doi:10.11659/jjssx.11E025048

·综 述·

肝移植供肝选择:标准与扩大标准的循证进展与前沿策略

罗嘉豪[1],黎 锋[2],刘德凤[3],陈 鹏[1],朱哲宇[1],胡议予[4],王秀琳[4],王运兵[1],丁 雄[1] (1.重庆医科大学附属第二医院肝胆外科,重庆 400010;2.秀山县人民医院肝胆外科,重庆 409900;3.重庆医科大学附属第二医院药学部,重庆 400010;4.重庆医科大学第二临床学院,重庆 400010)

[摘 要] 肝移植是目前治疗急性肝衰竭及终末期肝病最有效的手段,其能够显著改善患者长期生存率。然而,全球范围内供肝资源的持续短缺已成为限制肝移植广泛开展和移植效果提升的关键难题。为了应对这一难题,医学界不断探索并优化供肝选择标准,推动从传统"标准供肝"向"扩大标准供肝"的转变。近年来,随着外科技术、器官保存及术后管理水平的提升,扩大标准供肝[包括脂肪变性供肝、心脏死亡器官捐献供肝、高龄供肝、乙型肝炎病毒(HBV)感染供肝等]的应用安全性与可行性逐步得到验证,相关风险的评估与管理策略也日趋完善。本文系统回顾了近年来国内外关于标准供肝与扩大标准供肝的研究进展,旨在系统评估不同扩大标准供肝的风险与适用人群,进一步提高肝移植的整体疗效与器官利用率。

[关键词] 肝移植;扩大标准供肝;进展;前沿;综述

[中图分类号] R617 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-11-09

Liver graft selection: evidence-based advances and frontier strategies on standard and extended criteria

LUO Jia-hao[1], LI Feng[2], LIU De-feng[3], CHEN Peng[1], ZHU Zhe-yu[1], HU Yi-yu[4], WANG Xiu-lin[4], WANG Yun-bing[1], DING Xiong[1] (1. Department of Hepatobiliary Surgery, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China; 2. Department of Hepatobiliary Surgery, Xiusan County People's Hospital, Chongqing 409900, China; 3. Department of Pharmacy, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China; 3. the Second Clinical College of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

Abstract: Liver transplantation is still the most effective treatment for acute liver failure and end-stage liver disease, and it has remarkably improved the long-term survival of patients. However, the persistent shortage of donor livers worldwide has become a bottleneck in the further dissemination and optimization of transplantation outcomes. In this respect, the medical community has continued to explore and refine donor selection criteria, promoting a paradigm shift from traditional "standard liver donors" to "expanded criteria liver donors". In recent years, along with the progress made in surgical techniques, organ preservation, and postoperative management, the safety and feasibility of using expanded criteria donor livers, including those with steatosis, from donors after cardiac death, elderly donors, and hepatitis B virus (HBV)-infected donors, have been increasingly validated, and the corresponding risk assessment and management strategies have also become increasingly sophisticated. This review systematically summarizes recent progress in both domestic and international studies on standard and expanded criteria liver donors in order to comprehensively evaluate the risks and appropriate indications of various expanded criteria donors and thereby promote the overall efficacy of liver transplantation while optimizing organ use.

Keywords: liver transplantation; expanded criteria donor livers; advance; frontier; review

肝移植是目前治疗急性肝衰竭和终末期肝病的根本性手段,但器官供源的短缺仍是全球该类患者重获新生最大的阻碍。目前,我国器官供需比约为1:7,超过13万例终末期肝病患者在等待肝移植[1]。在过去的20多年里,美国等待肝移植的患者中已有超过5万人在等待过程中死亡[2]。在此背景下,如何合理选择供肝并同时最大化利用有限资源,已然成为当前科学研究与临床实践的核心问题。

随着肝移植手术技术的不断发展,肝移植领域在解决器官短缺问题上也取得了一定进展,如今终末期肝病患者可获取的器官数量显著增加。本文就肝移植供肝选择的研究现状进行综述,系统梳理当前供肝选择的相关研究成果,旨在为临床终末期肝病患者的供肝选择提供科学、合理的参考依据,进而提高肝移植治疗效果,改善患者生活质量。

[基金项目] 重庆市自然科学基金面上项目(cstc2021jcyj-msxmX0294);重庆市自然科学基金博士后项目(cstc2020jcyj-bshX0033);重庆市科卫联合项目(2021MSXM139)

[通信作者] 丁 雄,E-mail:300378@hospital.cqmu.edu.cn;王运兵,E-mail:wangyunbing@cqmu.edu.cn

1 标准供肝

目前,对于标准供肝的准确定义,尚无全球绝对统一的共识。其通常是大多数移植中心在接受供肝时偏好的条件,包含年龄、血流动力学、冷缺血时间以及有无基础肝病和合并症这几个方面,具体如下:①年龄通常在18~60岁,年龄超过60岁的供肝可能会导致早期移植物功能不全(early allograft dysfunction,EAD)和原发性移植物无功能(primary graft nonfunction,PNF)发生率较高或移植物失败;②血流动力学稳定,无需广泛的血管活性药物的支持;③冷缺血时间(cold ischemia time,CIT)<8 h;④供肝功能基本正常,肝脏脂肪变性<10%;⑤供者无肥胖、精神和情绪障碍等合并症[3-5]。这类肝脏有着最佳的生理储备和再生能力,因此是肝移植的"黄金标准"。然而,在代谢性疾病、乙型肝炎病毒(hepatitis B virus,HBV)携带者以及肥胖人群日渐增多的当下,完全符合上述标准的供肝日渐稀缺,标准供肝的价值更多在于为扩大标准供肝的修复与评估提供对照。

2 扩大标准供肝

由于肝移植供肝资源的日渐缺乏,扩大标准供肝的概念逐渐被提出,但其概念是一个流动的、以证据及技术进展而逐渐扩大的标准,常以与标准供肝的定义相比较而界定。依据《中国扩大标准供肝移植临床应用指南》(2025版)[6],扩大标准供肝主要包括脂肪变性供肝、心脏死亡器官捐献供肝、高龄供肝、HBV感染供肝等。

2.1 脂肪变性供肝

有研究表明,随着代谢性疾病和肥胖问题日益严重,亚洲人群代谢相关脂肪性肝病患病率为29.62%,使得脂肪变性供肝的使用比例也不断提高[7]。肝脂肪变性的定义:当肝内脂质含量超过肝脏湿重的5%,或肝组织切片光镜下每单位面积1/3以上肝细胞有脂滴存在[8]。根据肝脏组织学类型分类,可分为小泡性脂肪变性和大泡性脂肪变性[9]。在临床上,大泡性脂肪变性又可分为轻度(<30%)、中度(30%~60%)和重度(>60%)。

脂肪变性供肝有着不同的损伤机制,主要涉及微循环障碍、细胞损伤、能量代谢障碍、氧化应激以及再灌注损伤,这些机制与移植肝的存活率和受者的生存率密切相关[9]。Halazun等[10]研究表明,扩大标准供肝组与标准供肝组受者的总体生存率无显著差异,2组受者的1年、3年及5年生存率相近,扩大标准供肝组受者的1年、3年及5年生存率分别为87%、76%、70%,标准供肝组分别为89%、81%、76%,这提示部分脂肪变性供肝在合理条件下可应用。然而,一些研究认为,与非脂肪变性供肝相比,中度脂肪变性供肝会显著增加受者原发性移植肝无功能、早期移植肝功能障碍、肝移植术后再灌注综合征、30 d内再次手术的风险,同时会降低移植肝的存活率[11-12]。对于移植肝的存活率,Halazun等[10]在研究中得出扩大标准供肝受者的移植肝总体存活率显著低于标准供肝受者。多数研究表明,小泡性脂肪变性供肝与轻度大泡性脂肪变性供肝对肝移植预后无明显不良影响,中、重度大泡性脂肪变性供肝会增加移植物功能障碍的风险,这与其术后转氨酶水平显著升高有关,中、重度大泡性脂肪变性供肝的受者转氨酶水平恢复会出现延迟,但这不代表其移植功能差[9,13-14]。

目前临床实践面临的关键难题是如何安全有效地应用脂肪变性供肝。国内指南给出的意见是:①对于存在脂肪变性的潜在活体供肝,建议采取减重措施以减少脂肪含量,从而使移植肝效果接近非脂肪变性供肝的水平(推荐强度B,证据等级2a);②轻度脂肪变性的供肝可安全用于肝移植;中度及以上脂肪变性供肝应避免应用于终末期肝病模型(model for end-stage liver disease,MELD)评分>35分或术前需生命支持治疗的受者(推荐强度B,证据等级2b);③需加强对肝移植受者术前营养及代谢状况的评估,合并肥胖、糖尿病或高血压的受者应慎重考虑使用中度及以上脂肪变性供肝(推荐强度B,证据等级2b)[6]。

2.2 心脏死亡器官捐献供肝

心脏死亡器官捐献(donation after cardiac death,DCD)是指循环功能不可逆停止后的器官捐献。因我国尚无脑死亡立法,DCD已成为缓解供肝短缺的重要途径,且随肝移植与器官保存技术的进步,其临床应用逐渐扩大。

目前,DCD分为可控型和不可控型两大类[15]。可控型DCD是指在受控条件下,逐渐撤除氧合和心脏监测后进行器官获取,其热缺血时间(warm ischemia time,WIT)相对可控,移植肝预后较好;然而,不可控型DCD的WIT相对不可控,WIT过长会导致供肝氧化应激损伤,可能出现不可逆的器官损伤,器官质量往往难以保证,从而影响肝移植受者的预后[16]。WIT又可分为总热缺血时间(total warm ischemia time,tWIT)和功能性热缺血时间(functional warm ischemia time,fWIT)。临床上通常建议将fWIT控制在30 min以内,若fWIT>30 min,会引起严重的并发症,导致受者和移植肝的存活率显著

降低[17-18]。

有研究表明,使用DCD供肝进行肝移植时,胆道并发症的发生风险显著升高[19-20]。这主要是因为胆管上皮细胞对热缺血损伤具有高度敏感性,移植后更易出现胆道结构破坏和功能异常,其中fWIT过长则会引起术后胆管狭窄[18]。一项研究发现放置T管有助于降低胆管吻合口狭窄风险[21]。而另一项研究则发现,留置T管并不会降低胆漏风险[22]。因此,在临床上对于肝移植术后放置T管能否降低胆道并发症的发生率仍有争议,需进一步研究。为进一步提高DCD供肝移植术后受者的预后,越来越多的辅助技术在临床上得到了应用。有文献报道,通过应用低温携氧及常温机械灌注等技术,可有效降低DCD供肝移植受者非吻合口胆管狭窄与EAD等并发症发生的风险[23-27]。

2.3 高龄供肝

在我国人口老龄化和供肝短缺加剧的背景下,将高龄供肝纳入扩大标准供肝范畴,已成为拓展肝移植资源的重要策略。高龄供肝在美国和欧洲有着不同的定义,美国移植外科医师学会将年龄≥60岁捐献者的肝脏定义为高龄供肝,而欧洲器官移植协会则是≥65岁[6]。相比于年轻供肝,高龄供肝存在肝脏体积偏小、严重肝纤维化与血管钙化、脂肪变性、潜在恶性肿瘤、病毒感染及动脉粥样硬化等诸多劣势。有研究对148例(高龄供肝,n=74;年轻供肝,n=74)肝移植受者进行预后分析,结果显示,与年轻供肝相比,高龄供肝受者的胆道并发症及PNF发生率更高,移植肝存活率亦显著更低[28]。且高龄供肝受者的胆道并发症发生率随着供者年龄增长而增加[29]。

研究表明,高龄供肝对移植肝的早期功能恢复及1年存活率存在影响,控制CIT<8 h被证实能显著降低高龄供肝EAD发生率,从而改善受者预后[28]。若将供者与受者的年龄差控制在10岁以内,有助于提高45岁及以下受者的总体生存率,但无法改善65岁及以上受者的预后情况[30]。随着越来越多的移植中心成功进行高龄供肝移植,对于高龄供肝的年龄选择范围也逐渐扩大到80岁。有研究表明,对于术前无ICU治疗史和病毒感染史的受者,若供肝(年龄≥80岁)的CIT<8 h,其长期生存率将显著提高[31]。

目前,高龄供肝在肝癌移植中的临床应用日益受到关注。国内研究显示,2015—2018年,我国60岁及以上供者的供肝用于肝细胞癌(hepatocellular carcinoma,HCC)移植的比例由9.3%升至14.5%,但70岁及以上供者的供肝仍较少;同时高龄供肝组(年龄≥60岁)无瘤生存期显著短于年轻供肝组(年龄<60岁),但若2组受者均符合米兰标准,则他们的总体生存率和无瘤生存期无明显差异[32]。因此,该领域还需要进一步研究。

2.4 HBV感染供肝

据2019年世界卫生组织统计,全球约3亿人感染HBV[33]。我国作为高发地区,HBV感染供肝已成为移植肝的来源之一,但其安全性与可行性需全面评估。此类供肝被认为可能会增加移植肝感染复发及患肝癌的风险。有研究表明,与乙肝表面抗原(hepatitis B surface antigen,HBsAg)阴性供肝相比,即使长期服用恩替卡韦或替诺福韦等抗病毒药物治疗的HBsAg阳性供者的供肝仍会使原发病为肝癌的受者移植后面临更高的乙型病毒性肝炎及肝癌复发的风险,因此应尽量减少HBsAg阳性供肝用于肝癌患者[34-35]。

此外,多项研究也表明,使用HBsAg阳性供肝与肝细胞癌受者肝移植术后肿瘤复发与转移显著相关[36-37]。Lu等[38]基于供者HBsAg与受者乙肝核心抗体(hepatitis B core antibody,HBcAb)匹配状态,甲胎蛋白(alpha-fetoprotein,AFP)及是否满足米兰标准构建了风险预测模型,发现HBsAg阳性供肝应用于HBcAb阳性受者的肝癌复发风险最高。综上,HBsAg阳性供肝会增加受者术后肿瘤复发与转移风险,因此需谨慎将HBsAg阳性供肝用于HBcAb阳性受者。

3 总结与展望

虽然标准供肝一直被视为肝移植的“黄金”来源,但是扩大标准供肝的合理应用也显著拓宽了供体范围,同时也为缓解器官短缺提供了重要途径。目前,扩大标准供肝主要包括脂肪变性供肝、心脏死亡器官捐献供肝、高龄供肝、HBV感染供肝等。除此之外,扩大标准供肝的范围也有一些新的进展。Lee等[39]在2001年首次报道了双供肝移植(dual-graft liver transplantation,DGLT),为肝移植提供了新的方案。通过使用双供肝,既降低了单个供肝的手术风险,又保证了受者获得足够功能的肝脏体积,这使得部分扩大标准供肝也可被纳入应用,在一定程度上也扩大了供体池。有多中心研究显示,DGLT术后的并发症发生率及受者生存率与单供肝移植受者相近,均获得了较理想的预后效果[40-41]。但因手术复杂、难度高,仍需依赖团队的手术水平和循证医学证据的进一步积累。

在未来,供肝选择的发展应致力于以下几方面:第一,应进一步推进机械灌注与体外肝支持等前沿技术的发展,提升扩大标准供肝的质量和安全性[42-43]。第二,应建立能够预测肝移植术后移植肝存活率的人工智能模型,同时结合多模态影像融合,用于预测供

肝和受者之间的匹配风险,从而实现更加个体化的分配方案[44-46]。最后,针对脂肪变性供肝,需要更加深入探索代谢干预和再生功能修复的机制,再通过多中心临床研究,制定能够基于组织学类型和脂肪变性程度的适用标准[47];对于DCD供肝,则需要通过深入研究缺血再灌注损伤的机制,不断优化器官保存技术,来提高供肝的可使用率[48];针对高龄及HBV感染供肝,应构建一个整合供者年龄、病毒学指标,以及受者免疫状态的风险预测体系,同时还应深入抗病毒治疗及免疫调控策略的研究[49]。总之,尽管供肝缺乏是限制肝移植开展的主要因素,但是目前肝移植供肝选择的相关研究越来越多,意味着更多的供肝类型可能会被用于肝移植,这将大力促进肝移植技术的临床运用,让更多的患者受益。

[参考文献]

[1] 何泽平,宋方彬,徐军明. 肝移植的新进展与挑战[J]. 肝脏,2023,28(9):1015-1018. doi:10.14000/j.cnki.issn.1008-1704.2023.09.004.

[2] Goldaracena N, Cullen JM, Kim DS, et al. Expanding the donor pool for liver transplantation with marginal donors[J]. Int J Surg, 2020, 82: 30-35. doi:10.1016/j.ijsu.2020.05.024.

[3] Samuel D, De Martin E, Berg T, et al. EASL Clinical Practice Guidelines on liver transplantation[J]. J Hepatol, 2024, 81(6): 1040-1086. doi:10.1016/j.jhep.2024.07.032.

[4] Cotter TG, Odenwald MA, Perez-Gutierrez A, et al. Preservation solutions for static cold storage in donation after circulatory death and donation after brain death liver transplantation in the United States[J]. Liver Transpl, 2022, 28(9): 1454-1462. doi:10.1002/lt.26457.

[5] Shi D. Application of extended criteria donor liver grafts in liver transplantation[J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2025, 24(3): 331-333. doi:10.1016/j.hbpd.2025.01.001.

[6] 中华医学会器官移植学分会肝移植学组,中国医师协会器官移植医师分会. 中国扩大标准供肝移植临床应用指南(2025版)[J]. 中华移植杂志(电子版),2025,19(2):65-75. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2025.02.001.

[7] Eslam M, Sarin SK, Wong VWS, et al. The Asian Pacific Association for the Study of the Liver clinical practice guidelines for the diagnosis and management of metabolic associated fatty liver disease[J]. Hepatol Int, 2020, 14(6): 889-919. doi:10.1007/s12072-020-10094-2.

[8] 荆 强,曾 勇. 脂肪变性供肝与肝移植[J]. 华西医学,2005(3):593-594. doi:10.3969/j.issn.1002-0179.2005.03.131.

[9] 吴小雅,江 艺. 供肝脂肪变性程度对肝移植术后恢复的影响[J]. 实用器官移植电子杂志,2023,11(2):187-192. doi:10.3969/j.issn.2095-5332.2023.02.019.

[10] Halazun KJ, Quillin RC, Rosenblatt R, et al. Expanding the margins: high volume utilization of marginal liver grafts among >2000 liver transplants at a single institution[J]. Ann Surg, 2017, 266(3): 441-449. doi:10.1097/SLA.0000000000002383.

[11] Croome KP, Lee DD, Croome S, et al. The impact of postreperfusion syndrome during liver transplantation using livers with significant macrosteatosis[J]. Am J Transplant, 2019, 19(9): 2550-2559. doi:10.1111/ajt.15330.

[12] Chu MJJ, Dare AJ, Phillips ARJ, et al. Donor hepatic steatosis and outcome after liver transplantation: a systematic review[J]. J Gastrointest Surg, 2015, 19(9): 1713-1724. doi:10.1007/s11605-015-2832-1.

[13] Gabrielli M, Moisan F, Vidal M, et al. Steatotic livers. Can we use them in OLTX? Outcome data from a prospective baseline liver biopsy study[J]. Ann Hepatol, 2012, 11(6): 891-898. doi:10.1016/S1665-2681(19)31415-2.

[14] Steggerda JA, Borja-Cacho D, Brennan TV, et al. A clinical tool to guide selection and utilization of marginal donor livers with graft steatosis in liver transplantation[J]. Transplant Direct, 2022, 8(2): e1280. doi:10.1097/TXD.0000000000001280.

[15] Brown MB, Abramowicz AE, Panzica PJ, et al. Anesthetic considerations of organ procurement after brain and cardiac death: a narrative review[J]. Cureus, 2023, 15(6): e40629. doi:10.7759/cureus.40629.

[16] Xiang Z, Li J, Zeng H, et al. Current understanding of marginal grafts in liver transplantation[J]. Aging Dis, 2025, 16(2): 1036. doi:10.14336/AD.2024.0214.

[17] Panayotova GG, Lunsford KE, Quillin RC, et al. Portable hypothermic oxygenated machine perfusion for organ preservation in liver transplantation: a randomized, open-label, clinical trial[J]. Hepatology, 2024, 79(5): 1033-1047. doi:10.1097/HEP.0000000000000715.

[18] 邹欣蕾,黄子越,史武江,等. 常温局部灌注在受控心脏死亡肝移植供体中的应用[J]. 中国普通外科杂志,2023,32(7):1087-1096. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.07.014.

[19] Houben P, Döhler B, Weiß KH, et al. Differential influence of donor age depending on the indication for liver transplantation: a collaborative transplant study report[J]. Transplantation, 2020, 104(4): 779-787. doi:10.1097/TP.0000000000002970.

[20] 黄 帆,吴若林,陈广厚,等. 公民逝世后器官捐献老年供肝肝移植短期疗效单中心分析[J]. 肝胆胰外科杂志,2023,35(9):525-529. doi:10.11952/J.ISSN.1007-1954.2023.09.002.

[21] Martinino A, Pereira JPS, Spoletini G, et al. The use of the T-tube in biliary tract reconstruction during orthotopic liver transplantation: an umbrella review[J]. Transplant Rev, 2022, 36(4): 100711. doi:10.1016/j.trre.2022.100711.

[22] Zhao JZ, Qiao LL, Du ZQ, et al. T-tube vs no T-tube for biliary tract reconstruction in adult orthotopic liver transplantation: an updated systematic review and meta-analysis[J]. World J Gastroenterol, 2021, 27(14): 1507. doi:10.3748/wjg.v27.i14.1507.

[23] Tang G, Zhang L, Zhou R. A commentary on 'Effects of machine perfusion strategies on different donor types in liver transplantation: a systematic review and meta-analysis'[J]. Int J Surg, 2023, 109(12): 4377-4379. doi:10.1097/JS9.0000000000000730.

[24] Schlegel A, Porte RJ, Dutkowski P. Protective mechanisms and current clinical evidence of hypothermic oxygenated machine perfusion (HOPE) in preventing post-transplant cholangiopathy[J]. J Hepatol, 2022, 76(6): 1330-1347. doi:10.1016/j.jhep.2022.01.024.

[25] Knight SR. Transplant trial watch[J]. Transpl Int,2024,37:14105. doi:10.3389/ti.2024.14105.

[26] Tang G,Zhang L,Xia L,et al. Hypothermic oxygenated perfusion in liver transplantation:a meta-analysis of randomized controlled trials and matched studies[J]. Int J Surg,2024,110(1):464-477. doi:10.1097/JS9.0000000000000784.

[27] Markmann JF,Abouljoud MS,Ghobrial RM,et al. Impact of portable normothermic blood-based machine perfusion on outcomes of liver transplant:the OCS liver PROTECT randomized clinical trial[J]. JAMA Surg,2022,157(3):189. doi:10.1001/jamasurg.2021.6781.

[28] 杨梦凡,魏绪勇,王 琨,等. 高龄供肝对肝移植术后并发症的影响——148例受者预后分析及思考[J]. 实用器官移植电子杂志,2020,8(2):101-105. doi:10.3969/j.issn.2095-5332.2020.02.006.

[29] Ghinolfi D,Marti J,De Simone P,et al. Use of octogenarian donors for liver transplantation:a survival analysis[J]. Am J Transplant,2014,14(9):2062-2071. doi:10.1111/ajt.12843.

[30] Snyder A,Kojima L,Imaoka Y,et al. Evaluating the outcomes of donor-recipient age differences in young adults undergoing liver transplantation[J]. Liver Transpl,2023,29(8):793-803. doi:10.1097/LVT.0000000000000109.

[31] 董立彬,王晓波,蔡书奇,等. 一项基于UNOS的超高龄供肝移植预后和危险因素分析的队列研究[J]. 中华器官移植杂志,2024,45(6):382-390. doi:10.3760/cma.j.cn421203-20240313-00054.

[32] Hu L,Zhao Z,Mu F,et al. Utilization of elderly donors in liver transplantation for patients with hepatocellular carcinoma:a national retrospective cohort study of China[J]. Int J Surg,2022,105:106839. doi:10.1016/j.ijsu.2022.106839.

[33] 鲁欣翼,滕 飞,傅 宏,等. 边缘供肝面临的机遇与挑战[J]. 器官移植,2024,15(3):463-468. doi:10.3969/j.issn.1674-7445.2024002.

[34] Chen Z,Ma Y,Dong Y,et al. Utilization of hepatitis B surface antigen-positive donors in liver transplantation for recipients with hepatocellular carcinoma:a retrospective and propensity score matching analysis[J]. Peer J,2023,11:e15620. doi:10.7717/peerj.15620.

[35] 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.

[36] Yu J,Shi X,Yu H,et al. Impact of hepatitis B surface antigen positive grafts on liver transplantation in patients with benign and malignant liver disease[J]. J Med Virol,2022,94(7):3338-3348. doi:10.1002/jmv.27703.

[37] Li H,Lu D,Chen J,et al. Post-transplant hepatitis B virus reactivation impacts the prognosis of patients with hepatitis B-related hepatocellular carcinoma:a dual-centre retrospective cohort study in China[J]. Int J Surg,2024,110(4):2263-2274. doi:10.1097/JS9.000 00 00000001141.

[38] Lu D,Yang F,Zhuo J,et al. The matching status between donor and recipient hepatitis B seroepidemiology makes a difference in liver transplantation for hepatocellular carcinoma[J]. Clin Transl Gastroenterol,2020,11(5):e00168. doi:10.14309/ctg.0000000000000168.

[39] Lee S,Hwang S,Park K,et al. An adult-to-adult living donor liver transplant using dual left lobe grafts[J]. Surgery,2001,129(5):647-650. doi:10.1067/msy.2001.114218.

[40] Yang CH,Chen CL,Wang CC,et al. Dual grafts in adult-to-adult living donor liver transplantation:a single center experience in Taiwan[J]. Surgery,2009,145(2):212-218. doi:10.1016/j.surg.2008.09.008.

[41] Lee SG,Hwang S,Park KM,et al. Seventeen adult-to-adult living donor liver transplantations using dual grafts[J]. Transplant Proc,2001,33(7-8):3461-3463. doi:10.1016/s0041-1345(01)02491-5.

[42] Jaber F,Abuelazm M,Soliman Y,et al. Machine perfusion strategies in liver transplantation:A systematic review,pairwise,and network meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Liver Transpl,2025,31(5):596-615. doi:10.1097/LVT.0000000000000567.

[43] Parente A,Tirotta F,Pini A,et al. Machine perfusion techniques for liver transplantation - A meta-analysis of the first seven randomized-controlled trials[J]. J Hepatol,2023,79(5):1201-1213. doi:10.1016/j.jhep.2023.05.027.

[44] Gulla A,Jakiunaite I,Juchneviciute I,et al. A narrative review:predicting liver transplant graft survival using artificial intelligence modeling[J]. Front Transplant,2024,3:1378378. doi:10.3389/frtra.2024.1378378.

[45] Qazi Arisar FA,Salinas-Miranda E,Ale Ali H,et al. Development of a radiomics-based model to predict graft fibrosis in liver transplant recipients:a pilot study[J]. Transpl Int,2023,36:11149. doi:10.3389/ti.2023.11149.

[46] Rajeev D,Remya S,Nayyar A. Transplant predictor:a deep learning framework for liver transplant matching and survival prediction[J]. Results Eng,2025,28:107351. doi:10.1016/j.rineng.2025.107351.

[47] Boteon YL,Attard J,Boteon APCS,et al. Manipulation of lipid metabolism during normothermic machine perfusion:effect of defatting therapies on donor liver functional recovery[J]. Liver Transpl,2019,25(7):1007-1022. doi:10.1002/lt.25439.

[48] Zhou Y,Que T,Yu L,et al. Current understanding on inferior quality of liver grafts by donation after circulatory death based on multi-omics data[J]. Front Immunol,2025,16:1548735. doi:10.3389/fimmu.2025.1548735.

[49] Battistella S,Zanetto A,Gambato M,et al. The role of antiviral prophylaxis in preventing HBV and HDV recurrence in the setting of liver transplantation[J]. Viruses,2023,15(5):1037. doi:10.3390/v15051037.

(编辑:杨 颖)