 solid organ transplant recipients from the same donor[J]. Open Forum Infect Dis, 2025, 12(7): ofaf372. DOI: 10.1093/ofid/ofaf372.

[19] Fishman JA, Grossi PA. Donor-derived infection—the challenge for transplant safety[J]. Nat Rev Nephrol, 2014, 10(11): 663-672. DOI: 10.1038/nrneph.2014.159.

[20] Singh N, Huprikar S, Burdette SD, et al. Donor-derived fungal infections in organ transplant recipients: guidelines of the American society of transplantation, infectious diseases community of practice[J]. Am J Transplant, 2012, 12(9): 2414-2428. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2012.04100.x.

[21] Nelson JK, Giraldeau G, Montoya JG, et al. Donor-derived coccidioides immitis endocarditis and disseminated infection in the setting of solid organ transplantation[J]. Open Forum Infect Dis, 2016, 3(3): ofw086. DOI: 10.1093/ofid/ofw086.

[22] Ison MG, Nalesnik MA. An update on donor-derived disease transmission in organ transplantation[J]. Am J Transplant, 2011, 11(6): 1123-1130. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2011.03493.x.

[23] Kotloff RM, Blosser S, Fulda GJ, et al. Management of the potential organ donor in the ICU: society of critical care medicine/American college of chest physicians/association of organ procurement organizations consensus statement[J]. Crit Care Med, 2015, 43(6): 1291-1325. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000958.

[24] 中华医学会器官移植学分会. 器官移植术后结核病临床诊疗技术规范(2019 版)[J]. 器官移植, 2019, 10(4): 359-63. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.04.003.
Branch of Organ Transplantation, Chinese Medical Association. Technical specification for clinical diagnosis and treatment of tuberculosis after organ transplantation (2019 edition)[J]. Organ Transplanta, 2019, 10(4): 359-363. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.04.003.

[25] 中华医学会器官移植学分会, 中华预防医学会医院感染控制学分会, 复旦大学华山医院抗生素研究所. 中国实体器官移植供者来源感染防控专家共识(2018 版)[J]. 中华器官移植杂志, 2018, 39(1): 41-52. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2018.01.008.
Organ Transplantation Branch of Chinese Medical Association; Healthcare-associated Infection Control of Chinese preventive medicine association; Institute of Antibiotics, Huashan Hospital, Fudan University. The consensus on donor-derived infection control of solid organ transplantation in China(2018) [J]. Chin J Organ Transplant, 2018, 39(1): 41-52. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2018.01.008.

[26] Schuetz AN, Ferrell A, Hindler JA, et al. Overview of changes in the clinical and laboratory standards institute performance standards for antimicrobial susceptibility testing: M100 32nd and 33rd editions[J]. J Clin Microbiol, 2025, 63(9): e0162323. DOI: 10.1128/jcm.01623-23.

[27] Subramanian AK, Morris MI. Mycobacterium tuberculosis infections in solid organ transplantation[J]. Am J Transplant, 2013, 13: 68-76. DOI: 10.1111/ajt.12100.

[28] World Health Organization. Latent tuberculosis infection: updated and consolidated guidelines for programmatic management[R/OL]. Geneva: World Health Organization, 2018: 21-22. [2026-03-01]. https://iris.who.int/handle/10665/260233.

[29] 中国防痨协会. 高危人群结核分枝杆菌潜伏感染检测及预防性治疗专家共识[J]. 中国防痨杂志, 2021, 43(9): 874-878.
Chinese Antituberculosis Association. Expert consensus on detection and preventive treatment of latent tuberculosis infection in high-risk population[J]. Chin J Antituberc, 2021, 43(9): 874-878.

[30] 中华医学会器官移植学分会. 中国肾移植受者结核病临床诊疗指南(2023 版)[J]. 器官移植, 2024, 15(3): 323-332. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024098.
Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Guideline for clinical diagnosis and treatment of tuberculosis in kidney transplant recipients in China (2023 edition) [J]. Organ Transplant, 2024, 15(3): 323-332. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024098.

[31] Liu JJ, Zhang N, Ding SJ, et al. Epidemiological characteristics of human rabies cases reported by sites in China from 2006 to 2022[J]. BMC Infect Dis, 2024, 24(1): 966. DOI: 10.1186/s12879-024-09864-2.

[32] Srinivasan A, Burton EC, Kuehnert MJ, et al. Transmission of rabies virus from an organ donor to four transplant recipients[J]. N Engl J Med, 2005, 352(11): 1103-1111. DOI: 10.1056/nejmoa043018.

[33] Earnest R, Carter KK, Margrey SF, et al. Human-to-human rabies transmission via solid organ transplantation from a donor with undiagnosed rabies - United States, October 2024-February 2025[J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2025, 74(39): 600-605. DOI: 10.15585/mmwr.mm7439a1.

[34] Zhang J, Lin J, Tian Y, et al. Transmission of rabies through solid organ transplantation: a notable problem in China[J]. BMC Infect Dis, 2018, 18(1): 273. DOI: 10.1186/s12879-018-3112-y.

[35] Zhou H, Zhu WY, Zeng J, et al. Probable rabies virus transmission through organ transplantation, China, 2015[J]. Emerg Infect Dis, 2016, 22(8): 1348-1352. DOI: 10.3201/eid2208.151993.

[36] Swedberg C, Cash-Goldwasser S, Ross Y, et al. Maximizing human rabies case detection: understanding the diagnostic sensitivity of antemortem testing from 35 years of US data[J]. Clin Infect Dis, 2025: ciaf666. DOI: 10.1093/cid/ciaf666.

[37] Candia-Puma MA, Pola-Romero L, Barazorda-Ccahuana HL, et al. Evaluating rabies test accuracy: a systematic review and meta-analysis of human and canine diagnostic methods[J]. Diagnostics (Basel), 2025, 15(4): 412. DOI: 10.3390/diagnostics15040412.

[38] Lin BQ, Zhong D, Qin L, et al. Application of metagenomics sequencing to diagnose paralytic rabies with stroke-like onset: a case report[J]. Front Med, 2025, 12: 1639262. DOI: 10.3389/fmed.2025.1639262.

[39] Waldrop G, Reddy SP. Metagenomic next-generation sequencing in central nervous system infections: clinical strategies, evidence, and best practices[J]. Clin Infect Dis, 2026,

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

82(Supplement_4):S92-S99. DOI:10.1093/cid/ciag120.

[40] Wilson MR, Sample HA, Zorn KC, et al. Clinical metagenomic sequencing for diagnosis of meningitis and encephalitis[J]. N Engl J Med, 2019, 380(24): 2327-2340. DOI: 10.1056/NEJMoa1803396.

[41] 中国医师协会器官移植医师分会, 中华医学会器官移植学分会. 中国实体器官移植手术部位感染管理专家共识(2022版)[J]. 器官移植, 2023, 14(1):11-23, 48. DOI:10.3969/j.issn.1674-7445.2023.01.002.
Branch of Organ Transplant Physicians of Chinese Medical Doctor Association, Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association. Chinese experts consensus on the management of surgical site infection in solid organ transplantation (2022 edition)[J]. Organ Transplant, 2023, 14(1): 11-23.DOI:10.3969/j.issn.1674-7445.2023.01.002.

[42] Moradi F, Bahrami M, Nasrollahian S, et al. Global challenges of bacterial infections in organ transplantation: assessment of risk factors and predominant bacterial pathogen profiles threatening liver, kidney, heart, and lung transplant recipients[J]. BMC Infect Dis, 2025, 25(1):1153. DOI:10.1186/s12879-025-11579-x.

[43] Wang XD, Liu JP, Song TR, et al. Kidney transplantation from hepatitis B surface antigen (HBsAg)-positive living donors to HBsAg-negative recipients: clinical outcomes at a high-volume center in China[J]. Clin Infect Dis, 2021, 72(6):1016-1023. DOI: 10.1093/cid/ciaa178.

[44] Bhatnagar A, Prakash S, Lymberopoulos P, et al. Transplanting hepatitis B surface antigen-positive livers in the United States: Outcomes and opportunities[J]. Am J Transplant, 2023, 23(8): 1221-1226. DOI:10.1016/j.ajt.2023.04.024.

[45] Busebee B, Myhre L, Mara K, et al. De novo hepatitis B infection following liver transplantation with core antibody positive grafts: The role of surface antibody status in guiding long-term prophylaxis[J]. Clin Transplant, 2024, 38(2):e15263. DOI: 10.1111/ctr.15263.

[46] Wong TC, Fung JY, Cui TY, et al. Liver transplantation using hepatitis B core positive grafts with antiviral monotherapy prophylaxis[J]. J Hepatol, 2019, 70(6):1114-1122. DOI:10.1016/j.jhep.2019.03.003.

[47] Cotter TG, Aronsohn A, Reddy KG, et al. Liver transplantation of HCV-viremic donors into HCV-negative recipients in the United States: increasing frequency with profound geographic variation[J]. Transplantation, 2021, 105(6): 1285-1290. DOI: 10.1097/TP.0000000000003382.

[48] Bethea E, Arvind A, Gustafson J, et al. Immediate administration of antiviral therapy after transplantation of hepatitis C-infected livers into uninfected recipients: Implications for therapeutic planning[J]. Am J Transplant, 2020, 20(6):1619-1628. DOI:10.1111/ajt.15768.

[49] Sise ME, Goldberg DS, Kort JJ, et al. Multicenter study to transplant hepatitis C-infected kidneys (MYTHIC): an open-label study of combined glecaprevir and pibrentasvir to treat recipients of transplanted kidneys from deceased donors with hepatitis C virus infection[J]. J Am Soc Nephrol, 2020, 31(11): 2678-2687. DOI:10.1681/ASN.2020050686.

[50] Sise ME, Goldberg DS, Schaubel DE, et al. One-year outcomes of the multi-center StudY to transplant hepatitis C-InfeCted kidneys (MYTHIC) trial[J]. Kidney Int Rep, 2022, 7(2):241-250. DOI:10.1016/j.ekir.2021.11.022.

[51] Dieter RA, Mattoo A, Hotchkis P, et al. Prophylactic 2-week glecaprevir/pibrentasvir in hepatitis C positive-to-negative kidney transplantation[J]. Nephrol Dial Transplant, 2025, 40(7): 1322-1331. DOI:10.1093/ndt/gfae271.

[52] Bohorquez H, Velez JCQ, Lusco M, et al. Hepatitis C-associated focal proliferative glomerulonephritis in an aviremic recipient of a hepatitis C-positive antibody donor liver[J]. Am J Transplant, 2021, 21(8):2895-2899. DOI:10.1111/ajt.16565.

[53] Sobotka LA, Mumtaz K, Wellner MR, et al. Outcomes of hepatitis C virus seropositive donors to hepatitis C virus seronegative liver recipients: a large single center analysis[J]. Ann Hepatol, 2021, 24:100318. DOI:10.1016/j.aohep.2021.100318.

[54] Bethea ED, Gaj K, Gustafson JL, et al. Pre-emptive pangenotypic direct acting antiviral therapy in donor HCV-positive to recipient HCV-negative heart transplantation: an open-label study [J]. Lancet Gastroenterol Hepatol, 2019, 4(10): 771-780. DOI: 10.1016/S2468-1253(19)30240-7.

[55] Humar A, Lebranchu Y, Vincenti F, et al. The efficacy and safety of 200 days valganciclovir cytomegalovirus prophylaxis in high-risk kidney transplant recipients[J]. Am J Transplant, 2010, 10(5):1228-1237. DOI:10.1111/j.1600-6143.2010.03074.x.

[56] Limaye AP, Budde K, Humar A, et al. Letermovir vs valganciclovir for prophylaxis of cytomegalovirus in high-risk kidney transplant recipients: a randomized clinical trial[J]. JAMA, 2023, 330(1):33-42. DOI:10.1001/jama.2023.9106.

[57] Hernandez C, Mabilangan C, Burton C, et al. Cytomegalovirus transmission in mismatched solid organ transplant recipients: Are factors other than anti-viral prophylaxis at play?[J]. Am J Transplant, 2021, 21(12):3958-3970. DOI:10.1111/ajt.16734.

[58] Ludvigsen LUP, Åsberg A, Spetalen S, et al. Risk and prognosis of posttransplant lymphoproliferative disease in Epstein-Barr virus-seronegative kidney transplant recipients: an observational cohort study from Norway and western Denmark[J]. Am J Transplant, 2025, 25(7): 1547-1560. DOI: 10.1016/j.ajt.2025.01.035.

[59] Derouin F, Pelloux H. Prevention of toxoplasmosis in transplant patients[J]. Clin Microbiol Infect, 2008, 14(12):1089-1101. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2008.02091.x.

[60] Dard C, Marty P, Brenier-Pinchart MP, et al. Management of toxoplasmosis in transplant recipients: an update[J]. Expert Rev Anti Infect Ther, 2018, 16(6):447-460. DOI:10.1080/14787210.2018.1483721.

[61] Mamizadeh M, Maleki F, Mohammadi MR, et al. Seroprevalence and risk factors for Toxoplasma gondii infection in solid organ transplant patients: a global systematic review and meta-analysis[J]. Parasite Epidemiol Control, 2025, 29: e00421. DOI:10.1016/j.parepi.2025.e00421.

[62] Rezahosseini O, Ekenberg C, Møller DL, et al. Incidence and impact of parvovirus B19 infection in seronegative solid organ transplant recipients[J]. J Infect Dis, 2021, 224(5):865-869. DOI: 10.1093/infdis/jiab024.

[63] Yu YD, Wei CC, Lyu JH, et al. Donor-derived human parvovirus B19 infection in kidney transplantation[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2021, 11:753970. DOI:10.3389/fcimb.2021.753970.

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

[64] Huang Q, Wang YN, Chen RY, et al. Parvovirus B19 infection in kidney transplant recipients: a prospective study in a teaching hospital in Shanghai, China[J]. Transpl Immunol, 2022, 74: 101667. DOI:10.1016/j.trim.2022.101667.

[65] Razonable RR, Humar A. Cytomegalovirus in solid organ transplant recipients—Guidelines of the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice[J]. Clin Transplant, 2019, 33(9):e13512. DOI:10.1111/ctr.13512.

[66] Trung Hieu H, Tien Sy B. Risk factors for polyomavirus, cytomegalovirus, and viruria co-infection for follow-up of renal transplant patients[J]. Ann Transplant, 2022, 27: e937771. DOI: 10.12659/AOT.937771.

[67] Chiu CY, Miller SA. Clinical metagenomics[J]. Nat Rev Genet, 2019, 20(6):341-355. DOI:10.1038/s41576-019-0113-7.

[68] 中华检验医学培训工程专家委员会, 中华医学会呼吸病学分会. 成人呼吸道感染病原诊断核酸检测技术临床应用专家共识(2023)[J]. 协和医学杂志, 2023, 14(5): 959-971. DOI: 10.12290/xhyxzz.2023-0338.
China Laboratory Medicine Training Engineering Expert Committee, Chinese Medical Association Respiratory Branch. Expert consensus on nucleic acid of amplification techniques test for the diagnosis of pathogens in adult respiratory tract infections (2023)[J]. Med J Peking Union Med Coll Hosp, 2023, 14(5): 959-971. DOI:10.12290/xhyxzz.2023-0338.

[69] Lin K, Zhao YH, Xu B, et al. Clinical diagnostic performance of droplet digital PCR for suspected bloodstream infections[J]. Microbiol Spectr, 2023, 11: e01378-e01322. DOI: 10.1128/spectrum.01378-22.

[70] 上海市微生物学会临床微生物学专业委员会, 上海市医学会检验医学专科分会, 上海市医学会危重病专科分会. 血流感染临床检验路径专家共识[J]. 中华传染病杂志, 2022, 40(8): 457-475. DOI:10.3760/cma.j.cn311365-20220130-00033.
Clinical Microbiology Division of Shanghai Society of Microbiology; Shanghai Society of Laboratory Medicine, Shanghai Medical Association; Shanghai Society of Critical Care Medicine, Shanghai Medical Association. Expert consensus on clinical laboratory strategies for bloodstream infection [J]. Chin J Infect Dis, 2022, 40(8): 457-475. DOI:10.3760/cma.j.cn311365-20220130-00033.

[71] 中国医学装备协会基因检测分会, 国家医学检验临床医学研究中心, 北京市医学检验质量控制和改进中心. 病原体核酸快速检测临床实验室规范化应用专家共识(2025版)[J]. 中华医学杂志, 2025, 105(24): 1968-1973. DOI:10.3760/cma.j.cn112137-20250405-00837.
China Association of Medical Equipment of Genetic Testing; National Clinical Research Center for Laboratory Medicine; Beijing Medical Laboratory Quality Control and Improvement Center. Expert consensus on the standardized clinical application of rapid pathogen nucleic acid testing (2025 edition) [J]. Natl Med J China, 2025, 105(24): 1968-1973. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20250405-00837.

[72] 《中华传染病杂志》编辑委员会. 中国宏基因组学第二代测序技术检测感染病原体的临床应用专家共识[J]. 中华传染病杂志, 2020, 38(11): 681-689. DOI: 10.3760/cma.j.cn311365-20200731-00732.
Editorial Board of Chinese Journal of Infectious Diseases. Clinical practice expert consensus for the application of metagenomic next generation sequencing[J]. Chin J Infect Dis, 2020, 38(11):681-689. DOI:10.3760/cma.j.cn311365-20200731-00732.

[73] Zeng M, Xia J, Zong ZY, et al. Guidelines for the diagnosis, treatment, prevention and control of infections caused by carbapenem-resistant gram-negative bacilli[J]. J Microbiol Immunol Infect, 2023, 56(4):653-671. DOI:10.1016/j.jmii.2023.01.017.

[74] Mularoni A, Cona A, Campanella M, et al. Donor-derived carbapenem-resistant gram-negative bacterial infections in solid organ transplant recipients: Active surveillance enhances recipient safety[J]. Am J Transplant, 2024, 24(6): 1046-1056. DOI:10.1016/j.ajt.2024.02.005.

[75] Gao X, Chen L, Yang SL, et al. Donor-derived carbapenem-resistant Klebsiella Pneumoniae infections leading to retroperitoneal abscesses in kidney transplant recipients: a report of two cases[J]. BMC Infect Dis, 2024, 24(1): 1459. DOI: 10.1186/s12879-024-10372-6.

[76] Liu TH, Chen LH, Wan QQ. Carbapenem-resistant Klebsiella pneumoniae infections after liver transplantation: Drug resistance, risk factors and impact on prognosis[J]. World J Gastroenterol, 2025, 31(8): 98415. DOI: 10.3748/wjg.v31.i8.98415.

[77] Liu AJ, Dennis ASM, Fariha Z, et al. Multidrug-resistant organism bloodstream infections in solid organ transplant recipients and impact on mortality: a systematic review[J]. JAC Antimicrob Resist, 2024, 6(5): dlae152. DOI: 10.1093/jacamr/dlae152.

[78] Peghin M, Grossi PA. Donor-derived infections in solid organ transplant recipients[J]. Curr Opin Organ Transplant, 2023, 28(5):384-390. DOI:10.1097/mot.0000000000001094.

[79] Sha M, Shen C, Tong Y, et al. Cluster of donor-derived cryptococcosis after liver and kidney transplantation[J]. Emerg Infect Dis, 2022, 28(10): 2112-2114. DOI: 10.3201/eid2810.220522.

[80] Penumarthi LR, La Hoz RM, Wolfe CR, et al. Cryptococcus transmission through solid organ transplantation in the United States: a report from the Ad Hoc Disease Transmission Advisory Committee[J]. Am J Transplant, 2021, 21(5): 1911-1923. DOI:10.1111/ajt.16433.

[81] Baddley JW, Forrest GN, AST Infectious Diseases Community of Practice. Cryptococcosis in solid organ transplantation-Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice[J]. Clin Transplant, 2019, 33(9):e13543. DOI:10.1111/ctr.13543.

[82] Guo JJ, Wang Y, Ma JM, et al. Post-liver transplantation bacterial infection: current status, prevention and treatment[J]. Front Cell Infect Microbiol, 2025, 15: 1698937. DOI: 10.3389/fcimb.2025.1698937.

[83] Fishman JA, Gans H, AST Infectious Diseases Community of Practice. Pneumocystis jiroveci in solid organ transplantation: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice[J]. Clin Transplant, 2019, 33(9):e13587. DOI:10.1111/ctr.13587.

[84] Zheng XX, Li JH, Li ZL, et al. The prevalence and associated risk factors of post-transplant Toxoplasma gondii infection

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

among kidney transplant recipients and patients with uremia in Central-Southern China[J]. PLoS Negl Trop Dis, 2025, 19(5): e0013063. DOI:10.1371/journal.pntd.0013063.

[85] Tamma PD, Heil EL, Justo JA, et al. Infectious diseases society of America 2024 guidance on the treatment of antimicrobial-resistant gram-negative infections[J]. Clin Infect Dis, 2024: ciae403. DOI:10.1093/cid/ciae403.

[86] Wunderink RG, Giamarellos-Bourboulis EJ, Rahav G, et al. Effect and safety of meropenem-vaborbactam versus best-available therapy in patients with carbapenem-resistant Enterobacteriaceae infections: the TANGO II randomized clinical trial[J]. Infect Dis Ther, 2018, 7(4): 439-455. DOI: 10.1007/s40121-018-0214-1.

[87] Woolley AE, Singh SK, Goldberg HJ, et al. Heart and lung transplants from HCV-infected donors to uninfected recipients [J]. N Engl J Med, 2019, 380(17): 1606-1617. DOI: 10.1056/nejmoa1812406.

[88] Reese PP, Abt PL, Blumberg EA, et al. Twelve-month outcomes after transplant of hepatitis C-infected kidneys into uninfected recipients: a single-group trial[J]. Ann Intern Med, 2018, 169(5):273-281. DOI:10.7326/M18-0749.

[89] Waller KMJ, De La Mata N, Hedley JA, et al. Transmission risk of intentional transplantation of kidneys from donors with active hepatitis B to recipients without active hepatitis B: a systematic review and meta-analysis[J]. Transplantation, 2026, 110(4):e912-e922. DOI:10.1097/TP.0000000000005575.

[90] Cornberg M, Sandmann L, Jaroszewicz J, et al. EASL Clinical Practice Guidelines on the management of hepatitis B virus infection[J]. J Hepatol, 2025, 83(2): 502-583. DOI: 10.1016/j.jhep.2025.03.018.

[91] Rinaldi M, Bonazzetti C, Gatti M, et al. The impact of preservation fluid culture on graft site arteritis: a systematic review and meta-analysis[J]. Transpl Infect Dis, 2022, 24(6): e13979. DOI:10.1111/tid.13979.

[92] 濮世俊,季美丽,李雨虹,等.器官保存液微生物培养对于移植术后感染的预警作用:单中心回顾性病例对照研究[J].实用器官移植电子杂志,2023,11(1):14-18. DOI:10.3969/j.issn.2095-5332.2023.01.004.
Pu SJ, Ji ML, Li YH, et al. The forewarning function of microbial culture in organ preservation solution on infection after transplantation: a single center, retrospective study[J]. Pract J Organ Transplant Electron Version, 2023, 11(1): 14-18. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2023.01.004.

[93] Sui MX, Zheng NX, Xu D, et al. Colistin sulfate for decontamination of preservation fluid in kidney transplantation to decrease the incidence of donor-derived infections caused by multidrug-resistant Gram-negative bacteria[J]. Transpl Infect Dis, 2022, 24(3):e13820. DOI:10.1111/tid.13820.

[94] Liang H, Zhang P, Yu B, et al. Machine perfusion combined with antibiotics prevents donor-derived infections caused by multidrug-resistant bacteria[J]. Am J Transplant, 2022, 22(7): 1791-1803. DOI:10.1111/ajt.17032.

[95] Nakaminami H, Tajima M, Koishikawa K, et al. Development of effective antimicrobial cocktails to prevent bacterial contamination of allograft tissues under low temperature conditions[J]. Interact CardioVascular Thorac Surg, 2019, 28(1): 128-136. DOI:10.1093/icvts/ivy209.

[96] Lau NS, Ly M, Dennis C, et al. Microbial contamination during long-term ex vivo normothermic machine perfusion of human livers[J]. Transplantation, 2024, 108(1): 198-203. DOI: 10.1097/TP.0000000000004653.

[97] Andreasson A, Karamanou DM, Perry JD, et al. The effect of ex vivo lung perfusion on microbial load in human donor lungs[J]. J Heart Lung Transplant, 2014, 33(9): 910-916. DOI: 10.1016/j.healun.2013.12.023.

[98] Duan YZ, Yu JH, Zhang P, et al. Prevention of donation-related infections: investigating the use of antibiotics in the decontamination of preservation fluid for organ transplantation [J]. Front Cell Infect Microbiol, 2025, 15: 1572799. DOI: 10.3389/fcimb.2025.1572799.

[99] Tang DQ, Zhang LJ, Duan YZ, et al. Preheating colistimethate sodium enhances its efficacy against multi/extensively drug-resistant Gram-negative bacilli in preservation fluid[J]. Sci Rep, 2026, 16:7523. DOI:10.1038/s41598-026-38748-5.

[100] Duan YZ, Tang DQ, Li YH, et al. Study on the antibacterial efficacy of ceftazidime-avibactam combined with aztreonam against multidrug-resistant bacteria in hypothermic organ preservation solution[J]. Transpl Infect Dis, 2026, 28(2): e70157. DOI:10.1111/tid.70157.

[101] Tang DQ, Li YH, Duan YZ, et al. Study on the decontamination effect of eravacycline on multidrug-resistant bacteria in hypothermic organ preservation solution[J]. Microb Drug Resist, 2026, 32(3):75-81. DOI:10.1177/10766294251411016.

[102] Goenaga-Mafud LC, Vollet-Filho JD, Costa C, et al. A proof-of-principle for decontamination of transplantation kidney through UV-C exposition of the perfusate solution[J]. Sci Rep, 2024, 14: 5715. DOI:10.1038/s41598-024-55574-9.

[103] Svoronos PA, Hernandez Acosta RA, Vijayvargiya P, et al. Analyzing the donor dilemma: outcomes of kidney transplant recipients from donors with positive blood cultures obtained at organ procurement[J]. Open Forum Infect Dis, 2025, 12(2): ofae694. DOI:10.1093/ofid/ofae694.

[104] Gatti M, Rinaldi M, Ferraro G, et al. Breakthrough invasive fungal infections in liver transplant recipients exposed to prophylaxis with echinocandins vs other antifungal agents: a systematic review and meta-analysis[J]. Mycoses, 2021, 64(11): 1317-1327. DOI:10.1111/myc.13362.

[105] Mazzitelli M, Nalesso F, Maraolo AE, et al. Fungal infections in kidney transplant recipients: a comprehensive narrative review [J]. Microorganisms, 2025, 13(1): 207. DOI: 10.3390/microorganisms13010207.

[106] Samanta P, Clancy CJ, Nguyen MH. Fungal infections in lung transplantation[J]. J Thorac Dis, 2021, 13(11): 6695-6707. DOI: 10.21037/jtd-2021-26.

[107] Winston DJ, Limaye AP, Pelletier S, et al. Randomized, double-blind trial of anidulafungin versus fluconazole for prophylaxis of invasive fungal infections in high-risk liver transplant recipients [J]. Am J Transplant, 2014, 14(12): 2758-2764. DOI: 10.1111/ajt.12963.

[108] Saliba F, Pascher A, Cointault O, et al. Randomized trial of micafungin for the prevention of invasive fungal infection in high-risk liver transplant recipients[J]. Clin Infect Dis, 2015, 60(7):

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究

997-1006. DOI:10.1093/cid/ciu1128.

[109] Kang WH, Song GW, Lee SG, et al. A multicenter, randomized, open-label study to compare micafungin with fluconazole in the prophylaxis of invasive fungal infections in living-donor liver transplant recipients[J]. J Gastrointest Surg, 2020, 24(4): 832-840. DOI:10.1007/s11605-019-04241-w.

[110] 国家传染病医学中心, 中华医学会感染病学分会, 《中华传染病杂志》编辑委员会. 中国高危人群乙型肝炎病毒再激活防治指南(2026年版)[J]. 中华传染病杂志, 2026, 44(2):65-79. DOI:10.3760/cma.j.cn311365-20251118-00397.
National Medical Center for Infectious Diseases; Society of Infectious Diseases, Chinese Medical Association; Editorial Committee of Chinese Journal of Infectious Diseases. Guidelines on the prevention and treatment of hepatitis B virus reactivation in high-risk populations in China (version 2026)[J]. Chin J Infect Dis, 2026, 44(2):65-79. DOI:10.3760/cma.j.cn311365-20251118-00397.

[111] Bhattacharya D, Aronsohn A, Price J, et al. Hepatitis C guidance 2023 update: AASLD-IDSA recommendations for testing, managing, and treating hepatitis C virus infection[J]. Clin Infect Dis, 2023:ciad319. DOI:10.1093/cid/ciad319.

[112] Snyder HS, Wiegel JJ, Khalil K, et al. A systematic review of direct acting antiviral therapies in hepatitis C virus-negative liver transplant recipients of hepatitis C-viremic donors[J]. Pharmacotherapy, 2022, 42(12):905-920. DOI:10.1002/phar.2742.

[113] WHO consolidated guidelines on tuberculosis: Module 1: Prevention - Tuberculosis preventive treatment, second edition. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. Geneva2024.

[114] 郑建铭, 张永信. 肝移植术后肺部感染及其诊治[J]. 上海医药, 2019, 40(5):3-5, 20. DOI:10.3969/j.issn.1006-1533.2019.05.002.
Zheng JM, Zhang YX. Diagnosis and treatment of pulmonary infection after liver transplantation[J]. Shanghai Med Pharm J, 2019, 40(5):3-5, 20. DOI:10.3969/j.issn.1006-1533.2019.05.002.

[115] Martin P, DiMartini A, Feng S, et al. Evaluation for liver transplantation in adults: 2013 practice guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases and the American Society of Transplantation[J]. Hepatology, 2014, 59(3):1144-1165. DOI:10.1002/hep.26972.

[116] Singh N, Wagener MM, Gayowski T. Safety and efficacy of isoniazid chemoprophylaxis administered during liver transplant candidacy for the prevention of posttransplant tuberculosis[J]. Transplantation, 2002, 74(6): 892-895. DOI: 10.1097/01.TP.0000027945.73198.66.

[117] Jahng AW, Tran T, Bui L, et al. Safety of treatment of latent tuberculosis infection in compensated cirrhotic patients during transplant candidacy period[J]. Transplantation, 2007, 83(12): 1557-1562. DOI:10.1097/01.tp.0000266578.45634.4f.

[118] 中华医学会器官移植学分会. 中国肾脏移植多重耐药细菌感染临床诊疗指南(2023版)[J]. 中华器官移植杂志, 2024, 45(11):729-751. DOI:10.3760/cma.j.cn421203-20231213-00190.
Branch of Organ Transplantation, Chinese Medical Association. Chinese clinical guidelines for diagnosing and treating multidrug-resistant bacterial infections in kidney transplantation recipients (edition 2023) [J]. Chin J Organ Transplant, 2024, 45(11):729-751. DOI:10.3760/cma.j.cn421203-20231213-00190.

[119] Reboli AC, Rotstein C, Pappas PG, et al. Anidulafungin versus fluconazole for invasive candidiasis[J]. N Engl J Med, 2007, 356(24):2472-2482. DOI:10.1056/NEJMoa066906.

[120] Pappas PG, Kauffman CA, Andes DR, et al. Clinical practice guideline for the management of candidiasis: 2016 update by the infectious diseases society of America[J]. Clin Infect Dis, 2016, 62(4):e1-e50. DOI:10.1093/cid/civ933.

[121] Mularoni A, Cona A, Coniglione G, et al. Donor-derived mold infections in lung transplant recipients: The importance of active surveillance[J]. Transpl Infect Dis, 2024, 26(Suppl 1): e14304. DOI:10.1111/tid.14304.

[122] Patterson TF, Thompson GR III, Denning DW, et al. Practice guidelines for the diagnosis and management of aspergillosis: 2016 update by the infectious diseases society of America[J]. Clin Infect Dis, 2016, 63(4):e1-e60. DOI:10.1093/cid/ciw326.

[123] Cornely OA, Alastruey-Izquierdo A, Arenz D, et al. Global guideline for the diagnosis and management of mucormycosis: an initiative of the European Confederation of Medical Mycology in cooperation with the Mycoses Study Group Education and Research Consortium[J]. Lancet Infect Dis, 2019, 19(12):e405-e421. DOI:10.1016/S1473-3099(19)30312-3.

[124] Neofytos D, Garcia-Vidal C, Lamoth F, et al. Invasive aspergillosis in solid organ transplant patients: diagnosis, prophylaxis, treatment, and assessment of response[J]. BMC Infect Dis, 2021, 21(1):296. DOI:10.1186/s12879-021-05958-3.

[125] Husain S, Camargo JF. Invasive Aspergillosis in solid-organ transplant recipients: Guidelines from the American Society of Transplantation Infectious Diseases Community of Practice[J]. Clin Transplant, 2019, 33(9):e13544. DOI:10.1111/ctr.13544.

[126] Huprikar S, Danziger-Isakov L, Ahn J, et al. Solid organ transplantation from hepatitis B virus-positive donors: consensus guidelines for recipient management[J]. Am J Transplant, 2015, 15(5):1162-1172. DOI:10.1111/ajt.13187.

(收稿日期: 2026-07-31)

中華醫學會雜誌社 Chinese Medical Association Publishing House 版权所有 违者必究