

劈离式供肝儿童肝移植门静脉并发症的诊断与治疗

曾凯宁 杨卿 姚嘉 唐晖 傅斌生 冯啸 吕海金 易慧敏 易述红 杨扬

【摘要】 **目的** 探讨劈离式供肝儿童肝移植门静脉并发症的诊断及治疗策略。**方法** 回顾性分析接受劈离式肝移植的88例儿童受者的临床资料。术中根据受者门静脉内径、发育情况，利用门静脉左右分支处进行吻合或间置供者髂静脉搭桥吻合，围手术期采用规范化的门静脉血流监测，术后按肝素钠桥接华法林的方案进行抗凝治疗。经增强CT或门静脉造影确诊门静脉狭窄或血栓形成后，予切开取栓、全身抗凝、介入下取栓、球囊扩张和（或）支架置入等处理。**结果** 88例受者中共10例患儿确诊门静脉并发症，其中4例门静脉狭窄，确诊时间分别为术后1d、2个月、8个月、11个月，6例门静脉血栓形成，确诊时间分别为术中、术后2d、术后3d（2例）、术后6d、术后11个月。1例门静脉狭窄者和1例门静脉血栓形成者于围手术期死亡，门静脉并发症相关病死率为2%（2/88）。其余8例患者中，1例行全身抗凝治疗、2例行门静脉切开取栓术、1例行介入下球囊扩张、4例行介入下球囊扩张及支架置入，术后均长期随访，未再出现门静脉相关症状，复查门静脉血流参数正常。**结论** 规范化的术中及术后门静脉血流监测有助于早期发现门静脉并发症，及时采取术中门静脉切开取栓，术后介入下球囊扩张、支架置入等手段可有效治疗门静脉并发症，减少门静脉并发症导致的移植物流失和受者死亡。

【关键词】 儿童肝移植；劈离式肝移植；门静脉并发症；门静脉狭窄；门静脉血栓；活化部分凝血活酶时间；球囊扩张；支架置入

【中图分类号】 R617, R575 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2024) 01-0009-07

Diagnosis and treatment of the portal vein complications for children undergoing split liver transplantation Zeng Kaining*, Yang Qing, Yao Jia, Tang Hui, Fu Binsheng, Feng Xiao, Lyu Haijin, Yi Huimin, Yi Shuhong, Yang Yang. *Department of Hepatic Surgery, Liver Transplantation Center, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Organ Transplantation Institute, Sun Yat-sen University, Organ Transplantation Research Center of Guangdong Province, Guangdong Province Engineering Laboratory for Transplantation Medicine, Guangzhou 510630, China
Corresponding author: Yang Yang, Email: yysysu@163.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the diagnosis and treatment strategy of the portal vein complications in children undergoing split liver transplantation. **Methods** The clinical data of 88 pediatric recipients who underwent split liver transplantation were retrospectively analyzed. Intraoperative anastomosis at the bifurcating site of the portal vein or donor iliac vein bypass anastomosis was performed depending on the internal diameter and development of the recipient's portal vein. A normalized portal venous blood stream monitoring was performed during the perioperative stage. After operation, heparin sodium was used to bridge warfarin for anticoagulation therapy. After portal vein stenosis or thrombosis was identified with enhanced CT or portography, managements including embolectomy, systemic anticoagulation,

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2023241

基金项目: 国家自然科学基金(81972286、82270690); 国家重点研发计划(2017YFA0104304); 广东省自然科学基金(2019B020236003); 广东省科技计划项目(2020B1212060019); 广州市科技计划项目(2023A04J1083)

作者单位: 510630 广州, 中山大学附属第三医院肝脏外科暨肝脏移植中心 中山大学器官移植研究所 广东省器官移植研究中心 广东省移植医学工程实验室(曾凯宁、杨卿、姚嘉、唐晖、傅斌生、冯啸、易述红、杨扬), 器官移植重症监护室(吕海金、易慧敏)

作者简介: 曾凯宁 (ORCID 0000-0002-0001-1234), 博士, 主治医师, 研究方向为肝移植, Email: zengkn3@mail.sysu.edu.cn

通信作者: 杨扬 (ORCID 0000-0003-4981-4745), 博士, 主任医师, 教授, 研究方向为肝移植, Email: yysysu@163.com

interventional thrombus removal, balloon dilatation and/or stenting were performed. **Results** Among the 88 recipients, a total of 10 children were diagnosed with portal vein complications, of which 4 cases were diagnosed with portal vein stenosis at 1 d, 2 months, 8 months, and 11 months after surgery, and 6 cases were diagnosed with portal vein thrombosis at intraoperative, 2 d, 3 d ($n=2$), 6 d, and 11 months after surgery, respectively. One patient with portal vein stenosis and one patient with portal vein thrombosis died perioperatively. The fatality related to portal vein complications was 2% (2/88). Of the remaining 8 patients, 1 underwent systemic anticoagulation, 2 underwent portal venous embolectomy, 1 underwent interventional balloon dilatation, and 4 underwent interventional balloon dilatation plus stenting. No portal venous related symptoms were detected during postoperative long term follow up, and the retested portal venous blood stream parameters were normal. **Conclusions** The normalized intra- and post-operative portal venous blood stream monitoring is a useful tool for the early detection of portal vein complications, the early utilization of useful managements such as intraoperative portal venous embolectomy, interventional balloon dilatation and stenting may effectively treat the portal vein complications, thus minimizing the portal vein complication related graft loss and recipient death.

【Key words】 Pediatric liver transplantation; Split liver transplantation; Portal vein complication; Portal vein stenosis; Portal vein thrombosis; Activated partial thromboplastin time; Balloon dilatation; Stenting

劈离式供肝是儿童肝移植的重要供肝来源，门静脉并发症是儿童劈离式肝移植术后常见并发症之一，是移植物丢失、受者死亡的重要原因。门静脉并发症主要包括门静脉狭窄（portal vein stenosis, PVS）和门静脉血栓（portal vein thrombosis, PVT）。儿童受者门静脉纤细，供受者门静脉内径常不匹配，同时门静脉吻合口可能易出现扭曲、成角等现象，因此文献报道的儿童肝移植术后门静脉并发症的发生率可达9%~27%^[1-9]，高于成人肝移植。因此，早期诊断和及时治疗是降低门静脉并发症危害的重要手段。目前国内尚无针对儿童劈离式肝移植术后门静脉并发症的标准化诊断和治疗策略。本研究是目前国内首个大宗儿童劈离式肝移植门静脉并发症诊断和治疗策略的报道，旨在通过标准化的门静脉血流监测方案及切开取栓、介入治疗等综合策略对门静脉并发症进行早期诊断和综合治疗，减少门静脉并发症相关的患者死亡。现将中山大学附属第三医院肝脏外科暨肝脏移植中心儿童劈离式肝移植术后门静脉并发症的诊断治疗策略总结如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2014年7月至2022年1月我中心共完成劈离式供肝儿童肝移植88例，受者男56例，女32例，月龄9（7，40）个月。受者原发病包括胆道闭锁65例、先天性代谢性疾病9例、急性肝衰竭4例、布-加综合征1例、其他9例。

供者包括脑死亡供者77例，心脏死亡供者11例。在体劈离供肝69例、离体劈离供肝19例，

右三叶供肝11例、右半肝供肝5例、左半肝供肝9例、左外叶供肝63例。无论是脑死亡还是心脏死亡供者，对于年龄<50岁、重症监护室（intensive care unit, ICU）住院时间较短（<5 d）、血流动力学稳定、肝脏脂肪变性程度较轻（<10%）、转氨酶和胆红素小于2~3倍正常值上限、血清钠<160 mmol/L的供者，其供肝可用于行劈离式肝移植。本研究经中山大学附属第三医院伦理委员会批准。

1.2 门静脉吻合方式

使用左侧供肝（左半肝、左外叶供肝）时供肝门静脉为门静脉左支断端，使用右侧供肝（右半肝、右三叶供肝）时供肝门静脉为门静脉主干，吻合时尽可能利用受者门静脉左右至分叉处修剪进行吻合。对于低龄（<6月龄）、低体质量（<6 kg）或门静脉狭窄（内径<4 mm）、门静脉发育不良、门静脉周围纤维包裹明显的患儿，可切除狭窄或纤维包裹的门静脉主干，间置一段供者髂静脉后再进行吻合。吻合过程确保血管内膜清晰、光滑，注意预留合适长度的门静脉，并精准定位供受者门静脉方向，避免扭曲、成角、旋转，缝合时避免缝线牵拉过紧，缝合完毕时打结时预留血管扩张的空间。

1.3 围手术期门静脉血流监测

在门静脉血流开放后、关腹前及关腹后常规行术中超声检查观察门静脉血流情况，肝内门静脉流速应达到20 cm/s以上，流量仪监测门静脉流量应达到每100 g 移植物90~100 mL/min。术后1周内每日复查彩色多普勒超声（彩超）监测门静脉血流通畅情况及流速，术后2周内隔日复查彩超，此后每周复查彩超至术后1个月，术后半年内每月复查彩超监测门静脉

血流情况。

1.4 围手术期抗凝方案

在术中妥善、彻底止血的前提下,于手术当日或术后第 1 日开始抗凝治疗,抗凝方案为肝素钠 20 U/(kg·h)持续静脉泵入,维持活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT) 60~80 s,术后第 4~7 日桥接华法林,维持凝血酶原时间国际标准化比值(prothrombin time international normalized ratio, PT-INR) 1.5~2.0 至术后 3 个月。在确诊门静脉并发症后,标准化的抗凝方案贯穿治疗过程始终,若需进行手术或介入等有创操作,则于围手术期桥接低分子肝素钠,操作后继续口服华法林,维持 PT-INR 至目标值。

1.5 PVS 和 PVT 的诊断及治疗流程

1.5.1 PVS 的诊断和治疗 超声检查发现门静脉吻合口狭窄,且狭窄处血流速度与其近端血流速度之比 >4 时,应高度怀疑 PVS 并尽快行增强 CT 或门静脉造影检查以明确诊断。若确诊 PVS,则视情况予相应处理,当患者无明显门静脉高压症状、肝功能稳定时,可在持续抗凝治疗的基础上动态观察,定期复查超声及增强 CT;当出现明显肝功能异常或脾功能亢进、腹腔积液等门静脉高压临床症状或门静脉血流参数异常持续存在并加重时,行经皮门静脉造影术,术中确诊门静脉狭窄后,同期行球囊扩张术,并检测门静脉狭窄程度及血流压力梯度[目标为残存狭窄程度 $\leq 30\%$,狭窄两端梯度 ≤ 5 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)],对于反复球囊扩张术后效果不满意的患者,考虑行支架置入术。

1.5.2 PVT 的诊断和治疗 对急性 PVT 的患者,若为术中超声检查发现,则应立即切开门静脉取栓或重新吻合门静脉。若为术后早期常规复查发现,应立即行增强 CT 或门静脉造影检查以明确诊断,可在介入下局部溶栓、取栓,或行门静脉球囊扩张、支架置入术,必要时行门静脉切开取栓或二次肝移植。对于术后远期出现的慢性 PVT,可行介入下球囊扩张或支架置入术,确保门静脉血流通畅。

2 结 果

2.1 门静脉并发症的发生情况

88 例受者中,共 10 例确诊门静脉并发症,发生率为 11%,其中 PVS 4 例,PVT 6 例,原发病分别为胆道闭锁 9 例,布-加综合征 1 例。10 例患者中 2 例

死亡,门静脉并发症相关病死率为 2%(2/88)。其余 8 例长期随访,随访时间 54(14,64)个月(表 1)。

2.2 PVS 患者诊治情况

在 4 例 PVS 患者中,1 例于术后 1 d 发现门静脉吻合口狭窄,予加强抗凝治疗,术后 16 d 因多器官衰竭死亡。其余 3 例 PVS 患者均在术后 2 个月后诊断 PVS,分别进行抗凝、门静脉球囊扩张、门静脉球囊扩张+支架置入术处理后,均长期生存,复查门静脉血流参数正常。

2.3 PVT 患者诊治情况

在 6 例 PVT 患者中,1 例于术后 2 d 发现 PVT,术后 4 d 行二次肝移植,二次肝移植术后 4 d 因多器官衰竭死亡。其余 5 例 PVT 患者中,1 例于术中门静脉吻合完成后查术中超声即发现 PVT,立即予门静脉切开取栓,并间置供者髂静脉进行门静脉重建吻合,术后长期随访,门静脉血流参数正常。3 例于术后 1 周内诊断 PVT,其中 1 例于术后 3 d 确诊 PVT,立即予门静脉切开取栓,其余 2 例分别于术后 3 d 及 6 d 确诊 PVT,予介入下门静脉球囊扩张,成形后门静脉血流恢复不理想,故术中决定行支架置入。此 3 例患儿均长期生存,复查门静脉血流参数正常。另 1 例于术后 11 个月诊断 PVT,行门静脉球囊扩张及支架置入术后长期随访,复查门静脉血流参数正常。

3 讨 论

由于儿童受者存在门静脉纤细、供受者门静脉内径不匹配等因素,文献报道的儿童劈离式肝移植的门静脉并发症发生率高于全肝移植。劈离式肝移植门静脉并发症的诊断、治疗流程与全肝移植相似,但更强调细致的供肝评估和血管分割以及术中、术后的规范化监测和抗凝。在采用密切监测、早期发现、及时处理等综合策略后,笔者所在中心劈离式供肝儿童肝移植门静脉并发症发生率为 11%,门静脉并发症相关病死率为 2%。

儿童肝移植受者常合并营养不良及生长发育迟缓,门静脉发育也可能受到影响,导致门静脉主干纤细,部分胆道闭锁患儿有葛西手术史,肝门部纤维粘连及长期慢性炎症,也可能影响门静脉发育及血流^[10-11]。因此,儿童劈离式肝移植术中多数存在供受者门静脉内径不匹配的情况。笔者所在中心在术前检查时,就开始针对供受者门静脉条件进行评估,尽量通过供肝

表 1 发生门静脉并发症的受者的临床资料

Table 1 Clinical data of recipients with portal venous complications

例序	性别	年龄	供者 血型	受者 血型	移植物类型	GRWR ^① (%)	并发症 类型	诊断时间	处理方式	结局	随访时间
1	男	4岁2个月	A	B	儿童右三叶	5.6	PVS	术后1 d	抗凝治疗	死亡	16 d
2	女	7个月	B	AB	成人左半肝 (S2、S3减体积)	3.8	PVS	术后2个月	抗凝治疗	无并发症生存	64个月
3	男	13岁5个月	O	O	儿童右三叶	2.2	PVS	术后11个月	门静脉球囊扩张 (2次)+支架置入	无并发症生存	61个月
4	男	6个月	B	O	成人左外叶	3.2	PVS	术后8个月	门静脉球囊扩张 (2次)	无并发症生存	57个月
5	男	9个月	O	AB	成人左外叶	2.5	PVT	术后2 d	二次肝移植	死亡	8 d
6	男	4个月	A	A	成人左外叶减体积	4.3	PVT	术中	门静脉切开取栓+ 髂静脉间置搭桥	无并发症生存	17个月
7	女	5个月	O	A	成人左外叶	3.9	PVT	术后3 d	门静脉切开取栓	无并发症生存	64个月
8	女	1岁1个月	O	O	成人左外叶减体积	3.3	PVT	术后3 d	门静脉球囊扩张+ 支架置入	无并发症生存	51个月
9	男	8个月	O	B	儿童左外叶	2.6	PVT	术后6 d	门静脉球囊扩张+ 支架置入	无并发症生存	65个月
10	男	9个月	B	O	儿童左外叶减体积	3.6	PVT	术后11个月	门静脉球囊扩张+ 支架置入	无并发症生存	14个月

注：①GRWR为移植物与受者质量比。

大小、门静脉内径等资料选择相匹配的供受者。术中吻合门静脉时，充分利用供者的门静脉左右分支叉部位，修剪、整形，扩大吻合口。吻合时应准确定位供受者门静脉3点、9点方向，并裁剪门静脉预留适当长度，避免出现吻合完成后门静脉扭曲、成角、旋转，吻合结束打结时应预留门静脉生长、扩张的空间。有文献报道，利用供者髂静脉间置替换部分门静脉是术后PVS的危险因素^[12]，但也有文献指出使用间置血管代替狭窄的门静脉可预防术后PVS的发生^[13-19]。依据笔者所在中心经验，当受者门静脉存在发育不良、节段狭窄时，间置供者髂静脉进行门静脉重建可有效改善门静脉血流、预防门静脉并发症的发生。

门静脉并发症一旦发生，易导致移植肝衰竭，二次移植和受者死亡的风险较高^[20-24]，因此，早期诊断、及时治疗是降低门静脉并发症危害、减少移植物丢失和受者死亡的前提。围手术期的门静脉血流监测是及时发现并明确诊断门静脉并发症的核心手段，是改善其治疗效果的重要环节^[25-26]。劈离式肝移植术中，门静脉吻合完成后应立即行术中超声和流量仪检

测门静脉血流速度和流量。术中超声检测应重点关注是否存在PVT以及肝内门静脉流速，通常肝内门静脉流速应达到20 cm/s以上。术后常规彩超检查中，目前对于诊断门静脉吻合口狭窄的吻合口内径和流速界值尚有争议，但较公认的诊断标准为，当门静脉吻合口狭窄率>50%，或门静脉吻合口狭窄处流速与狭窄旁流速之比>4倍时，应考虑吻合口狭窄^[27-31]。也有研究认为，当门静脉吻合口流速>80 cm/s或125 cm/s时，可诊断门静脉吻合口狭窄^[29, 32]。术中血流仪监测肝内门静脉血流也是评估门静脉血流的重要手段，每100 g移植物的血流量应达到90~100 mL/min，但不应超过250~260 mL/min^[33-34]。术后的密切监测和标准化抗凝流程也是预防门静脉并发症的重要方式。彩超检查快速、便捷，能够评估门静脉血流通畅与否以及血流速度，是最重要的监测手段。

当发现PVS或PVT迹象时，应当按病情立即给予相应处理。若术中超声检查发现急性PVT或PVS导致肝内门静脉血流灌注差，应立即予门静脉切开取栓或拆除原吻合口重新吻合，必要时予间置供者

髂血管进行搭桥。术后常规彩超检查发现门静脉并发症时, 应立即行增强 CT 检查明确诊断^[27]。术后早期出现的门静脉并发症通常起病急、危害大, 一旦确诊应及时处理。目前介入治疗是处理门静脉并发症的首选治疗方案, 介入术中可明确是否存在 PVT 形成或 PVS, 可根据术中情况予以取栓、溶栓或球囊扩张、支架置入治疗^[35-37]。早期发现、及时有效地处理, 能够明显提高门静脉并发症的治疗效果, 降低门静脉并发症相关病死率。

标准化的抗凝方案在门静脉并发症的治疗中也有重要作用, 笔者所在中心在术中新肝期凝血功能稳定时即停用血浆、冷沉淀等凝血物质, 术中妥善、彻底止血, 手术当日或术后 1 d 即开始按肝素钠桥接华法林的方案开始抗凝治疗, 维持 PT-INR 1.5~2.0 直至术后 3 个月。当出现门静脉并发症时, 华法林抗凝的时间会适当延长, 若治疗期间需行有创操作, 则在有创操作前后 3~5 d 停用华法林, 并予低分子肝素钠桥接治疗^[38]。

综上所述, 劈离式肝移植是缓解供肝短缺、扩大儿童肝移植供肝来源的重要手段, 门静脉并发症是儿童劈离式肝移植术后主要的并发症之一, 也是影响儿童劈离式肝移植预后的重要因素^[39-41]。通过应用上述综合策略, 能够早期诊断、及时处理儿童劈离式肝移植门静脉并发症, 降低移植物丢失和受者死亡风险。

参考文献:

- [1] BUELL JF, FUNAKI B, CRONIN DC, et al. Long-term venous complications after full-size and segmental pediatric liver transplantation[J]. *Ann Surg*, 2002, 236(5): 658-666. DOI: 10.1097/0000658-200211000-00017.
- [2] UEDA M, OIKE F, KASAHARA M, et al. Portal vein complications in pediatric living donor liver transplantation using left-side grafts[J]. *Am J Transplant*, 2008, 8(10): 2097-2105. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2008.02360.x.
- [3] STEVENS JP, XIANG Y, LEONG T, et al. Portal vein complications and outcomes following pediatric liver transplantation: data from the Society of Pediatric Liver Transplantation[J]. *Liver Transpl*, 2022, 28(7): 1196-1206. DOI: 10.1002/lt.26412.
- [4] REN J, DONG C, SUN C, et al. The impact of portal vein reconstruction on portal vein complications after pediatric living-donor liver transplantation with left lobe graft[J]. *Surgery*, 2023, 173(2): 537-543. DOI: 10.1016/j.surg.2022.10.020.
- [5] ANOUTI A, PATEL MS, VANWAGNER LB, et al. Biliary atresia and liver transplantation in the United States: a contemporary analysis[J]. *Liver Int*, 2023, 43(10): 2198-2209. DOI: 10.1111/liv.15689.
- [6] LAUTERIO A, CILLO U, SPADA M, et al. Improving outcomes of in situ split liver transplantation in Italy over the last 25 years[J]. *J Hepatol*, 2023, 79(6): 1459-1468. DOI: 10.1016/j.jhep.2023.07.009.
- [7] ROKOP ZP, MANGUS RS, TOLLIVER K, et al. Comparative analysis of whole vs. split liver transplantation in infants[J]. *Pediatr Transplant*, 2023, 27(6): e14564. DOI: 10.1111/ptr.14564.
- [8] XU M, DONG C, SUN C, et al. Impact of donor age on short-term outcomes after pediatric split liver transplantation[J]. *Front Pediatr*, 2023, 11: 1131629. DOI: 10.3389/fped.2023.1131629.
- [9] SMITH SK, MILOH T. Pediatric liver transplantation[J]. *Clin Liver Dis*, 2022, 26(3): 521-535. DOI: 10.1016/j.cld.2022.03.010.
- [10] 李娜霓, 孙超, 马楠, 等. 175 例小儿肝移植门静脉重建技术的单中心经验总结[J/CD]. *实用器官移植电子杂志*, 2014, 2(5): 279-282. DOI:10.3969/j.issn.2095-5332.2014.05.004.
- [11] LI SN, SUN C, MA N, et al. Portal vein reconstruction in 175 cases of pediatric liver transplantation: a single center experience[J/CD]. *Pract J Organ Transplant(Electr Vers)*, 2014, 2(5): 279-282. DOI:10.3969/j.issn.2095-5332.2014.05.004.
- [12] 徐瑞芳, 何恩辉, 易展雄, 等. 儿童肝移植术后门静脉狭窄危险因素分析[J]. *中国医学装备*, 2021, 18(7): 122-125. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2021.07.027.
- [13] XU RF, HE EH, YI ZX, et al. Analysis on the risk factors of PVS after pediatric liver transplantation[J]. *China Med Equip*, 2021, 18(7): 122-125. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2021.07.027.
- [14] SAKAMOTO S, UCHIDA H, KITAJIMA T, et al. The outcomes of portal vein reconstruction with vein graft interposition in pediatric liver transplantation for small children with biliary atresia[J]. *Transplantation*, 2020, 104(1): 90-96. DOI: 10.1097/TP.0000000000002793.
- [15] NAMGOONG JM, HWANG S, PARK GC, et al. Modified patch-conduit venoplasty for portal vein hypoplasia in pediatric liver transplantation[J]. *Korean J*

- Transplant, 2023, DOI: 10.4285/kjt.23.0037[Epub ahead of print].
- [15] BOILLOT O, GUILLAUD O, WISCHLEN E, et al. Determinants of early surgical complications after pediatric liver transplantation: a single center/single surgeon experience over 20 years[J]. *Clin Res Hepatol Gastroenterol*, 2023, 47(9): 102222. DOI: 10.1016/j.clinre.2023.102222.
- [16] RODRIGUEZ-DAVALOS MI, LOPEZ-VERDUGO F, KASAHARA M, et al. International liver transplantation society global census: first look at pediatric liver transplantation activity around the world[J]. *Transplantation*, 2023, 107(10): 2087-2097. DOI: 10.1097/TP.0000000000004644.
- [17] YU Z, KESKINOCAK P, MAGLIOCCA JF, et al. Split or whole liver transplantation? utilization and posttransplant survival[J]. *Hepato Commun*, 2023, 7(9): e0225. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000225.
- [18] DALZELL C, VARGAS PA, SOLTYS K, et al. Living donor liver transplantation vs. split liver transplantation using left lateral segment grafts in pediatric recipients: an analysis of the UNOS database[J]. *Transpl Int*, 2022, 36: 10437. DOI: 10.3389/ti.2022.10437.
- [19] BOWRING MG, MASSIE AB, SCHWARZ KB, et al. Survival benefit of split-liver transplantation for pediatric and adult candidates[J]. *Liver Transpl*, 2022, 28(6): 969-982. DOI: 10.1002/lt.26393.
- [20] SOLTYS K, LEMOINE C, ZHANG X, et al. Factors associated with thrombotic and hemorrhagic complications in pediatric liver transplant: a multi-center analysis from the Starzl Network for Excellence in Pediatric Transplantation[J]. *Pediatr Transplant*, 2023, 27(4): e14521. DOI: 10.1111/ptr.14521.
- [21] SOLTYS KA, MAZARIEGOS GV, SQUIRES RH, et al. Late graft loss or death in pediatric liver transplantation: an analysis of the SPLIT database[J]. *Am J Transplant*, 2007, 7(9): 2165-2171. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2007.01893.x.
- [22] XIE E, SUN C, DONG C, et al. Impact of allograft types on outcomes after pediatric liver transplantation due to biliary atresia[J]. *Pediatr Transplant*, 2022, 26(7): e14342. DOI: 10.1111/ptr.14342.
- [23] WANG Z, GAO W, DONG C, et al. Outcome of split-liver transplantation from pediatric donors weighing 25 kg or less[J]. *Liver Transpl*, 2023, 29(1): 58-66. DOI: 10.1002/lt.26530.
- [24] YOON KC, SONG S, LEE S, et al. Outcomes of split liver transplantation vs living donor liver transplantation in pediatric patients: a 5-year follow-up study in Korea[J]. *Ann Transplant*, 2022, 27: e935682. DOI: 10.12659/AOT.935682.
- [25] 何志忠, 周路遥. 儿童肝移植术后门静脉狭窄的超声评估价值[J]. *器官移植*, 2020, 11(6): 704-710. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2020.06.009.
- HE ZZ, ZHOU LY. Ultrasound evaluation value of portal vein stenosis after pediatric liver transplantation[J]. *Organ Transplant*, 2020, 11(6): 704-710. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2020.06.009.
- [26] CHANG NW, WANG HK, LIU CS, et al. First-pass arrival interval of ultrasound contrast medium in the hepatic artery and portal vein as a marker for assessment of liver transplant recipients[J]. *Transplant Proc*, 2021, 53(7): 2329-2334. DOI: 10.1016/j.transproceed.2021.07.050.
- [27] 尹超, 朱志军, 魏林, 等. 儿童肝移植术后门静脉狭窄的诊断与治疗[J/CD]. *中华移植杂志(电子版)*, 2019, 13(3): 219-223. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.03.012.
- YIN C, ZHU ZJ, WEI L, et al. Diagnosis and treatment of portal vein stenosis after pediatric liver transplantation[J/CD]. *Chin J Transplant (Electr Edit)*, 2019, 13(3): 219-223. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-3903.2019.03.012.
- [28] 江波, 何恩辉, 钱林学, 等. 超声评估儿童肝移植后门静脉狭窄的诊断价值[J]. *临床和实验医学杂志*, 2016, 15(24): 2429-2432. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2016.24.015.
- JIANG B, HE EH, QIAN LX, et al. Doppler sonography evaluation of postoperative portal vein stenosis in pediatric living donor liver transplantation[J]. *J Clin Exp Med*, 2016, 15(24): 2429-2432. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2016.24.015.
- [29] SLOWIK V, RYAN JL, SHAH AA, et al. Monitoring practices after pediatric liver transplantation[J]. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 2023, 77(4): 448-454. DOI: 10.1097/MPG.0000000000003909.
- [30] 王晓静, 王岩青, 郭朝锋, 等. 肝移植术后门静脉并发症的超声检测价值[J]. *临床超声医学杂志*, 2017, 19(5): 341-343. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6978.2017.05.022.
- WANG XJ, WANG YQ, GUO CF, et al. Clinical value of color Doppler ultrasound in detection of portal vein complications after liver transplantation[J]. *J Clin Ultrasound Med*, 2017, 19(5): 341-343. DOI: 10.3969/j.issn.1008-6978.2017.05.022.
- [31] TAMSEL S, DEMIRPOLAT G, KILLI R, et al. Vascular complications after liver transplantation: evaluation with

- Doppler US[J]. *Abdom Imaging*, 2007, 32(3): 339-347. DOI: 10.1007/s00261-006-9041-z.
- [32] CHONG WK, BELAND JC, WEEKS SM. Sonographic evaluation of venous obstruction in liver transplants[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188(6): W515-W521. DOI: 10.2214/AJR.06.1262.
- [33] SAINZ-BARRIGA M, REYNTJENS K, COSTA MG, et al. Prospective evaluation of intraoperative hemodynamics in liver transplantation with whole, partial and DCD grafts[J]. *Am J Transplant*, 2010, 10(8): 1850-1860. DOI: 10.1111/j.1600-6143.2010.03207.x.
- [34] 武红涛, 唐纓, 胡翔宇. 活体肝移植术中门静脉血流量与术后肝功能恢复的相关性研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2011, 20(1): 26-29. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2011.01.008.
- WU HT, TANG Y, HU XY, et al. Correlation of portal vein flow in living donor right lobe liver transplantation and graft function post-operation studies by intraoperative Doppler ultrasonography[J]. *Chin J Ultrason*, 2011, 20(1): 26-29. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2011.01.008.
- [35] 陈文忠, 张升宁, 钟粤明, 等. 肝移植术后门静脉系统并发症的血管内介入治疗[J]. *影像研究与医学应用*, 2020, 4(13): 34-37. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3807.2020.13.017.
- CHEN WZ, ZHANG SN, ZHONG YM, et al. Percutaneous intravascular interventional treatment of portal venous complications after liver transplantation[J]. *J Imag Res Med Appl*, 2020, 4(13): 34-37. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3807.2020.13.017.
- [36] 陈光, 高海军. 儿童肝移植术后血管并发症的介入治疗[J/CD]. *实用器官移植电子杂志*, 2016, 4(4): 246-247. DOI:10.3969/j.issn.2095-5332.2016.04.012.
- CHEN G, GAO HJ. Interventional treatment of vascular complications after liver transplantation in children [J/CD]. *Pract J Organ Transplant(Electr Vers)*, 2016, 4(4): 246-247. DOI:10.3969/j.issn.2095-5332.2016.04.012.
- [37] BUKOVA M, FUNKEN D, PFISTER ED, et al. Long-term outcome of primary percutaneous stent angioplasty for pediatric posttransplantation portal vein stenosis[J]. *Liver Transpl*, 2022, 28(9): 1463-1474. DOI: 10.1002/lt.26488.
- [38] VOULGARELIS S, VITOLA B, LERRET SM, et al. Perioperative anticoagulation practices for pediatric liver transplantation[J]. *Pediatr Transplant*, 2018, 22(4): e13193. DOI: 10.1111/petr.13193.
- [39] LEE S, YI NJ, HAN ES, et al. Long-term survival outcomes beyond the first year after liver transplantation in pediatric acute liver failure compared with biliary atresia: a large-volume living donor liver transplantation single-center study[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(24): 7480. DOI: 10.3390/jcm11247480.
- [40] VERHAGEN MV, DE KLEINE RHJ, VAN DER DOEF HPJ, et al. Doppler ultrasound of vascular complications after pediatric liver transplantation: incidence, time of detection, and positive predictive value[J]. *Ultrasound Int Open*, 2022, 8(2): E36-E42. DOI: 10.1055/a-1961-9100.
- [41] SANADA Y, SAKUMA Y, ONISHI Y, et al. Long-term outcomes in pediatric patients who underwent living donor liver transplantation for biliary atresia[J]. *Surgery*, 2022, 171(6): 1671-1676. DOI:10.1016/j.surg.2021.11.027.

(收稿日期: 2023-11-10)

(本文编辑: 林佳美 吴秋玲)