

• 指南与共识 •

肝移植小肝综合征临床防治指南(2025 版)

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

通信作者:杨家印,四川大学华西医院,成都 610041,Email:doctoryjy@scu.edu.cn;

徐骁,杭州医学院附属人民医院(浙江省人民医院),杭州 314408,Email:zjxu@zju.

edu.cn;张建军,上海交通大学医学院附属仁济医院,上海 200127,Email:Zhangjian -

jun0221@126.com;朱志军,首都医科大学附属北京友谊医院,北京 100050,Email:zhu

-zhijun@outlook.com

【摘要】 活体肝移植(living donor liver transplantation, LDLT)或劈离式肝移植(split liver transplantation, SLT)中,小肝综合征(small-for-size syndrome, SFSS)是一种由多种因素引起的临床综合征,严重影响受者的预后。为规范和优化肝移植术后 SFSS 的诊疗,指导全国 LDLT 和 SLT 的安全有效开展,中华医学会器官移植学分会肝移植学组和中国医师协会器官移植医师分会组织全国移植专家,在《中国活体肝移植小肝综合征临床诊治指南(2016 版)》基础上,结合国内外相关文献、循证医学证据和我国临床实践经验,制定了《肝移植小肝综合征临床防治指南(2025 版)》。该指南重点讨论了 SFSS 的定义与诊断、供受者选择、防治措施等方面,提出了 12 个临床问题,形成了 18 条推荐意见,为我国肝移植外科医生提供了科学的指导和参考。

【关键词】 肝移植;小肝综合征;活体肝移植;劈离式肝移植;指南

基金项目:国家科技重大专项(2023ZD0502400);国家重点研发计划(2022YFC2304705);四川大学华西医院学科卓越发展 1·3·5 工程项目(ZYGD24002)

实践指南注册:国际实践指南注册与透明化平台(PREPARE-2024CN921)

DOI: 10.3760/cma.j.cn421203-20250911-00175

Clinical guidelines for the prevention and management of small-for-size syndrome in liver transplantation (2025 edition)

Liver Transplantation Group, Branch of Organ Transplantation, Chinese Medical Association;
Chinese College of Transplant Physicians, Chinese Medical Doctor Association

Corresponding author: Yang Jiayin, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China, Email: doctoryjy@scu.edu.cn; Xu Xiao, People's Hospital of Hangzhou Medical College (Zhejiang Provincial People's Hospital), Hangzhou 314408, Email: zjxu@zju.edu.cn; Zhang Jianjun, Renji Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200127, Email: Zhangjianjun0221@126.com; Zhu Zhijun, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, Email: zhu-zhijun@outlook.com

【Abstract】 Small-for-size syndrome (SFSS) is a multifactorial clinical syndrome that occurs in living donor liver transplantation (LDLT) or split liver transplantation (SLT) and can severely compromise recipient prognosis. To standardize and optimize the diagnosis and management of postoperative SFSS and to guide the safe and effective implementation of LDLT and SLT nationwide, the Liver Transplantation Group of the Organ Transplantation Branch of the Chinese Medical Association and the Organ Transplant Physicians Branch of the Chinese Medical Doctor Association convened transplant experts from across China. Building upon the *Guideline for clinical diagnosis and treatment of small-for-size syndrome of living donor liver transplantation in China (2016)*, and integrating relevant domestic and international literature, evidence-based medical data, and clinical practice experience in China, the panel developed the *Clinical guidelines for the prevention and management of small-for-size syndrome in liver transplantation (2025 edition)*. These guidelines focus on key aspects of SFSS, including its definition and diagnosis, donor and recipient selection, and preventive and therapeutic strategies. A total of twelve clinical questions are proposed, and eighteen recommendations are formulated, providing scientific guidance and reference for liver transplant surgeons in China.

【Key words】 Liver transplantation; Small-for-size syndrome; Living donor liver transplantation; Split liver transplantation; Guidelines



Fund programs: National Science and Technology Major Project of China(2023ZD0502400); National Key Research and Development Program of China (2022YFC2304705); 1·3·5 Project for Disciplines of Excellence in West China Hospital of Sichuan University(ZYGD24002)

Practice guideline registration: International Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2024CN921)

DOI: 10. 3760/cma. j. cn421203-20250911-00175

活体肝移植(living donor liver transplantation, LDLT)和(或)劈离式肝移植(split liver transplantation, SLT)中,小肝综合征(small-for-size syndrome, SFSS)是一种由于移植物体积无法满足受者代谢、合成及血流动力学需求而引发的多因素临床综合征。据报道,LDLT术后SFSS的发生率在2%~45%不等^[1],主要表现为持续性高胆红素血症、大量腹水、难以纠正的凝血功能障碍和肝性脑病,严重时还可能进展为移植物功能衰竭、脓毒症等,危及受者生命^[2]。为规范和优化肝移植术后SFSS的诊疗,保障LDLT与SLT的安全有效实施,中华医学会器官移植学分会肝移植学组与中国医师协会器官移植医师分会组织全国移植领域专家,在《中国活体肝移植小肝综合征临床诊治指南(2016版)》^[3]基础上,充分参考国内外最新研究成果,结合循证医学证据与我国的临床实践经验,共同制定了《肝移植小肝综合征临床防治指南(2025版)》(以下简称本指南),重点探讨SFSS的定义与诊断、供受者选择标准、防治策略等问题,旨在为我国肝移植医师提供科学、实用的指导依据。

一、指南形成方法

(一)临床问题的遴选及确定

指南专家组首先对国内外相关研究成果与现行指南共识进行全面梳理,由执笔专家提出肝移植术后SFSS诊疗中亟待解决且具有临床实践意义的问题。通过问卷调查和多轮专家会议讨论,最终确定本指南需解决的12个临床问题,内容涵盖SFSS诊断标准、防治策略及治疗措施等。

(二)证据检索与筛选

指南编写小组采用PICO原则[人群(Population)、干预(Intervention)、对照(Comparison)与结局(Outcome)],围绕所确定的临床问题,在PubMed、The Cochrane Library、中国生物医学文献数据库、万方数据知识服务平台、中国知网等权威数据库进行文献检索。检索范围涵盖国内外指南、共识、系统评价、Meta分析、随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)、非随机队列研究及病例对照研究,中文检索关键词包括“肝移植”“活体肝移植”“劈

离式肝移植”“小体积移植物”“小肝综合征”“移植物功能障碍”“门静脉压力”“门静脉流量调节”等,英文检索关键词包括“liver transplantation”“living donor liver transplantation”“split liver transplantation”“small-for-size graft”“small-for-size syndrome”“graft dysfunction”“portal vein pressure”“portal vein flow modulation”等。检索时限为1978年1月至2025年1月,纳入文献语言限定为中文和英文。检索后由指南编写小组成员独立逐级审阅文献的标题、摘要及全文,确定符合纳入标准的文献。如意见不统一,则经专家组协商讨论或咨询第三方意见后达成共识。

(三)证据分级和推荐强度分级

本指南使用《牛津大学循证医学中心分级2009版》(<https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/oxford-centre-for-evidence-based-medicine-levels-of-evidence-march-2009>)对每个临床问题的证据质量和推荐强度进行分级(表1)。

表1 证据质量与推荐强度分级

推荐强度	证据级别	定义
A	1a	RCT的系统评价
	1b	结果可信区间小的RCT
	1c	显示“全或无效应”的任何证据
B	2a	队列研究的系统评价
	2b	单个的队列研究(包括低质量的RCT,如失访率>20%)
	2c	基于患者结局的研究
	3a	病例对照研究的系统评价
	3b	单个病例对照研究
C	4	病例系列报道、低质量队列研究、低质量病例对照研究
D	5	专家意见(即无临床研究支持的仅依据基础研究或临床研究的推测)

注:RCT为随机对照试验。

(四)推荐意见的形成

基于循证医学证据,综合考虑我国患者的临床需求、价值观、经济成本及利弊因素,工作组共形成18条临床推荐意见。经中华医学会器官移植学分会肝移植学组和中国医师协会器官移植医师分会组织专家组讨论,并根据反馈意见进行两轮修订后,最



终确定了指南终稿。

二、SFSS 的定义与诊断

临床问题 1: SFSS 的定义与常见临床表现是什么?

推荐意见 1: SFSS 是指在肝移植术后, 在排除手术或非手术相关因素后, 由于供肝体积相对于受者体重过小, 不能满足受者的生理需求, 从而引起严重肝功能障碍等一系列临床症状。(推荐强度 B, 证据等级 2a)

推荐意见 2: SFSS 常见的临床表现为术后持续的高胆红素血症、大量腹水、凝血功能障碍、肝性脑病。此外, 常见的并发症还包括败血症、肾前性功能不全、胃肠功能障碍(如肠梗阻)和胃肠道出血等。(推荐强度 B, 证据等级 2a)

推荐意见说明:

SFSS 临床表现通常包括持续性高胆红素血症、大量腹水、凝血功能障碍和肝性脑病, 多发生于肝移植术后移植受者体重比率 (graft recipient weight ratio, GRWR) $< 0.8\%$ 的受者。在不同的研究中对于 SFSS 的定义不尽相同 (表 2)。2005 年, Dahm 等^[4]将 SFSS 进一步细分为小肝功能障碍 (small-for-size dysfunction, SFSD) 与小肝无功能 (small-for-size non-function, SFSNF)。SFSD 指术后 1 周内, GRWR $< 0.8\%$ 的受者, 在排除其他原因所致肝功能衰竭时, 供肝功能不佳, 表现为连续 3 d 出现以下至少 1 项指标异常: (1) 总胆红素 $> 100 \mu\text{mol/L}$; (2) 国际标准化比值 (international normalised ratio, INR) > 2 ; (3) 3 或 4 级肝性脑病。SFSNF 指术后 1 周内接受 GRWR $< 0.8\%$ 的小体积

移植物的受者死亡或需再次移植的情况。2006 年, Soejima 等^[5]定义 SFSS 为术后第 14 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ (无其他明确胆汁淤积原因)、腹水量 $> 1 \text{ L/d}$ 或术后第 28 天腹水量 $> 0.5 \text{ L/d}$ 。2009 年, Hill 等^[6]将 SFSS 定义为术后 7 d 后总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$, INR > 1.5 , 腹水 $> 2 \text{ L/d}$ 且排除技术原因。后来, Pomposelli 等^[7]和 Okamura 等^[8]将该现象描述为早期移植植物功能障碍 (early allograft dysfunction, EAD), 即术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 或 INR > 1.6 , 与移植植物丢失和受者死亡风险显著相关。Ikegami 等^[9]用原发性移植植物无功能 (primary graft non-function, PNF) 描述术后第 7 天总胆红素 $> 342 \mu\text{mol/L}$ 且 INR > 2 的情况, 此状态下的移植植物丢失率高达 76.9%。2023 年由国际肝移植协会、国际活体肝移植协会与印度肝移植协会联合制定的 SFSS 专家共识中, 首次系统化提出了 SFSS 分级标准, 即: A 级定义为术后第 7 天或第 14 天总胆红素 $> 85.5 \mu\text{mol/L}$, 或第 14 天腹水引流量 $> 1 \text{ L/d}$; B 级定义为术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 或 INR > 1.6 , 或第 14 天同时出现总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 且腹水 $> 1 \text{ L/d}$; C 级则定义为术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 且 INR > 1.6 , 或第 14 天总胆红素 $> 342 \mu\text{mol/L}$ ^[10]。基于此分级体系, 该共识进一步制定了分层干预策略, 针对不同级别 SFSS 推荐动态监测方案与阶梯化治疗路径, 旨在通过早期识别与精准干预改善移植植物功能及受者预后^[10]。

尽管 SFSS 在不同研究中术语与具体指标有所差异, 但核心理念相同, 即供肝不足以满足受者需求而导致的严重临床症状。

表 2 不同文献中对小肝综合征的定义

作者	发表年份(年)	术语	定义
Soejima 等 ^[11]	2003	SFSS	移植术后第 14 天总胆红素 $> 85.5 \mu\text{mol/L}$, 第 14 天腹水 $> 1 \text{ L}$
Dahm 等 ^[4]	2005	SFSD	移植术后连续 3 d 出现以下至少一项指标异常: 总胆红素 $> 100 \mu\text{mol/L}$, INR > 2 或 3/4 级肝性脑病
		SFSNF	术后 1 周内接受小体积移植物的受者死亡或需再次移植
Soejima 等 ^[5]	2006	SFSS	移植术后第 14 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$, 腹水 $> 1 \text{ L}$ 或术后 28 d 腹水 $> 0.5 \text{ L}$
Hill 等 ^[6]	2009	SFSS	移植术后第 7 天后总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$, INR > 1.5 , 腹水 $> 2 \text{ L}$
Ikegami 等 ^[9]	2012	PNF	移植术后第 7 天后总胆红素 $> 342 \mu\text{mol/L}$, INR > 2
Pomposelli 等 ^[7]	2016	EAD	移植术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 或 INR > 1.6
Okamura 等 ^[8]	2018	EAD	移植术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 或 INR > 1.6
Kow 等 ^[10]	2024	SFSS	A 级: 移植术后第 7 天或第 14 天总胆红素 $> 85.5 \mu\text{mol/L}$ 或第 14 天腹水 $> 1 \text{ L/d}$ B 级: 移植术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 或 INR > 1.6 或第 14 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 和腹水 $> 1 \text{ L/d}$ C 级: 移植术后第 7 天总胆红素 $> 171 \mu\text{mol/L}$ 和 INR > 1.6 或第 14 天总胆红素 $> 342 \mu\text{mol/L}$

注: SFSS 为小肝综合征; SFSD 为小肝功能障碍; SFSNF 为小肝无功能; PNF 为原发性移植植物无功能; EAD 为早期移植植物功能障碍; INR 为国际标准化比值。



临床问题 2: SFSS 的发生机制是什么?

推荐意见 3: SFSS 发生的主要机制是门静脉血流过多与肝动脉灌注不足共同作用导致的肝脏损伤。(推荐强度 B, 证据等级 2a)

推荐意见说明:

SFSS 发生机制与小体积供肝导致的肝内血管床减少有关, 这导致单位肝组织门静脉血流(portal venous flow, PVF)显著增加、门静脉压力(portal vein pressure, PVP)及肝窦压力升高^[12-15], 产生过高的剪切应力, 引起肝窦内皮细胞机械损伤和血管活性物质的失衡^[16], 最终导致肝细胞损伤甚至死亡^[17-18]。此外, PVF 的增加会因肝动脉缓冲效应而减少肝动脉流量, 引起肝内胆道缺血损伤, 表现为缺血性胆管炎和胆汁淤积。研究显示, 移植物体积越小, 门静脉流量越高, 肝动脉流量越低^[19-20]。在猪肝移植模型中观察发现, 肝切除或小移植体再灌注早期出现窦周和门静脉周围充血, 晚期则表现为动脉血管收缩与胆管缺血性胆管炎^[21]。

临床问题 3: 是否需要穿刺活检来辅助诊断 SFSS?

推荐意见 4: 由于 SFSS 受者常伴有凝血功能障碍及大量腹水, 穿刺活检并发出血和感染风险较高, 且 SFSS 的病理表现不具有特异性, 故不推荐常规实施肝穿刺活检。(推荐强度 D, 证据等级 5)

推荐意见说明:

在大鼠原位肝移植模型中, 小体积移植体早期即可出现明显肝窦充血、肝细胞线粒体肿胀、肝窦内皮细胞损伤和 Disse 间隙塌陷等病理改变^[22]。门静脉过灌注引起剪切应力造成严重的肝窦内皮损伤^[23-25], 肝窦微循环障碍加剧^[26], 表现为肝组织充血、出血、肝细胞肿胀、中央区坏死以及实质性胆汁淤积^[27]。电镜下可见肝窦内皮细胞和线粒体肿胀^[15, 21-22]。临床病理上, Demetris 等^[15]提出 SFSS 的典型病理三联征为小叶中央区胆汁淤积、肝细胞微脂肪变性和间质导管反应, 但这些表现亦见于肝动脉血栓或败血症等情况, 并不具有特异性。因此, SFSS 诊断主要依靠临床表现与实验室指标, 且考虑到穿刺活检带来的出血和感染风险, 不推荐常规实施肝穿刺活检以辅助 SFSS 诊断。

三、供受者选择

临床问题 4: 推荐的 GRWR 或移植物体积与受者标准肝体积比(GV/SLV)是多少?

推荐意见 5: 建议供者术前采用 CT 三维重建等影像学方法进行肝脏体积测量, 以准确预估移植体

体积。(推荐强度 D, 证据等级 5)

推荐意见 6: 对于 LDLT, 通常推荐 $GRWR \geq 0.8\%$ 或 $GV/SLV \geq 40\%$; 对于 SLT, 通常推荐 $GRWR \geq 1\%$ 。在经验丰富的移植中心, 可结合术中门静脉流量调节(PIM)技术, 适当放宽 GRWR 或 GV/SLV 的下限标准, 但须严格评估供肝质量与受者风险, 并于再灌注后及 PIM 步骤后进行动态监测门静脉血流动力学指标。(推荐强度 B, 证据等级 2a)

推荐意见说明:

GRWR 和移植物体积与受者标准肝体积比(graft volume/standard liver volume, GV/SLV)是目前 LDLT 中最常用的 SFSS 预测指标。1999 年 Kiuchi 等^[28]首次报道 $GRWR < 1\%$ 的移植体降低存活率, 其不良影响在供者年龄增加时更明显。在随后的研究中, 该研究团队将 GRWR 的安全下限进一步调整为 0.8% ^[29]。2001 年 Sugawara 等^[30]指出, $GV/SLV < 40\%$ 的移植体与持续胆汁淤积、凝血酶原时间延长以及较低的移植体存活率呈正相关($P < 0.001$, $P < 0.001$, $P = 0.02$), 因此提出将 $GV/SLV \geq 40\%$ 作为供肝选择的安全界限。而在 SLT 中, 由于遗体器官捐献来源的供肝在捐献前多经受不同原因、不同程度的损伤, 其功能性移植肝体积小于实际体积, 因此多推荐 $GRWR \geq 1\%$ ^[31-33]。

2023 年, 一项纳入 24 项研究的荟萃分析显示, $GRWR < 0.8\%$ 的移植体 SFSS 发生风险高于 $GRWR \geq 0.8\%$ 的移植体 ($RR = 2.08$, $95\%CI: 1.26 \sim 3.42$, $P < 0.01$)^[1], 这一结论与既往多项研究结果一致^[34-35]。同时, 在部分经验丰富的移植中心, 通过细致的术前评估、精细的手术技术及术中适当的门静脉流量调节(portal inflow modulation, PIM)和严格的围手术期管理, 亦有报道即便 $GRWR < 0.6\%$ 的小体积移植体, 其长期存活率可与 $GRWR \geq 0.8\%$ 移植体相当^[36-39]。但此类证据数量有限, 且与更高的 SFSS 发生率和早期不良结局相关, 故不宜作为通用阈值, 应谨慎采用。

由于 SLV 估算公式较多且来源于不同人群^[40-54], 在未统一或校正时计算结果存在差异与误差^[54-55], 可能影响临床决策。在此情境下, 临床倾向以 GRWR 作为主要的 SFSS 预测指标, GV/SLV 作为补充。随着软件及人工智能的发展, 术前影像学评估技术能够更精确地测量和预估供肝体积, 因此推荐供者术前采用 CT 三维重建等影像学方法进行移植物体积测量, 以准确预估移植物体积。

临床问题 5: 使用小体积移植体时, 应关注哪些



供者来源的危险因素?

推荐意见 7:在选择小体积活体供肝时,应谨慎使用年龄超过 50 岁的供者或存在大泡性脂肪变性超过 20% 的供肝,以降低术后移植植物功能障碍的风险。(推荐强度 B, 证据等级 3a)

推荐意见 8:针对合并脂肪肝的活体肝移植供者,可以通过生活方式干预,改善脂肪变性程度后安全用于活体肝移植。(推荐强度 A, 证据等级 1b)

推荐意见说明:

SFSS 为多因素相关疾病,供者因素对受者术后预后具有重要影响。供者年龄的增加会降低肝脏再生能力^[56-58]。多项研究表明,供者年龄是受者预后的独立危险因素^[7,59-62]。Kanneganti 等^[63]报道,与年龄为 18~29 岁的供者相比,活体供者年龄 >50 岁时,受者的死亡风险增加($HR=1.49, P=0.012$)。Macshut 等^[64]研究表明,供者年龄 >45 岁是使用小体积移植植物后发生 SFSS 的独立危险因素,但该项研究纳入的全体受者中,有超过 50% 接受了 GRWR <0.7% 的移植植物。Eguchi 等^[65]分析了日本 10 000 例 LDLT 数据,发现供者年龄 ≥50 岁时,GRWR <0.7% 移植植物的短期预后差于 GRWR ≥0.7% 的受者($P=0.02$);而供者年龄 <50 岁时,不同 GRWR 受者的预后差异无统计学意义;还发现年龄 >50 岁是影响受者预后的独立危险因素($HR=1.545, 95\%CI:1.360\sim1.756, P<0.001$)。

目前,全球代谢功能障碍相关脂肪性肝病的发病率持续上升。研究发现,移植植物脂肪变性会加剧缺血再灌注损伤,增加胆管狭窄、PNF、EAD 的风险,这些都与受者术后的不良预后密切相关^[66-68]。对于活体供者而言,移植植物脂肪变性不仅可能影响受者的预后,还可能对捐献者本身构成风险。已有研究表明,接受轻至中度脂肪变性移植植物的活体受者具有良好的术后预后^[69-70]。Bhangui 等^[71]通过分析受者接受 10%~20% 大泡性脂肪变移植植物预后,发现只要 GRWR 大于 0.7%,移植植物大泡性脂肪变性不超过 20% 对受者预后不会造成显著影响。此外,通过控制热量摄入和进行体育锻炼等方式可以有效改善活体供者的肝脏脂肪变性程度,使受者预后与无脂肪变性移植植物相似^[72-73]。Gupta 等^[74]在一项 RCT 研究中也发现,供者在术前进行热量控制和体育锻炼可以减少受者术后 EAD 的发生($P=0.043$)。

临床问题 6:使用小体积移植植物时,应注意哪些受者来源的危险因素?

推荐意见 9:谨慎选择一般状况较差、高 MELD

评分以及存在门静脉高压的受者使用小体积移植植物。(推荐强度 B, 证据等级 3a)

推荐意见说明:

优化受者术前状态对减少术后并发症和改善移植预后具有重要意义。多项研究已显示,术前 MELD 评分较高显著增加术后发生 SFSS 的风险^[38,75-77]。Ikegami 等^[78]研究发现,MELD 评分 ≥19 分是预测 SFSS 的独立危险因素。此外,SFSS 的发生机制与 PVP 升高密切相关,PVP ≥15 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)可明显增加每克肝组织的门静脉血流量,从而加重移植植物损伤。因此,建议术前尽可能纠正门静脉高压及其他可调控的危险因素,以降低 SFSS 的发生风险^[79]。

临床问题 7:左侧移植植物是否更易导致 SFSS?

推荐意见 10:在具备丰富经验的移植中心,经过严格的供受者评估后,确保移植植物体积满足受者需求,并结合术中 PIM 及流出道有效重建,左半移植植物可安全用于成人 LDLT。(推荐强度 B, 证据等级 3a)

推荐意见说明:

在成人 LDLT 中,尽管大多数中心更倾向于使用能够提供足够的移植植物体积的右半肝移植植物,但保证供者安全仍是至关重要的原则。一项纳入 22 项研究的荟萃分析结果显示,左半肝移植植物供者的严重并发症发生率低于右半肝供者($RR=1.63, 95\%CI:1.30\sim2.05, P=0.22$)^[80]。左半肝移植植物通常具有更有利的解剖特点。相比右侧,左侧门静脉的变异较少,易于获得更长的门静脉段;超过 20% 的右后叶胆道起源于左肝管,这增加了接受右半肝移植植物受者胆道重建的难度和术后胆道并发症的风险^[81]。此外,大多数左半肝移植植物包含肝中静脉,有利于流出道的重建。然而,左半肝的动脉变异较多,且动脉更纤细,增加了术后并发症的风险^[82-83]。

另一项荟萃分析表明,接受左半肝移植的受者在术后初期可能更易发生 SFSS 和死亡,但是长期移植植物并发症和受者总存活率与接受右半肝移植的受者相似^[80]。在 SFSS 发生率方面,该项研究总共纳入 7 项研究^[5,84-89],其中 6 项显示接受左半移植植物的受者 SFSS 发生率更高。但进一步分析显示,有 5 项研究发生 SFSS 的受者 GRWR 较低^[5,84-87],只有 2 项研究描述了是否进行 PIM,且 PIM 的比例均较低^[5,87]。2022 年,Fujiki 等^[90]研究表明,在经过 PIM 联合流出道有效重建等干预手段后,小体积左半移植植物能够安全的用于 LDLT 中,且能够有效避免



SFSS 的发生。因此,我们推荐在经验丰富的移植中心,在充分谨慎评估供受体前提下,必要时结合术中 PIM 及流出道重建技术,左半移植植物能够安全的用于成人 LDLT 中。

四、SFSS 的防治措施

临床问题 8: 增加移植植物绝对体积能否预防 SFSS?

推荐意见 11: 双供者肝移植(DGLT)能有效预防 SFSS,但因手术技术复杂、并发症风险较高,建议在经验丰富的移植中心实施该技术。(推荐强度 A, 证据等级 1c)

推荐意见说明:

SFSS 的根本原因是移植植物体积相对于受者体重不足。当单个供者的肝脏无法满足受者需求时,强行获取过大的移植植物会严重威胁供者的安全。2001 年, Lee 等^[91]报道了全球首例双供者肝移植(dual-graft liver transplantation, DGLT)手术^[91],随后严律南等^[92]在国内首次完成了该术式。DGLT 通过使用两个移植植物降低每位供者肝脏切除体积,保证供者安全,同时满足受者对移植植物体积的需求,并扩大了供肝池选择范围^[93]。同时在关于 DGLT 的不同报道中,均未见有关 SFSS 发生的情况。根据移植植物组合及供者来源不同,可将 DGLT 分为多种组合方式和手术技术^[91-92, 94-102],但手术难度高、并发症多,建议经验丰富的移植中心开展。

临床问题 9: 移植物流出道引流通畅对预防 SFSS 的作用?

推荐意见 12: 移植物流出道有效重建,并增大吻合口大小可有效降低 SFSS 发生风险。(推荐强度 B, 证据等级 2b)

推荐意见说明:

移植植物静脉回流受阻可能会导致移植植物淤血,进一步导致移植植物 PVP 增加^[103],增加 SFSS 发生的风险^[104]。研究显示,即便移植物理论体积充足,若未有效重建肝中静脉或肝静脉吻合方式不合理,术后移植植物功能和患者存活率显著下降^[105]。因此,无论左半还是右半移植植物,在术中应尽可能确保移植物流出道有效重建,扩大吻合口,保证引流通畅^[3]。特别是对右半移植植物,还应积极重建直径>5 mm 的肝静脉属支;直径 3~5 mm 且血流丰富的肝静脉属支也建议积极重建,以减少术后淤血面积,有效降低 SFSS 发生风险^[3]。甚至,在 Lee^[105]的报道中,移植植物体积较小且受体术前状态不佳时,会考虑重建 3 mm 以下的肝中静脉属支以最大限度地保护移植植物

功能。

临床问题 10: 术中 PIM 是否能预防 SFSS?

推荐意见 13: 小体积移植植物再灌注后,通过术中 PIM 可有效降低 SFSS 发生风险,常用方法包括脾动脉结扎、脾切除术和部分门体分流术等。(推荐强度 B, 证据等级 2a)

推荐意见 14: 对于存在自发性门体分流的受者,建议术中首先结扎流量较大的分流血管,再依据门静脉压力和门静脉血流决定是否进一步实施 PIM 术。(推荐强度 C, 证据等级 4)

推荐意见说明:

如前所述,门静脉血流动力学异常可引发肝窦淤血及缺血性微循环障碍,最终导致 SFSS 的发生。因此,精准调控 PVP 及 PVF 已成为预防 SFSS 的核心策略。鉴于脾静脉在门脉系统中的解剖重要性,通过调节脾脏血流控制 PVP/PVF 成为重要干预方向。

目前临床应用最广泛的脾脏流入调节技术是脾动脉结扎术,该术式因操作简便、疗效确切被列为 PIM 的首选方案^[2]。Troisi 等^[27]首次证实该技术通过双重机制发挥作用:一方面直接降低门静脉流量,另一方面通过肝动脉缓冲效应增加动脉灌注,使 SFSS 发生率由对照组的 28% 降至 0。系列临床研究进一步验证了其有效性^[106-109]。然而在 PVP 超过 20 mmHg 或在受者 PVF 平均值超过供者的 3 倍的情况下,该术式的血流调控效果会受到明显限制^[12, 110-112]。Soin 等^[113]研究显示,对于 GRWR 为 0.7%~0.8% 的受者,脾动脉结扎仅能实现 PVP 的适度下降。需注意该术式还可能诱发严重并发症,如脾脓肿需二次脾切除、胰腺损伤继发胰腺炎、消化道出血及栓塞后综合征等,但总体发生率较低^[114-115]。

脾切除术作为另一种重要调控手段,已被多项研究确立为优选方案^[90, 116]。其作用机制涉及多重病理生理环节:既可通过缓解脾脏淤血改善门脉高压^[117],又能阻断内皮素-1 等血管活性物质的异常分泌^[118]。临床证据显示,在脾脏显著肿大病例中,联合脾切除术可使 SFSS 发生率显著降低,既往多项研究也为脾切除术的保护效应提供了证据支持^[90, 116, 119-120]。血流动力学研究证实脾切除术对 PVF 的调控效能优于脾动脉结扎^[119, 121-122],但该术式在技术层面面临挑战:门脉高压导致的脾脏肿大、静脉曲张等病理改变显著增加术中出血风险,术后出现包括门静脉血栓、胰漏及感染等并发症亦需警惕^[119, 123-126]。



针对脾切除术的高风险性, Moon 团队创新性提出脾血管断流术:通过离断脾胃韧带并结扎脾动脉及右胃网膜动脉,仅保留肠系膜上动脉的胰内侧支供血^[127]。该改良术式在降低 PVF 的同时减少并发症风险,但其临床推广应用尚需更多循证医学证据支持。

门腔分流术作为重要补充策略,在小体积移植病例中展现独特优势。多项研究表明,在采用小体积移植植物在手术中进行门-腔分流手术可以明显降低 PVP,促进移植植物功能恢复^[113,113,128-131]。Boillot 等^[128]于 2002 年首次报道通过肠系膜上静脉-下腔静脉分流成功完成了 GRWR 仅为 0.61% 的移植植物植入,且术后受者未发生 SFSS。后续研究证实,采用门静脉分支残端或静脉移植植物建立分流能有效降低 PVP 并促进移植植物功能恢复^[113,129,132]。但分流控制是该技术的核心难点,过量分流可能导致门静脉窃血综合征^[113],建议术中实时监测 PVP/PVF^[129]。根据 Soin 团队经验,分流管道宜控制直径 8~10 mm、长度 10~20 mm,避免分流管道直径小于门静脉主干直径,确保分流流量为门静脉流量的 1/3~1/2^[113]。术后还可通过介入或手术方式对异常分流进行再调节^[2]。

肝硬化患者自发性门体分流的发生率与疾病严重程度呈正相关^[133-134]。在病肝切除阶段,高流量门体分流可发挥双重保护效应:既有效缓解门静脉高压,又能在无肝期减轻内脏循环淤血^[134-135]。全肝移植常规建议封闭此类分流,因其可能引发门脉血流异常分流,导致移植植物缺血性损伤^[136]。然而在 LDLT 中,处理策略存在学术分歧: Troisi 等^[27]研究证实,使用小体积移植植物时保留主要分流血管,可避免 PVP 过度升高。Takatsuki 等^[137]进一步指出,若再灌注后 PVF 已充分灌注移植植物,强制结扎可能增加手术风险。但后续血流动力学研究强调,未处理的大流量分流可能改变门静脉血流分布,增加窃血综合征风险^[138-140]。基于现有证据,推荐采取分步决策:优先结扎直径超过 10 mm 的自发性门体分流血管,随后通过术中 PVP/PVF 监测评估血流动力学状态。若压力或流量仍超出安全阈值,则需实施 PIM 干预,最终实现门脉系统的压力、流量平衡。

临床问题 11: 肝移植术中 PIM 的调节目标是什么?

推荐意见 15: 建议 PIM 后 PVP<15 mmHg 和 PVF<250 ml/(min·100 g 移植植物重量)。(推荐强度 B, 证据等级 3b)

推荐意见 16: 建议术中及术后早期常规进行 PVP 和 PVF 监测。(推荐强度 B, 证据等级 3b)

推荐意见说明:

小体积移植植物再灌注后,门静脉血流速度与移植植物体积呈负相关($r=0.255, P=0.032$),即移植植物体积越小,门静脉流速越快,此高流速状态可持续至术后数月^[3]。研究证实,门静脉血流动力学参数是预测 LDLT 术后 SFSS 等并发症的核心指标^[75,141]。Yao 等^[142]进一步发现 PVP 升高可诱发肠道菌血症,增加术后早期死亡率($P<0.01$)。现有共识支持 PVP<15 mmHg 为理想阈值,当 PVP>20 mmHg 需行 PIM 干预^[2,110-111,113,143-146]。Osman 等^[144]研究显示, PVP<15 mmHg 时 SFSS 发生率为 2.6% (1/39),而 15~20 mmHg 时升至 16.2% (6/37),明确推荐 15 mmHg 为预防阈值。Ogura 等^[147]证实当 PVP<15 mmHg 时,将小体积移植植物用于年龄较大的且病情较重的受者可以提高受者存活率。需注意 PVP 测量易受中心静脉压干扰,需标准化操作。

PVF 对术后 SFSS 的发生也有预测作用^[12,148-149]。Troisi 等^[12]研究表明,当 PVF>250 ml/(min·100 g 移植植物重量)时实施 PIM,可明显降低 SFSS 发生率并提高移植植物存活率。Shimamura 等^[149]提出相似安全阈值[PVF<260 ml/(min·100 g 移植植物重量)]。但 Sainz-Barriga 等^[150]发现 16 例受者中有 4 例存在 PVP/PVF 分离现象(PVP>15 mmHg 伴 PVF<90 ml/(min·100 g 移植植物重量))。因此为了避免门静脉窃血,需要将 PVP 和 PVF 结果进行综合考虑。

Ito 等^[106]研究指出,术后早期(0~4 d) PVP>20 mmHg 的受者 SFSS 发生率升高且存活率降低,故推荐系统化监测。现行有创监测存在技术限制及并发症风险,制约其普及。我国自主研发的无创门脉压力监测系统已完成临床前研究,其灵敏度与稳定性达临床标准,未来有望提供全新监测方案^[151-153]。

临床问题 12: 药物对 SFSS 的防治作用如何?

推荐意见 17: 生长抑素及其类似物、特利加压素、前列腺素 E1 等药物可能通过降低 PVP 或改善移植植物功能,对 SFSS 的预防和治疗起到一定的辅助作用。(推荐强度 C, 证据等级 4)

推荐意见 19: 对 SFSS 应坚持以预防为主,治疗为辅的原则。(推荐强度 D, 证据等级 5)

推荐意见说明:

针对 SFSS 的临床管理策略应强调预防优先原则,辅以必要治疗措施,从而提高受者存活率。生长



抑素及其类似物、特利加压素、前列腺素 E1 等药物可能对 SFSS 的防治有一定积极作用。

生长抑素及其类似物奥曲肽作为内源性肽激素,通过外源性给药途径可同时实现门脉血流调控和肝细胞保护功能^[154]。大鼠原位肝移植模型与临床研究数据证实,该类物质能够有效促进小体积移植术后功能恢复并提升受者存活率^[18, 155-156]。多项研究进一步验证其临床效益:在 LDLT 受者中观察到移植功能指标改善^[107, 157];全肝移植随机对照研究显示其可稳定降低门静脉-肝静脉压力梯度并优化移植肝血流动力学^[158]。另外,Özden 等^[159]研究发现,生长抑素联合 β 受体阻滞剂治疗方案可成功逆转 SFSS 进程。我国郑树森院士团队通过随机对照实验也阐明,该物质可以通过下调内皮素 1 的表达改善 LDLT 术后肝功能^[160]。

特利加压素是一种人内源性血管加压素的人工合成类似物,已被广泛用于治疗急性静脉曲张破裂出血及肝肾综合征等肝硬化并发症^[161]。理论上特利加压素可以收缩内脏及外周血管,减少内脏血流,从而降低 PVP,升高平均动脉压,还可以增加肾血流量及尿量,进而改善肾功能^[162-165]。Ibrahim 等^[162]研究发现围手术期应用特利加压素可以促进移植功能恢复。另外,在 Reddy 等^[166]的随机对照研究中,虽然没有观察到 PVP 的减少,但发现应用特利加压素能较少术后腹水产生量。值得注意的是,虽然关于特利加压素在 LDLT 应用的随机对照试验较多,但是没有一项研究的研究目标专门针对 SFSS,所以该物质在 SFSS 的防治作用仍需要更多的高质量研究来提供足够的证据。

前列腺素 E1 是一种前列环素类似物,具有扩张血管、抗血小板和促进纤维蛋白溶解等特性。Reddy 等^[166]对 5 例接受小体积移植物的受者通过门静脉输注前列腺素 E1,结果表明前列腺素 E1 能够减轻门静脉高压、改善移植功能、抑制排斥反应。Suehiro 等^[167]也报道了小体积移植再灌注后连续给予前列腺素 E1、甲磺酸萘莫司他、血栓素 A2 合成酶抑制剂能有效促进受者肝功能恢复,减少腹水产生。

当前药物防治研究仍处于探索阶段,主要受限于临床样本量不足和研究设计特异性缺乏等关键问题,亟待开展高质量、大样本的临床研究提供更具说服力的证据。

综上所述,SFSS 作为 LDLT、SLT 术后的严重并发症,其发生机制涉及移植物体积不足、移植物质

量欠佳及受者术前状态不良等多种危险因素,严重时可导致移植物失功能甚至危及受者生命。鉴于目前缺乏标准化治疗方案,临床实践中推荐采取以下综合防控策略,实施严格的供受体筛选标准、围手术期动态监测 PVP 及 PVF、优化血流动力学管理等预防性措施。也希望未来随着对 SFSS 机制的深入了解,高质量临床研究的开展,有更多针对性的治疗方案来减少 SFSS 发生率,进一步提高受者生存率,促进 LDLT、SLT 更好地开展。

《肝移植小肝综合征临床防治指南(2025 版)》

编审委员会成员名单

主审专家:

郑树森 浙江大学医学院附属第一医院/树兰(杭州)医院
陈孝平 华中科技大学同济医学院附属同济医院
董家鸿 清华大学附属北京清华长庚医院
窦科峰 空军军医大学附属西京医院
夏 强 上海交通大学医学院附属仁济医院
严律南 四川大学华西医院
薛武军 西安交通大学医学院第一附属医院

审稿专家(按姓氏汉语拼音排序):

蔡金贞 青岛大学附属医院
蔡云石 四川大学华西医院
程 颖 中国医科大学附属第一医院
窦 剑 河北医科大学第三医院
杜顺达 中国医学科学院北京协和医院
樊海宁 青海大学附属医院
傅志仁 上海交通大学医学院附属瑞金医院
高峰畏 四川大学华西医院
郭文治 郑州大学第一附属医院
贺 强 首都医科大学附属北京朝阳医院
黄建钊 贵州省人民医院
何晓顺 中山大学附属第一医院
霍 枫 解放军南部战区总医院
焦作义 兰州大学第二医院
蒋文涛 天津市第一医院
蒋继贫 华中科技大学同济医学院附属同济医院
孔凌祥 四川大学华西医院
兰 天 四川大学华西医院
梁廷波 浙江大学医学院附属第一医院
栗光明 首都医科大学附属北京佑安医院
李 波 四川大学华西医院
卢实春 中国人民解放军总医院
吕国悦 吉林大学白求恩第一医院
彭志海 厦门大学附属翔安医院
冉江华 昆明市第一人民医院
邵英梅 新疆医科大学第一附属医院
司中洲 中南大学湘雅二医院
孙煦勇 广西医科大学第二附属医院



陶开山 空军军医大学西京医院
 王立明 大连医科大学附属第二医院
 王彦峰 武汉大学中南医院
 王正昕 复旦大学附属华山医院
 魏 来 华中科技大学同济医学院附属同济医院
 吴 刚 中国医科大学附属第一医院
 吴 泓 四川大学华西医院
 吴向未 石河子大学医学院一附院
 吴忠均 重庆医科大学附属第一医院
 万雪帅 中国医学科学院北京协和医院
 谢坤林 四川大学华西医院
 杨洪吉 四川省人民医院
 杨诏旭 空军军医大学西京医院
 杨 扬 中山大学附属第三医院
 袁京生 四川大学华西医院
 张 峰 江苏省人民医院
 张雷达 陆军军医大学第一附属医院
 周 俭 复旦大学附属中山医院
 朱志军 首都医科大学附属友谊医院
 郑 虹 天津市第一中心医院
 钟 林 深圳市第三人民医院

执笔作者:

徐 岗 四川大学华西医院
 徐 西 四川大学华西医院
 金 湛 四川大学华西医院
 吕 涛 四川大学华西医院
 宋九林 四川大学华西医院
 曲 伟 首都医科大学附属北京友谊医院
 卫 强 杭州医学院附属人民医院(浙江省人民医院)
 汪 恺 杭州医学院附属人民医院(浙江省人民医院)
 凌 琪 浙江大学医学院附属第一医院
 伊力亚尔·艾尔肯 四川大学华西医院
 汪守平 四川大学华西医院
 利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Kim KH, Kim SH, Cho HD. The short - and long - term outcomes in living-donor liver transplantation using small-for-size graft;a systematic review and meta-analysis[J]. Transplant Rev,2023,37(1):100747. DOI:10.1016/j.trre.2023.100747.
- [2] Hakeem AR, Mathew JS, Aunés CV, et al. Preventing small-for-size syndrome in living donor liver transplantation: guidelines from the ILTS - iDLT - LTSI consensus conference [J]. Transplantation, 2023, 107 (10) : 2203 - 2215. DOI: 10.1097/TP.0000000000004769.
- [3] 中华医学会器官移植学分会,中国医师协会器官移植医师分会. 中国活体肝移植小肝综合征临床诊治指南(2016版)[J/OL]. 中华移植杂志(电子版), 2017, 11 (2) : 70-74. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2017.02.002. Branch of Organ Transplantation of Chinese Medical Association, Branch of Organ Transplant Physician of Chinese Medical Doctor Association. Guidelines for clinical diagnosis and treatment of small liver syndrome in living donor liver transplantation in China (2016 edition) [J/OL]. Chin J Transplant Electron Ed, 2017, 11 (2) : 70-74. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2017.02.002.
- [4] Dahm F, Georgiev P, Clavien PA. Small-for-size syndrome after partial liver transplantation: definition, mechanisms of disease and clinical implications [J]. Am J Transplant, 2005, 5 (11):2605-2610. DOI:10.1111/j.1600-6143.2005.01081.x.
- [5] Soejima Y, Taketomi A, Yoshizumi T, et al. Feasibility of left lobe living donor liver transplantation between adults: an 8-year, single-center experience of 107 cases [J]. Am J Transplant, 2006, 6 (5 Pt 1) : 1004 - 1011. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2006.01284.x.
- [6] Hill MJ, Hughes M, Jie T, et al. Graft weight/recipient weight ratio: how well does it predict outcome after partial liver transplants? [J]. Liver Transpl, 2009, 15 (9) : 1056-1062. DOI: 10.1002/lt.21846.
- [7] Pomposelli JJ, Goodrich NP, Emond JC, et al. Patterns of early allograft dysfunction in adult live donor liver transplantation: the A2ALL experience [J]. Transplantation, 2016, 100 (7) : 1490 - 1499. DOI:10.1097/TP.0000000000001240.
- [8] Okamura Y, Yagi S, Sato T, et al. Coexistence of bilirubin ≥ 10 mg/dL and prothrombin time-international normalized ratio ≥ 1.6 on day 7: a strong predictor of early graft loss after living donor liver transplantation [J]. Transplantation, 2018, 102 (3) : 440-447. DOI:10.1097/TP.0000000000001959.
- [9] Ikegami T, Shirabe K, Yoshizumi T, et al. Primary graft dysfunction after living donor liver transplantation is characterized by delayed functional hyperbilirubinemia [J]. Am J Transplant, 2012, 12 (7) : 1886 - 1897. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2012.04052.x.
- [10] Kow AWC, Liu J, Patel MS, et al. Post living donor liver transplantation small-for-size syndrome: definitions, timelines, biochemical, and clinical factors for diagnosis: guidelines from the ILTS - iDLT - LTSI consensus conference [J]. Transplantation, 2023, 107 (10) : 2226 - 2237. DOI: 10.1097/TP.0000000000004770.
- [11] Soejima Y, Shimada M, Suehiro T, et al. Outcome analysis in adult-to-adult living donor liver transplantation using the left lobe [J]. Liver Transpl, 2003, 9 (6) : 581 - 586. DOI: 10.1053/jlts.2003.50114.
- [12] Troisi R, de Hemptinne B. Clinical relevance of adapting portal vein flow in living donor liver transplantation in adult patients [J]. Liver Transpl, 2003, 9 (9) : S36 - S41. DOI: 10.1053/jlts.2003.50200.
- [13] Troisi R, Ricciardi S, Smeets P, et al. Effects of hemi-portocaval shunts for inflow modulation on the outcome of small-for-size grafts in living donor liver transplantation [J]. Am J Transplant, 2005, 5 (6) : 1397 - 1404. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2005.00850.x.
- [14] Kobayashi T, Sato Y, Yamamoto S, et al. Augmentation of heme oxygenase - 1 expression in the graft immediately after implantation in adult living - donor liver transplantation [J]. Transplantation, 2005, 79 (8) : 977 - 980. DOI: 10.1097/01.tp.0000155245.85967.ad.
- [15] Demetris AJ, Kelly DM, Eghtesad B, et al. Pathophysiologic



- observations and histopathologic recognition of the portal hyperperfusion or small-for-size syndrome [J]. *Am J Surg Pathol*, 2006, 30 (8) : 986 - 993. DOI: 10.1097/00000478-200608000-00009.
- [16] Palmes D, Minin E, Budny T, et al. The endothelin/nitric oxide balance determines small-for-size liver injury after reduced-size rat liver transplantation[J]. *Virchows Arch*, 2005, 447 (4) : 731 - 741. DOI:10.1007/s00428-005-0006-3.
- [17] Man K, Lee TK, Liang TB, et al. FK 409 ameliorates small-for-size liver graft injury by attenuation of portal hypertension and down-regulation of Egr-1 pathway[J]. *Ann Surg*, 2004, 240 (1) : 159-168. DOI:10.1097/01.sla.0000129673.13552.c0.
- [18] Xu X, Man K, Zheng SS, et al. Attenuation of acute phase shear stress by somatostatin improves small-for-size liver graft survival [J]. *Liver Transpl*, 2006, 12 (4) : 621 - 627. DOI: 10.1002/lt.20630.
- [19] Marcos A, Olzinski AT, Ham JM, et al. The interrelationship between portal and arterial blood flow after adult to adult living donor liver transplantation [J]. *Transplantation*, 2000, 70 (12) : 1697-1703. DOI:10.1097/00007890-200012270-00006.
- [20] Liu C, Song JL, Lu WS, et al. Hepatic arterial buffer response maintains the homeostasis of graft hemodynamics in patient receiving living donor liver transplantation [J]. *Dig Dis Sci*, 2016, 61 (2) : 464-473. DOI:10.1007/s10620-015-3881-8.
- [21] Kelly DM, Demetris AJ, Fung JJ, et al. Porcine partial liver transplantation: a novel model of the "small-for-size" liver graft [J]. *Liver Transpl*, 2004, 10 (2) : 253 - 263. DOI: 10.1002/lt.20073.
- [22] Man K, Lo CM, Ng IO, et al. Liver transplantation in rats using small-for-size grafts: a study of hemodynamic and morphological changes[J]. *Arch Surg*, 2001, 136 (3) : 280-285. DOI:10.1001/archsurg.136.3.280.
- [23] Kamiya A, Togawa T. Adaptive regulation of wall shear stress to flow change in the canine carotid artery [J]. *Am J Physiol*, 1980, 239 (1) : H14-H21. DOI:10.1152/ajpheart.1980.239.1.H14.
- [24] Ando J, Tsuboi H, Korenaga R, et al. Shear stress inhibits adhesion of cultured mouse endothelial cells to lymphocytes by downregulating VCAM-1 expression [J]. *Am J Physiol*, 1994, 267 (3 Pt 1) : C679-C687. DOI: 10.1152/ajpcell.1994.267.3.C679.
- [25] Sato Y, Yamamoto S, Takeishi T, et al. Living related heterotopic auxiliary partial liver transplantation for extremely small-for-size graft in fulminant liver failure [J]. *Hepatogastroenterology*, 2003, 50 (53) : 1220-1222.
- [26] Yagi S, Iida T, Taniguchi K, et al. Impact of portal venous pressure on regeneration and graft damage after living-donor liver transplantation [J]. *Liver Transpl*, 2005, 11 (1) : 68 - 75. DOI:10.1002/lt.20317.
- [27] Troisi R, Cammu G, Militerno G, et al. Modulation of portal graft inflow: a necessity in adult living-donor liver transplantation? [J]. *Ann Surg*, 2003, 237 (3) : 429-436. DOI: 10.1097/01.SLA.0000055277.78876.B7.
- [28] Kiuchi T, Kasahara M, Uryuhara K, et al. Impact of graft size mismatching on graft prognosis in liver transplantation from living donors [J]. *Transplantation*, 1999, 67 (2) : 321-327. DOI: 10.1097/00007890-199901270-00024.
- [29] Kiuchi T, Tanaka K, Ito T, et al. Small-for-size graft in living donor liver transplantation: how far should we go? [J]. *Liver Transpl*, 2003, 9 (9) : S29-S35. DOI:10.1053/jlts.2003.50198.
- [30] Sugawara Y, Makuuchi M, Takayama T, et al. Small-for-size grafts in living-related liver transplantation [J]. *J Am Coll Surg*, 2001, 192 (4) : 510-513. DOI:10.1016/s1072-7515(01)00800-6.
- [31] Hashimoto K, Quintini C, Aucejo FN, et al. Split liver transplantation using Hemiliver graft in the MELD era: a single center experience in the United States [J]. *Am J Transplant*, 2014, 14 (9) : 2072-2080. DOI:10.1111/ajt.12791.
- [32] Lee WC, Chan KM, Chou HS, et al. Feasibility of split liver transplantation for 2 adults in the model of end-stage liver disease era [J]. *Ann Surg*, 2013, 258 (2) : 306 - 311. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3182754b8e.
- [33] 中国研究型医院学会加速康复外科专业委员会. 劈离式肝移植围手术期管理专家共识(2024) [J]. *中华外科杂志*, 2025, 63 (1) : 1-12. DOI:10.3760/cma.j.cn112139-20240912-00422. Chinese Research Hospital Association Society of Enhanced Recovery After Surgery. Expert consensus of perioperative management in split liver transplantation (2024) [J]. *Chin J Surg*, 2025, 63 (1) : 1 - 12. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20240912-00422.
- [34] Yan Y, Zheng DF, Pu JL, et al. Outcomes of adult patients adopting small-for-size grafts in living donor liver transplantation: a systematic review and meta-analysis [J]. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*, 2019, 18 (3) : 206 - 213. DOI: 10.1016/j.hbpd.2019.03.007.
- [35] Feng YH, Han ZJ, Wang X, et al. Association of graft-to-recipient weight ratio with the prognosis following liver transplantation: a meta-analysis [J]. *J Gastrointest Surg*, 2020, 24 (8) : 1869-1879. DOI:10.1007/s11605-020-04598-3.
- [36] Wong TC, Fung JYY, Cui TYS, et al. The risk of going small: lowering GRWR and overcoming small-for-size syndrome in adult living donor liver transplantation [J]. *Ann Surg*, 2021, 274 (6) : e1260-e1268. DOI:10.1097/SLA.0000000000003824.
- [37] Kusakabe J, Yagi S, Sasaki K, et al. Is 0.6% reasonable as the minimum requirement of the graft-to-recipient weight ratio regardless of lobe selection in adult living-donor liver transplantation? [J]. *Transplantation*, 2021, 105 (9) : 2007-2017. DOI:10.1097/TP.0000000000003472.
- [38] Matsushima H, Soyama A, Hara T, et al. Outcomes of living donor liver transplant recipients receiving grafts with the graft-to-recipient weight ratio less than 0.6%: a matched pair analysis [J]. *Liver Transpl*, 2024, 30 (5) : 519 - 529. DOI: 10.1097/LVT.0000000000000276.
- [39] Patel MS, Egawa H, Kwon YK, et al. The role of graft to recipient weight ratio on enhanced recovery of the recipient after living donor liver transplantation - A systematic review of the literature and expert panel recommendations [J]. *Clin Transplant*, 2022, 36 (10) : e14630. DOI:10.1111/ctr.14630.
- [40] DeLand FH, North WA. Relationship between liver size and body size [J]. *Radiology*, 1968, 91 (6) : 1195 - 1198. DOI: 10.1148/91.6.1195.
- [41] Heinemann A, Wischhusen F, Püschel K, et al. Standard liver



- volume in the Caucasian population [J]. *Liver Transpl Surg*, 1999, 5(5):366-368. DOI:10.1002/lt.500050516.
- [42] Yu HC, You H, Lee H, et al. Estimation of standard liver volume for liver transplantation in the Korean population [J]. *Liver Transpl*, 2004, 10(6):779-783. DOI:10.1002/lt.20188.
- [43] Choukèr A, Martignoni A, Dugas M, et al. Estimation of liver size for liver transplantation; the impact of age and gender [J]. *Liver Transpl*, 2004, 10(5):678-685. DOI:10.1002/lt.20113.
- [44] Urata K, Kawasaki S, Matsunami H, et al. Calculation of child and adult standard liver volume for liver transplantation [J]. *Hepatology*, 1995, 21(5):1317-1321.
- [45] Lin XZ, Sun YN, Liu YH, et al. Liver volume in patients with or without chronic liver diseases [J]. *Hepatogastroenterology*, 1998, 45(22):1069-1074.
- [46] Vauthey JN, Abdalla EK, Doherty DA, et al. Body surface area and body weight predict total liver volume in Western adults [J]. *Liver Transpl*, 2002, 8(3):233-240. DOI:10.1053/jlts.2002.31654.
- [47] Hashimoto T, Sugawara Y, Tamura S, et al. Estimation of standard liver volume in Japanese living liver donors [J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2006, 21(11):1710-1713. DOI:10.1111/j.1440-1746.2006.04433.x.
- [48] Chan SC, Liu CL, Lo CM, et al. Estimating liver weight of adults by body weight and gender [J]. *World J Gastroenterol*, 2006, 12(14):2217-2222. DOI:10.3748/wjg.v12.i4.2217.
- [49] Yuan D, Lu T, Wei YG, et al. Estimation of standard liver volume for liver transplantation in the Chinese population [J]. *Transplant Proc*, 2008, 40(10):3536-3540. DOI:10.1016/j.transproceed.2008.07.135.
- [50] Li FG, Yan LN, Li B, et al. Estimation of standard liver volume in Chinese adult living donors [J]. *Transplant Proc*, 2009, 41(10):4052-4056. DOI:10.1016/j.transproceed.2009.08.079.
- [51] Poovathumkadavil A, Leung KF, Al Ghamdi HM, et al. Standard formula for liver volume in Middle Eastern Arabic adults [J]. *Transplant Proc*, 2010, 42(9):3600-3605. DOI:10.1016/j.transproceed.2010.07.098.
- [52] Um EH, Hwang S, Song GW, et al. Calculation of standard liver volume in Korean adults with analysis of confounding variables [J]. *Korean J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2015, 19(4):133-138. DOI:10.14701/kjhbps.2015.19.4.133.
- [53] Yoshizumi T, Gondolesi GE, Bodian CA, et al. A simple new formula to assess liver weight [J]. *Transplant Proc*, 2003, 35(4):1415-1420. DOI:10.1016/s0041-1345(03)00482-2.
- [54] Li B, Chen PY, Tan YF, et al. Standard liver weight model in adult deceased donors with fatty liver: a prospective cohort study [J]. *World J Gastroenterol*, 2021, 27(39):6701-6714. DOI:10.3748/wjg.v27.i39.6701.
- [55] Yang XP, Do Yang J, Lee S, et al. Estimation of standard liver volume using CT volume, body composition, and abdominal geometry measurements [J]. *Yonsei Med J*, 2018, 59(4):546-553. DOI:10.3349/ymj.2018.59.4.546.
- [56] Ono Y, Kawachi S, Hayashida T, et al. The influence of donor age on liver regeneration and hepatic progenitor cell populations [J]. *Surgery*, 2011, 150(2):154-161. DOI:10.1016/j.surg.2011.05.004.
- [57] Schmucker DL, Sanchez H. Liver regeneration and aging: a current perspective [J]. *Curr Gerontol Geriatr Res*, 2011, 2011:526379. DOI:10.1155/2011/526379.
- [58] Hidaka M, Eguchi S, Takatsuki M, et al. The kupffer cell number affects the outcome of living donor liver transplantation from elderly donors [J]. *Transplant Direct*, 2016, 2(8):e94. DOI:10.1097/TXD.0000000000000608.
- [59] Kubota T, Hata K, Sozu T, et al. Impact of donor age on recipient survival in adult-to-adult living-donor liver transplantation [J]. *Ann Surg*, 2018, 267(6):1126-1133. DOI:10.1097/SLA.0000000000002194.
- [60] Yeow M, Pang NQ, Muthiah MD, et al. Impact of donor age on recipient morbidity and mortality after living donor liver transplantation [J]. *ANZ J Surg*, 2022, 92(7/8):1867-1872. DOI:10.1111/ans.17877.
- [61] Yoshizumi T, Taketomi A, Soejima Y, et al. Impact of donor age and recipient status on left-lobe graft for living donor adult liver transplantation [J]. *Transpl Int*, 2008, 21(1):81-88. DOI:10.1111/j.1432-2277.2007.00561.x.
- [62] Sanefuji K, Iguchi T, Ueda S, et al. New prediction factors of small-for-size syndrome in living donor adult liver transplantation for chronic liver disease [J]. *Transpl Int*, 2010, 23(4):350-357. DOI:10.1111/j.1432-2277.2009.00985.x.
- [63] Kanneganti M, Olthoff KM, Bittermann T. Impact of older donor age on recipient and graft survival after LDLT: the US experience [J]. *Transplantation*, 2023, 107(1):162-171. DOI:10.1097/TP.0000000000004289.
- [64] Macshut M, Kaido T, Yao SY, et al. Older donor age is a risk factor for negative outcomes after adult living donor liver transplantation using small-for-size grafts [J]. *Liver Transpl*, 2019, 25(10):1524-1532. DOI:10.1002/lt.25601.
- [65] Eguchi S, Umeshita K, Soejima Y, et al. An analysis of 10,000 cases of living donor liver transplantation in Japan: special reference to the graft-versus-recipient weight ratio and donor age [J]. *Ann Surg*, 2024, 279(1):94-103. DOI:10.1097/sla.0000000000006121.
- [66] Wang ZF, Hisatake G, Yang LB. Liver-specific deceased donor risk indices [J]. *Hepatol Res*, 2014, 44(2):159-164. DOI:10.1111/hepr.12228.
- [67] Frongillo F, Lirosi MC, Sganga G, et al. Graft steatosis as a risk factor of ischemic-type biliary lesions in liver transplantation [J]. *Transplant Proc*, 2014, 46(7):2293-2294. DOI:10.1016/j.transproceed.2014.07.057.
- [68] 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.
- [69] Soejima Y, Shimada M, Suehiro T, et al. Use of steatotic graft in living-donor liver transplantation [J]. *Transplantation*, 2003, 76(2):344-348. DOI:10.1097/01.TP.0000071205.52835.A4.
- [70] Yoon YI, Song GW, Lee SG, et al. Safe use of right lobe living donor livers with moderate steatosis in adult-to-adult living donor liver transplantation: a retrospective study [J]. *Transpl Int*, 2021, 34(5):872-881. DOI:10.1111/tri.13859.
- [71] Bhangui P, Sah J, Choudhary N, et al. Safe use of right lobe live donor livers with up to 20% macrovesicular steatosis without



- compromising donor safety and recipient outcome [J]. Transplantation, 2020, 104 (2) : 308 - 316. DOI: 10.1097/TP.0000000000002847.
- [72] Yoon YI, Lee SG, Hwang S, et al. Safety of right liver donation after improving steatosis through weight loss in living donors: a retrospective study [J]. Hepatol Int, 2024, 18 (5) : 1566 - 1578. DOI: 10.1007/s12072-024-10641-1.
- [73] Trakroo S, Bhardwaj N, Garg R, et al. Weight loss interventions in living donor liver transplantation as a tool in expanding the donor pool: a systematic review and meta-analysis [J]. World J Gastroenterol, 2021, 27 (24) : 3682 - 3692. DOI: 10.3748/wjg.v27.i24.3682.
- [74] Gupta A, Patil NS, Mohapatra N, et al. Lifestyle optimization leads to superior liver regeneration in live liver donors and decreases early allograft dysfunction in recipients: a randomized control trial [J]. Ann Surg, 2023, 278 (3) : e430 - e439. DOI: 10.1097/SLA.0000000000005836.
- [75] Abdallah A, Salman AA, Sholkamy AA, et al. Study of factors affecting Small for Size Syndrome Post-Adult living donor liver transplantation [J]. Asian J Surg, 2021, 44 (2) : 452 - 458. DOI: 10.1016/j.asjsur.2020.10.016.
- [76] Alim A, Erdogan Y, Yuzer Y, et al. Graft-to-recipient weight ratio threshold adjusted to the model for end-stage liver disease score for living donor liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2016, 22 (12) : 1643 - 1648. DOI: 10.1002/lt.24523.
- [77] Marubashi S, Nagano H, Eguchi H, et al. Minimum graft size calculated from preoperative recipient status in living donor liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2016, 22 (5) : 599 - 606. DOI: 10.1002/lt.24388.
- [78] Ikegami T, Yoshizumi T, Sakata K, et al. Left lobe living donor liver transplantation in adults: What is the safety limit? [J]. Liver Transpl, 2016, 22 (12) : 1666 - 1675. DOI: 10.1002/lt.24611.
- [79] Shoreem H, Gad EH, Soliman H, et al. Small for size syndrome difficult dilemma: Lessons from 10 years single centre experience in living donor liver transplantation [J]. World J Hepatol, 2017, 9 (21) : 930 - 944. DOI: 10.4254/wjh.v9.i21.930.
- [80] Acuna SA, Zhang W, Yoon PD, et al. Right lobe versus left lobe living donor liver transplantation: a systematic review and meta-analysis of donor and recipient outcomes [J]. Transplantation, 2022, 106 (12) : 2370 - 2378. DOI: 10.1097/TP.0000000000004213.
- [81] Testa G, Malagó M, Valentín - Gamazo C, et al. Biliary anastomosis in living related liver transplantation using the right liver lobe: techniques and complications [J]. Liver Transpl, 2000, 6 (6) : 710 - 714. DOI: 10.1053/jlts.2000.18706.
- [82] Sudhindran S, Menon RN, Balakrishnan D. Challenges and outcome of left-lobe liver transplants in adult living donor liver transplants [J]. J Clin Exp Hepatol, 2012, 2 (2) : 181 - 187. DOI: 10.1016/S0973-6883(12)60106-6.
- [83] Jin GY, Yu HC, Lim HS, et al. Anatomical variations of the origin of the segment 4 hepatic artery and their clinical implications [J]. Liver Transpl, 2008, 14 (8) : 1180 - 1184. DOI: 10.1002/lt.21494.
- [84] Tanemura A, Mizuno S, Wada H, et al. Donor age affects liver regeneration during early period in the graft liver and late period in the remnant liver after living donor liver transplantation [J]. World J Surg, 2012, 36 (5) : 1102 - 1111. DOI: 10.1007/s00268-012-1496-1.
- [85] Radtke A, Sgourakis G, Molmenti EP, et al. The "carving" liver partitioning technique for graft hepatectomy in live donor liver transplantation: a single-center experience [J]. Surgery, 2013, 153 (2) : 189 - 199. DOI: 10.1016/j.surg.2012.06.027.
- [86] Julka KD, Chen CL, Vasavada B. Liver lobe graft side and outcomes in living-donor liver transplant with small-for-size grafts [J]. Exp Clin Transplant, 2014, 12 (4) : 343 - 350.
- [87] Halazun KJ, Przybyszewski EM, Griesemer AD, et al. Leaning to the left: increasing the donor pool by using the left lobe, outcomes of the largest single-center North American experience of left lobe adult-to-adult living donor liver transplantation [J]. Ann Surg, 2016, 264 (3) : 448 - 456. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001860.
- [88] Uchiyama H, Shirabe K, Kimura K, et al. Outcomes of adult-to-adult living donor liver transplantation in 321 recipients [J]. Liver Transpl, 2016, 22 (3) : 305 - 315. DOI: 10.1002/lt.24378.
- [89] Goja S, Yadav SK, Saigal S, et al. Right lobe donor hepatectomy: is it safe? A retrospective study [J]. Transpl Int, 2018, 31 (6) : 600 - 609. DOI: 10.1111/tri.13092.
- [90] Fujiki M, Hashimoto K, Quintini C, et al. Living donor liver transplantation with augmented venous outflow and splenectomy: a promised land for small left lobe grafts [J]. Ann Surg, 2022, 276 (5) : 838 - 845. DOI: 10.1097/SLA.0000000000005630.
- [91] 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.
- [92] 严律南, 曾勇, 王文涛, 等. 成人间双供体活体肝脏移植成功 2 例报告 [J]. 中国普外基础与临床杂志, 2005, 12 (4) : 399 - 402. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9424.2005.04.027.
- Yan L, Zeng Y, Wang WT, et al. Two successful adult-to-adult living donor liver transplantation using dual grafts [J]. Chin J Bases Clin Gen Surg, 2005, 12 (4) : 399 - 402. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9424.2005.04.027.
- [93] 吕涛, 徐岗, 徐西, 等. 华西双供体肝脏移植专家共识 [J]. 中国普外基础与临床杂志, 2024, 31 (4) : 385 - 388. DOI: 10.7507/1007-9424.202402061.
- Lü T, Xu G, Xu X, et al. Expert consensus on dual-graft liver transplantation in West China Hospital [J]. Chin J Bases Clin Gen Surg, 2024, 31 (4) : 385 - 388. DOI: 10.7507/1007-9424.202402061.
- [94] 张博瀚, 宋九林, 蒋利, 等. 成人活体供者肝右叶联合脑死亡捐献者肝左外叶的双供肝活体肝移植治疗肝细胞癌的应用价值 [J]. 中华消化外科杂志, 2020, 19 (2) : 196 - 203. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2020.02.013.
- Zhang BH, Song JL, Jiang L, et al. Application value of dual-graft living donor liver transplantation of right segment from an adult living donor combined with a left lateral segment from donation after brain death for hepatocellular carcinoma [J]. Chin J Dig Surg, 2020, 19 (2) : 196 - 203. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2020.02.013.
- [95] Vinayak N, Ravi M, Ankush G, et al. Dual graft living donor



- liver transplantation-a case report[J]. BMC Surg, 2019, 19(1): 149. DOI:10.1186/s12893-019-0606-5.
- [96] Zidan A, Sturdevant M, Alkhail FA, et al. The first two cases of living donor liver transplantation using dual grafts in Saudi Arabia [J]. Ann Saudi Med, 2019, 39 (2): 118-123. DOI: 10.5144/0256-4947.2019.118.
- [97] Xiao YS, Huang XW, Shi YH, et al. Emergent hybrid-dual-graft liver transplantation: a life-saving strategy for a patient with inadequate living donor graft during the COVID-19 pandemic [J]. Hepatobiliary Surg Nutr, 2022, 11 (5): 785-788. DOI: 10.21037/hbsn-22-335.
- [98] Song GW, Lee SG, Moon DB, et al. Dual-graft adult living donor liver transplantation: an innovative surgical procedure for live liver donor pool expansion[J]. Ann Surg, 2017, 266(1): 10-18. DOI: 10.1097/SLA.0000000000001776.
- [99] Kim JD, Choi DL, Han YS. Salvage dual graft living donor liver transplantation after major hepatectomy [J]. Ann Surg Treat Res, 2014, 87 (2): 108-111. DOI: 10.4174/ast. 2014. 87. 2. 108.
- [100] 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.
- [101] Chen ZY, Yan LN, Li B, et al. Prevent small-for-size syndrome using dual grafts in living donor liver transplantation[J]. J Surg Res, 2009, 155 (2): 261-267. DOI: 10.1016/j. jss. 2009. 01. 001.
- [102] Chen Z, Zeng Y, Wen TF, et al. Dual grafts live donor liver transplantation for acute-on-chronic hepatitis B liver failure[J]. Transplant Proc, 2010, 42 (10): 4552-4554. DOI: 10.1016/j. transproceed. 2010. 09. 172.
- [103] 于高, 史志勇, 张瑞, 等. 小肝综合征的研究进展[J]. 实用器官移植电子杂志, 2024, 12 (2): 182-187. DOI: 10.3969/j. issn. 2095-5332. 2024. 02. 021.
- Yu G, Shi ZY, Zhang R, et al. Research progress on small liver syndrome [J]. Pract J Organ Transplant Electron Version, 2024, 12 (2): 182-187. DOI: 10.3969/j. issn. 2095-5332. 2024. 02. 021.
- [104] Lee S, Park K, Hwang S, et al. Congestion of right liver graft in living donor liver transplantation [J]. Transplantation, 2001, 71 (6): 812-814. DOI: 10.1097/00007890-200103270-00021.
- [105] Lee SG. A complete treatment of adult living donor liver transplantation: a review of surgical technique and current challenges to expand indication of patients [J]. Am J Transplant, 2015, 15(1): 17-38. DOI: 10.1111/ajt. 12907.
- [106] Ito T, Kiuchi T, Yamamoto H, et al. Changes in portal venous pressure in the early phase after living donor liver transplantation: pathogenesis and clinical implications [J]. Transplantation, 2003, 75 (8): 1313-1317. DOI: 10.1097/01. TP. 0000063707. 90525. 10.
- [107] Jo HS, Yu YD, Choi YJ, et al. Left liver graft in adult-to-adult living donor liver transplantation with an optimal portal flow modulation strategy to overcome the small-for-size syndrome - A retrospective cohort study [J]. Int J Surg, 2022, 106: 106953. DOI: 10.1016/j. ijsu. 2022. 106953.
- [108] Umeda Y, Yagi T, Sadamori H, et al. Effects of prophylactic splenic artery modulation on portal overperfusion and liver regeneration in small-for-size graft [J]. Transplantation, 2008, 86 (5): 673-680. DOI: 10.1097/TP. 0b013e318181e02d.
- [109] Ou HY, Huang TL, Chen TY, et al. Early modulation of portal graft inflow in adult living donor liver transplant recipients with high portal inflow detected by intraoperative color Doppler ultrasound [J]. Transplant Proc, 2010, 42 (3): 876-878. DOI: 10.1016/j. transproceed. 2010. 02. 064.
- [110] Masuda Y, Yoshizawa K, Ohno Y, et al. Small-for-size syndrome in liver transplantation: Definition, pathophysiology and management [J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2020, 19 (4): 334-341. DOI: 10.1016/j. hbpdp. 2020. 06. 015.
- [111] Troisi RI, Berardi G, Tomassini F, et al. Graft inflow modulation in adult-to-adult living donor liver transplantation: a systematic review [J]. Transplant Rev, 2017, 31 (2): 127-135. DOI: 10.1016/j. trre. 2016. 11. 002.
- [112] Nishida O, Moriyasu F, Nakamura T, et al. Interrelationship between splenic and superior mesenteric venous circulation manifested by transient splenic arterial occlusion using a balloon catheter [J]. Hepatology, 1987, 7(3): 442-446. DOI: 10.1002/hep. 1840070305.
- [113] Soin AS, Yadav SK, Saha SK, et al. Is portal inflow modulation always necessary for successful utilization of small volume living donor liver grafts? [J]. Liver Transpl, 2019, 25(12): 1811-1821. DOI: 10.1002/lt. 25629.
- [114] Balci D, Taner B, Dayangac M, et al. Splenic abscess after splenic artery ligation in living donor liver transplantation: a case report [J]. Transplant Proc, 2008, 40(5): 1786-1788. DOI: 10.1016/j. transproceed. 2007. 10. 012.
- [115] Patrono D, Franchi E, Guarasci F, et al. Vascular remodeling of visceral arteries following interruption of the splenic artery during liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2019, 25(6): 934-945. DOI: 10.1002/lt. 25447.
- [116] Yoshizumi T, Itoh S, Shimokawa M, et al. Simultaneous splenectomy improves outcomes after adult living donor liver transplantation [J]. J Hepatol, 2021, 74 (2): 372-379. DOI: 10.1016/j. jhep. 2020. 08. 017.
- [117] Garcia-Tsao G. Current management of the complications of cirrhosis and portal hypertension: variceal hemorrhage, ascites, and spontaneous bacterial peritonitis [J]. Dig Dis, 2016, 34(4): 382-386. DOI: 10.1159/000444551.
- [118] Uehara H, Akahoshi T, Kawanaka H, et al. Endothelin-1 derived from spleen-activated Rho-kinase pathway in rats with secondary biliary cirrhosis [J]. Hepatol Res, 2012, 42(10): 1039-1047. DOI: 10.1111/j. 1872-034X. 2012. 01021. x.
- [119] Yoshizumi T, Taketomi A, Soejima Y, et al. The beneficial role of simultaneous splenectomy in living donor liver transplantation in patients with small-for-size graft [J]. Transpl Int, 2008, 21 (9): 833-842. DOI: 10.1111/j. 1432-2277. 2008. 00678. x.
- [120] Yao SY, Kaido T, Yagi S, et al. Impact of imbalanced graft-to-spleen volume ratio on outcomes following living donor liver transplantation in an era when simultaneous splenectomy is not typically indicated [J]. Am J Transplant, 2019, 19 (10): 2783-2794. DOI: 10.1111/ajt. 15337.
- [121] Akamatsu N, Sugawara Y, Satou S, et al. Hemodynamic



- changes in the hepatic circulation after the modulation of the splenic circulation in an in vivo human experimental model[J]. Liver Transpl, 2014, 20(1): 116-121. DOI: 10. 1002/lt. 23763.
- [122] Su CM, Chou TC, Yang TH, et al. Graft inflow modulation in living-donor liver transplantation: hepatic hemodynamic changes in splenic artery ligation and splenectomy[J]. Ann Transplant, 2022, 27: e936609. DOI: 10. 12659/AOT. 936609.
- [123] Ito K, Akamatsu N, Ichida A, et al. Splenectomy is not indicated in living donor liver transplantation[J]. Liver Transpl, 2016, 22(11): 1526-1535. DOI: 10. 1002/lt. 24489.
- [124] Yao SY, Kaido T, Uozumi R, et al. Is portal venous pressure modulation still indicated for all recipients in living donor liver transplantation? [J]. Liver Transpl, 2018, 24(11): 1578-1588. DOI: 10. 1002/lt. 25180.
- [125] Wang HL, Ikegami T, Harada N, et al. Optimal changes in portal hemodynamics induced by splenectomy during living donor liver transplantation[J]. Surg Today, 2015, 45(8): 979-985. DOI: 10. 1007/s00595-014-0999-9.
- [126] He C, Liu XJ, Peng W, et al. Evaluation the efficacy and safety of simultaneous splenectomy in liver transplantation patients: a meta - analysis [J]. Medicine, 2018, 97(10): e0087. DOI: 10. 1097/MD. 00000000000010087.
- [127] Moon DB, Lee SG, Hwang S, et al. Splenic devascularization can replace splenectomy during adult living donor liver transplantation - a historical cohort study[J]. Transpl Int, 2019, 32(5): 535-545. DOI: 10. 1111/tri. 13405.
- [128] Boillot O, Delafosse B, Méchet I, et al. Small-for-size partial liver graft in an adult recipient; a new transplant technique[J]. Lancet, 2002, 359(9304): 406-407. DOI: 10. 1016/S0140-6736(02)07593-1.
- [129] Botha JF, Lagnas AN, Campos BD, et al. Left lobe adult-to-adult living donor liver transplantation: small grafts and hemiportocaval shunts in the prevention of small - for - size syndrome [J]. Liver Transpl, 2010, 16(5): 649-657. DOI: 10. 1002/lt. 22043.
- [130] Taniguchi M, Shimamura T, Suzuki T, et al. Transient portacaval shunt for a small-for-size graft in living donor liver transplantation[J]. Liver Transpl, 2007, 13(6): 932-934. DOI: 10. 1002/lt. 21080.
- [131] Kinaci E, Kayaalp C. Portosystemic shunts for “too small-for-size syndrome” after liver transplantation: a systematic review [J]. World J Surg, 2016, 40(8): 1932-1940. DOI: 10. 1007/s00268-016-3518-x.
- [132] Yamada T, Tanaka K, Uryuhara K, et al. Selective hemi-portocaval shunt based on portal vein pressure for small-for-size graft in adult living donor liver transplantation [J]. Am J Transplant, 2008, 8(4): 847-853. DOI: 10. 1111/j. 1600-6143. 2007. 02144. x.
- [133] Zhou HY, Chen TW, Zhang XM, et al. Patterns of portosystemic collaterals and diameters of portal venous system in cirrhotic patients with hepatitis B on magnetic resonance imaging: Association with Child-Pugh classifications [J]. Clin Res Hepatol Gastroenterol, 2015, 39(3): 351-358. DOI: 10. 1016/j. clinre. 2014. 09. 012.
- [134] Reddy MS, Rela M. Portosystemic collaterals in living donor liver transplantation: What is all the fuss about? [J]. Liver Transpl, 2017, 23(4): 537-544. DOI: 10. 1002/lt. 24719.
- [135] Sánchez-Cabús S, Fondevila C, Calatayud D, et al. Importance of the temporary portocaval shunt during adult living donor liver transplantation[J]. Liver Transpl, 2013, 19(2): 174-183. DOI: 10. 1002/lt. 23558.
- [136] De Carlis L, Del Favero E, Rondinara G, et al. The role of spontaneous portosystemic shunts in the course of orthotopic liver transplantation[J]. Transpl Int, 1992, 5(1): 9-14. DOI: 10. 1007/BF00337182.
- [137] Takatsuki M, Baimakhanov Z, Soyama A, et al. Obstructing spontaneous major shunt vessels might not be mandatory to maintain adequate portal inflow in living donor liver transplantation [J]. Transplantation, 2014, 97(9): e52-e53. DOI: 10. 1097/TP. 0000000000000092.
- [138] Kaido T, Ogawa K, Fujimoto Y, et al. Section 7. A new therapeutic strategy on portal flow modulation that increases donor safety with good recipient outcomes[J]. Transplantation, 2014, 97(Suppl 8): S30-S32.
- [139] Moon DB, Lee SG, Ahn C, et al. Application of intraoperative cine-portogram to detect spontaneous portosystemic collaterals missed by intraoperative Doppler exam in adult living donor liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2007, 13(9): 1279-1284. DOI: 10. 1002/lt. 21252.
- [140] Ikegami T, Shirabe K, Nakagawara H, et al. Obstructing spontaneous major shunt vessels is mandatory to keep adequate portal inflow in living - donor liver transplantation [J]. Transplantation, 2013, 95(10): 1270-1277. DOI: 10. 1097/TP. 0b013e318288cad6.
- [141] Sholkamy A, Salman A, El-Garem N, et al. Portal venous pressure and proper graft function in living donor liver transplants in 69 patients from an Egyptian center [J]. Ann Saudi Med, 2018, 38(3): 181-188. DOI: 10. 5144/0256-4947. 2018. 181.
- [142] Yao SY, Yagi S, Uozumi R, et al. A high portal venous pressure gradient increases gut - related bacteremia and consequent early mortality after living donor liver transplantation [J]. Transplantation, 2018, 102(4): 623-631. DOI: 10. 1097/TP. 0000000000002047.
- [143] Yagi S, Uemoto S. Small-for-size syndrome in living donor liver transplantation [J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2012, 11(6): 570-576. DOI: 10. 1016/S1499-3872(12)60227-6.
- [144] Osman AMA, Hosny AA, El-Shazli MA, et al. A portal pressure cut-off of 15 versus a cut-off of 20 for prevention of small-for-size syndrome in liver transplantation: a comparative study [J]. Hepatol Res, 2017, 47(4): 293-302. DOI: 10. 1111/hepr. 12727.
- [145] Asencio JM, Vaquero J, Olmedilla L, et al. “Small-for-flow” syndrome: shifting the “size” paradigm [J]. Med Hypotheses, 2013, 80(5): 573-577. DOI: 10. 1016/j. mehy. 2013. 01. 028.
- [146] Wu TJ, Dahiya D, Lee CS, et al. Impact of portal venous hemodynamics on indices of liver function and graft regeneration after right lobe living donor liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2011, 17(9): 1035-1045. DOI: 10. 1002/lt. 22326.
- [147] Ogura Y, Hori T, El Moghazy WM, et al. Portal pressure <15 mm Hg is a key for successful adult living donor liver



- transplantation utilizing smaller grafts than before [J]. Liver Transpl, 2010, 16(6):718-728. DOI:10.1002/lt.22059.
- [148] Jiang SM, Zhou GW, Zhang R, et al. Role of splanchnic hemodynamics in liver regeneration after living donor liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2009, 15(9):1043-1049. DOI:10.1002/lt.21797.
- [149] Shimamura T, Taniguchi M, Jin MB, et al. Excessive portal venous inflow as a cause of allograft dysfunction in small-for-size living donor liver transplantation [J]. Transplant Proc, 2001, 33(1/2):1331. DOI:10.1016/s0041-1345(00)02496-9.
- [150] Sainz-Barriga M, Scudeller L, Costa MG, et al. Lack of a correlation between portal vein flow and pressure: toward a shared interpretation of hemodynamic stress governing inflow modulation in liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2011, 17(7):836-848. DOI:10.1002/lt.22295.
- [151] Lu HM, Xu G, Wang Y, et al. Correlation between portal vein pressure and subharmonic scattering signals from SonoVue microbubbles in canines [J]. Ultrasound Med Biol, 2023, 49(1):203-211. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2022.08.014.
- [152] Xu G, Lu HM, Yang HY, et al. Subharmonic scattering of SonoVue microbubbles within 10-40-mmHg overpressures in vitro [J]. IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control, 2021, 68(12):3583-3591. DOI:10.1109/TUFFC.2021.3101694.
- [153] Xu G, Wang Y, Lu HM, et al. Portal vein pressure estimation and portal hypertension discrimination based on subharmonic scattering of ultrasound contrast agent microbubbles [J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2024, 71(1):150-159. DOI:10.1109/TBME.2023.3293952.
- [154] Hessheimer AJ, Martínez de la Maza L, Adel Al Shwely F, et al. Somatostatin and the "small-for-size" liver [J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(10):2512. DOI:10.3390/ijms20102512.
- [155] Hessheimer AJ, Escobar B, Muñoz J, et al. Somatostatin therapy protects porcine livers in small-for-size liver transplantation [J]. Am J Transplant, 2014, 14(8):1806-1816. DOI:10.1111/ajt.12758.
- [156] Jo HS, Han JH, Choi YY, et al. The beneficial impacts of splanchnic vasoactive agents on hepatic functional recovery in massive hepatectomy porcine model [J]. Hepatobiliary Surg Nutr, 2021, 10(3):325-336. DOI:10.21037/hbsn.2019.11.31.
- [157] Busani S, Marconi G, Schiavon L, et al. Living donor liver transplantation and management of portal venous pressure [J]. Transplant Proc, 2006, 38(4):1074-1075. DOI:10.1016/j.transproceed.2006.03.058.
- [158] Troisi RI, Vanlander A, Giglio MC, et al. Somatostatin as inflow modulator in liver-transplant recipients with severe portal hypertension: a randomized trial [J]. Ann Surg, 2019, 269(6):1025-1033. DOI:10.1097/SLA.0000000000003062.
- [159] Özden Y, Kara M, Pýnarbaý B, et al. Somatostatin and propranolol to treat small-for-size syndrome that occurred despite splenic artery ligation [J]. Exp Clin Transplant, 2007, 5(2):686-689.
- [160] Feng ZY, Xu X, Wu LJ, et al. Downregulation of endothelin-1 by somatostatin improves liver function of recipients undergoing adult-to-adult living donor liver transplantation [J]. Chin Med J, 2010, 123(15):1961-1966.
- [161] 何勇, 柴璐, 陈茵, 等. 不同输注方式对特利加压素安全性及疗效的影响: 当前的争议 [J]. 世界华人消化杂志, 2023(17):705-710. DOI:10.11569/wcjd.v31.i17.705.
- He Y, Chai L, Chen H, et al. Effect of different infusion approaches on safety and efficacy of terlipressin: current controversies [J]. World Chin J Dig, 2023(17):705-710. DOI:10.11569/wcjd.v31.i17.705.
- [162] Ibrahim N, Hasanin A, Allah SA, et al. The haemodynamic effects of the perioperative terlipressin infusion in living donor liver transplantation: a randomised controlled study [J]. Indian J Anaesth, 2015, 59(3):156-164. DOI:10.4103/0019-5049.153037.
- [163] Fayed N, Refaat EK, Yassein TE, et al. Effect of perioperative terlipressin infusion on systemic, hepatic, and renal hemodynamics during living donor liver transplantation [J]. J Crit Care, 2013, 28(5):775-782. DOI:10.1016/j.jcrc.2013.02.016.
- [164] Hong SH, Lee JM, Choi JH, et al. Perioperative assessment of terlipressin infusion during living donor liver transplantation [J]. J Int Med Res, 2012, 40(1):225-236. DOI:10.1177/147323001204000123.
- [165] Kulkarni AV, Arab JP, Premkumar M, et al. Terlipressin has stood the test of time: Clinical overview in 2020 and future perspectives [J]. Liver Int, 2020, 40(12):2888-2905. DOI:10.1111/liv.14703.
- [166] Reddy MS, Kaliamoorthy I, Rajakumar A, et al. Double-blind randomized controlled trial of the routine perioperative use of terlipressin in adult living donor liver transplantation [J]. Liver Transpl, 2017, 23(8):1007-1014. DOI:10.1002/lt.24759.
- [167] Suehiro T, Shimada M, Kishikawa K, et al. Effect of intraportal infusion to improve small for size graft injury in living donor adult liver transplantation [J]. Transpl Int, 2005, 18(8):923-928. DOI:10.1111/j.1432-2277.2005.00159.x.

(收稿日期:2025-09-11)

