

· 论著 ·

肝中静脉劈分-重建技术在低龄儿童来源供肝劈离式肝移植的应用

唐晖 傅斌生 杨卿 姚嘉 曾凯宁 冯啸 易述红 杨扬

【摘要】 **目的** 探讨肝中静脉劈分-重建技术在低龄儿童来源供肝劈离式肝移植中的可行性及临床经验。**方法** 回顾性分析2017年1月至2023年7月间中山大学附属第三医院肝移植中心实施的2例低龄儿童来源供肝行肝中静脉劈分-重建后为4例儿童受者行劈离式肝移植的病例资料, 总结分析手术情况和术后情况。**结果** 供者1为6岁4个月女童, 体质量为21 kg, 获取供肝质量为496 g, 劈离后左、右半肝质量为201 g和280 g, 分别移植给9月龄6.5 kg男童和9月龄7.5 kg男童, 移植物与受者质量比(GRWR)分别为3.09%和3.73%。供者2为5岁8个月男童, 体质量为19 kg, 供肝质量为673 g, 劈离后左、右半肝质量为230 g和400 g, 分别移植给13月龄9.5 kg女童、15月龄12 kg男童, GRWR分别为2.42%和3.33%。两例供肝均采用离体劈离方式, 肝中静脉正中完全劈分, 并利用异体髂静脉和髂动脉血管补片重建, 根据GRWR 4例移植肝均无减体积。4例受者中1例因术后门静脉血栓形成、移植肝无功能死亡, 3例术后恢复顺利未出现早期和晚期并发症, 规律随访至2023年7月31日, 肝功能恢复良好。**结论** 在对供肝进行细致评估及术中精细操作、匹配合适儿童受者的前提下, 可选择合适的低龄儿童供肝进行劈离。采用肝中静脉正中完全劈分-重建的方式, 可有效保证左右半肝的静脉充分回流, 保证了足够功能性肝体积。

【关键词】 肝中静脉劈分-重建; 低龄儿童来源供肝; 劈离式肝移植; 移植物与受者质量比; 体质量指数; 肝功能; 国际标准化比值; 冷缺血时间

【中图分类号】 R617, R657.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445(2025)03-0014-07

Application of middle hepatic vein splitting and reconstruction technique in split liver transplantation from low-age donor livers Tang Hui*, Fu Binsheng, Yang Qing, Yao Jia, Zeng Kaining, Feng Xiao, Yi Shuhong, Yang Yang. *Department of Hepatobiliary Surgery, Liver Transplantation Center, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China

Corresponding author: Yang Yang, Email: yysysu@163.com

【Abstract】 **Objective** To explore the feasibility and clinical experience of the middle hepatic vein splitting-reconstruction technique in split liver transplantation from low-age donor livers. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the cases of two low-age donor livers that underwent middle hepatic vein splitting-reconstruction, which were transplanted into four child recipients at the Liver Transplantation Center of the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University from January 2017 to July 2023. The surgical and postoperative conditions were summarized and analyzed.

DOI: 10.12464/j.issn.1674-7445.2025053

基金项目: 国家自然科学基金(U24A20655、82100692); 广州市科技计划项目(2024A03J0273、2022010111097)

作者单位: 510630 广州, 中山大学附属第三医院肝脏外科暨肝移植中心(唐晖、傅斌生、杨卿、姚嘉、曾凯宁、冯啸、易述红、杨扬); 广东省移植医学工程实验室(杨扬)

作者简介: 唐晖(ORCID 0000-0003-2991-7966), 博士, 副主任医师, 研究方向为肝移植的临床与基础, Email: tangh9@mail.sysu.edu.cn

通信作者: 杨扬(ORCID 0009-0002-6399-3815), 博士, 二级教授, 主任医师, 研究方向为肝移植的临床与基础, Email: yysysu@163.com

Results Donor 1 was a 6-year-old and 4-month-old girl with a body weight of 21 kg, and the obtained donor liver weighed 496 g. After splitting, the left and right liver weights were 201 g and 280 g, and transplanted into a 9-month-old boy weighing 6.5 kg and a 9-month-old boy weighing 7.5 kg, respectively. The graft to recipient weight ratio (GRWR) was 3.09% and 3.73%, respectively. Donor 2 was a 5-year-old and 8-month-old boy with a body weight of 19 kg, and the donor liver weighed 673 g. After splitting, the left and right liver weights were 230 g and 400 g, and transplanted into a 13-month-old girl weighing 9.5 kg and a 15-month-old boy weighing 12 kg. The GRWR was 2.42% and 3.33%, respectively. Both donor livers were split *ex vivo*, with the middle hepatic vein being completely split in the middle and reconstructed using allogeneic iliac vein and iliac artery vascular patches. According to GRWR, none of the 4 transplant livers were reduced in volume. Among the 4 recipients, one died due to postoperative portal vein thrombosis and non-function of the transplant liver, while the other three cases recovered smoothly without early or late complications. Regular follow-up was conducted until July 31, 2023, and liver function recovered well. **Conclusions** Under the premise of detailed assessment of the donor liver and meticulous intraoperative operation, as well as matching with suitable child recipients, low-age donor livers may be selected for splitting. The complete splitting and reconstruction of the middle hepatic vein in the middle may effectively ensure the adequate venous return of the left and right liver and provide sufficient functional liver volume.

【 Key words 】 Middle hepatic vein splitting and reconstruction; Low-age donor liver; Split liver transplantation; Graft to recipient weight ratio; Body mass index; Liver function; International normalized ratio; Cold ischemia time

劈离式肝移植 (split liver transplantation, SLT) 已成为扩充长期匮乏的供肝来源的有效方法之一, 其可增加约 15% 的供肝数量^[1-2]。既往可劈离供肝大部分是采用成人供肝, 利用儿童来源尤其是低龄低体质量的供肝进行劈离, 由于技术难度大、并发症多, 并不被常规推荐使用^[3-5]。在左-右半肝的劈离式肝移植中, 为保证双侧肝脏的肝中静脉回流, 常采用肝中静脉正中劈分后再利用异体血管重建的方式^[6-7], 然而, 在低龄儿童供肝的劈离中, 采用此种术式的报道很少。中山大学附属第三医院肝移植中心在 2017 年 1 月至 2023 年 7 月间完成了 2 例国际上最低龄儿童供肝的肝中静脉正中劈分的完全左右半肝劈离, 利用供者髂血管重建两侧的肝中静脉, 初步尝试了在低

龄儿童供肝中进行此术式, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2 例低龄儿童供者分别为 6 岁 4 个月、21 kg 女童和 5 岁 8 个月、19 kg 男童, 均来源于中国一类 (C-I) 脑死亡捐献 (donation after brain death, DBD), 符合医学伦理学规定, 获得医院伦理委员会审核批准 (批号: 中大附三医伦 II2024-307-01) 且豁免患者知情同意。经谨慎评估, 门静脉、肝动脉、胆道分型均无变异, 符合供肝可劈离标准。2 例供肝劈离产生了 4 个移植物, 经合理匹配后分别移植给 4 例终末期肝病儿童受者, 供、受者一般资料见表 1 和表 2。

表 1 供者一般资料

Table 1 General information of donors

供者序号	性别	年龄	体质量 (kg)	BMI ^① (kg/m ²)	血型	死因	ICU ^② 停留时间 (d)	血流动力学情况	ALT ^③ (U/L)	AST ^④ (U/L)	TB ^⑤ (μmol/L)	INR ^⑥	血钠 (mmol/L)	受者序号
1	女	6岁 4个月	21	12.4	B型, Rh阳性	脑外伤	5	无使用升压药, 无心脏骤停	49.0	81.0	19.3	1.18	172.0	1和2
2	男	5岁 8个月	19	11.2	B型, Rh阳性	低氧性 脑损伤	7	低剂量升压药, 无心脏骤停	36.0	65.0	13.5	1.36	155.0	3和4

注: ①BMI为体质量指数; ②ICU为重症监护室; ③ALT为丙氨酸转氨酶; ④AST为天冬氨酸转氨酶; ⑤TB为总胆红素; ⑥INR为国际标准化比值。

表2 受者一般资料

Table 2 General information of recipients

受者序号	性别	年龄	体质量 (kg)	血型	原发病	TB ^① (μmol/L)	INR ^②	Child-Pugh分级 ^③	PELD ^④ 评分(分)
1	男	9个月	6.5	B型, Rh阳性	胆道闭锁	474.6	1.55	B	20
2	男	9个月	7.5	O型, Rh阳性	胆道闭锁(葛西术后)	57.9	2.40	B	28
3	女	1岁1个月	9.5	B型, Rh阳性	胆道闭锁	10.1	1.06	B	7
4	男	1岁3个月	12.0	O型, Rh阳性	胆道闭锁(葛西术后)	309.2	1.97	B	30

注: ①TB为总胆红素; ②INR为国际标准化比值; ③Child-Pugh分级, A级(5~6分), B级(7~9分), C级(10~15分); ④PELD为儿童终末期肝病。

1.2 供肝可劈离性评估及供受者匹配选择

根据国内外已发表指南^[8-10], 首先对供者进行评估: (1) 供者年龄为4~60岁; (2) 体质量指数(body mass index, BMI) $\leq 26 \text{ kg/m}^2$; (3) 无明确感染; (4) 重症监护室(intensive care unit, ICU) 停留时间 $\leq 5 \text{ d}$; (5) 供者血流动力学稳定; (6) 无心肺复苏和心脏骤停史; (7) 尽量不使用大量血管活性药物; (8) 血钠 $\leq 160 \text{ mmol/L}$ 。如有1项不符合, 我们认为仍可适合劈离。如有2项不符合, 需结合供、受者的具体情况谨慎评估。

如符合上述标准, 可进行下一步供肝评估。功能学评估中的获取前评估: (1) 肝功能无明显异常, 转氨酶[丙氨酸转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)] ≤ 3 倍正常值, 总胆红素(total bilirubin, TB) ≤ 2 倍正常值; (2) 无纤维化; (3) 无或轻度脂肪肝(小泡性脂肪变性程度 $\leq 10\%$)。随后在供肝获取中进一步评估: (1) 预估冷缺血时间 $\leq 8 \text{ h}$; (2) 肝脏质地光滑柔软, 灌注充分均匀。同时进行供肝的解剖学评估, 借助影像学工具充分评估肝动脉、门静脉、肝静脉及胆道均无不适合劈离的特殊变异。最后, 供受者的匹配和选择: (1) 儿童受者的移植体与受者质量比(graft to recipient weight ratio, GRWR)控制在2.0%~4.0%; (2) 受者腹腔空间充足, 脉管吻合位置合适; (3) 根据具体情况, 决定是否需要减体积。

1.3 手术方式

供肝肝中静脉劈分-重建的完全左右半肝劈离: 2例低龄供肝均采用离体劈离方式, 采用完全左半肝+完全右半肝劈离, 将门静脉左支、肝左动脉、左肝管及肝左静脉保留于左半肝, 右半肝保留门静脉右

支和主干、肝右动脉和主干、右肝管和胆总管, 并将下腔静脉和尾状叶保留于右半肝。将肝中静脉正中劈分后利用异体髂血管重建, 均回流通畅, 肝脏无淤血现象。同时根据GRWR决定是否适当减体积。供肝胆道离断前和离断后均行常规胆道造影, 明确胆道分型和离断位置。

受者手术方法: 左半肝移植体流出道重建均采用改良背驮式吻合, 将受者肝后下腔静脉开口修整成倒三角形, 与供肝肝左、中静脉共同开口(修整为对应的三角形或补片扩大开口)吻合。右半肝移植体受者采用改良背驮式或经典式吻合。肝动脉和门静脉均常规端端吻合, 受者侧门静脉主要使用门静脉左右支分叉处整形成共同开口用于吻合, 若门静脉主干存在明显狭窄段, 则切除狭窄段, 采用异体髂静脉或脾静脉间置替换。左半肝胆管吻合均采用胆-肠 Roux-en-Y吻合, 右半肝胆管端端吻合。术中超声在供肝恢复血流后、关腹前、关腹后对门静脉、肝动脉、肝静脉血流进行监测, 同时采用血管流量计监测血流, 对门静脉、肝动脉血流量在血管吻合完成后及关腹前进行监测, 在术中对血流异常的情况及时进行外科及凝血调控干预。

1.4 术后免疫抑制方案与随访

免疫抑制方案包括使用他克莫司和糖皮质激素。他克莫司在术后4d开始使用, 其目标血药谷浓度在第1个月为7~10ng/mL, 第2~6个月为5~8ng/mL, 之后维持在5ng/mL。糖皮质激素在移植时给予10mg/kg的剂量, 随后逐渐减量, 并在移植术后6个月内完全停用, 前提是肝功能稳定。

术后1周每日进行血液检查和腹部超声, 以监测移植肝的功能和血流情况。出院后, 受者在术后1个月每周进行1次常规检查, 术后2~3个月每2周进

行 1 次检查。随访截止时间为 2023 年 7 月 31 日。

2 结果

2.1 手术情况

供者 1 获取供肝体质量为 496 g, 劈离后左、右半肝体质量为 201 g 和 280 g, 分别移植给 9 月龄 6.5 kg 男童和 9 月龄 7.5 kg 男童, GRWR 分别为 3.09% 和 3.73%。供者 2 获取供肝体质量 673 g, 劈离后左、右半肝体质量为 230 g 和 400 g, 分别移植给 13 月龄 9.5 kg 女童和 15 月龄 12 kg 男童, GRWR 分别为 2.42% 和 3.33%, 4 例移植均未减体积 (表 3)。两例供肝均采用离体劈离方式, 肝中静脉正中完全劈分, 并利用异体髂静脉和髂动脉血管补片重建。4 例受者手术均顺利完成, 术中及关腹后超声显示肝脏血流均无异常。

2.2 术后情况

术后早期 1 周 4 例受者的 ALT 和 TB 水平均从术后 2 d 开始下降, 并呈现出每日下降的趋势 (图 1)。4 例儿童受者中 1 例因术后早期门静脉血栓形成、移植肝无功能死亡, 3 例术后恢复顺利, 未出现早期和晚期并发症, 规律随访至 2023 年 7 月 31 日, 肝功能恢复良好。

3 讨论

随着近年来技术进步, SLT 的临床疗效不断提高, 已成为缓解供肝短缺的重要措施之一。既往可劈离供肝大部分采用成人供肝, 利用儿童来源尤其是低龄低体质量的供肝进行劈离, 由于技术难度大和并发症较多, 并不被常规推荐使用^[11-12]。自 Cescon 等^[13-14]在 2006 年证明了在 SLT 中使用 <10 岁或体质量 <40 kg 的供者与使用成人供肝的其他儿童受者相比具有相似的结果, 这使得儿童来源供肝在临床上越来越多地被使用。目前, 关于 SLT 标准的讨论大多集中在供者的年龄上限, 对于儿童供者年龄下限尚无统一共识^[15]。国内 2022 年发布的《劈离式肝移植供体及供肝评估专家共识》关于供者年龄下限提出的建议: 年龄过小的儿童肝脏因其体积过小, 管道发育不良, 管腔细小, 可增加手术风险, 不宜作为劈离式移植供肝, 并建议供者年龄为 4 岁以上^[9]。

理想情况下, 符合全部可劈离标准的供肝均可被用于劈离^[16-17]。有研究表明, 实际临床中如果供者状况良好, 即使有 1 项标准不符也可能被考虑, 这样的话可使供肝的使用率增加 43%^[9,15]。但是本文报道的这 2 例供者中, 均有 2 项不符合标准: 供者 1 的血钠 >160 mmol/L, 供者 2 的 ICU 停留时间 >5 d, 2 例

表 3 受者手术情况与术后情况

Table 3 Surgical and postoperative conditions of recipients

受者序号	供肝体质量 (g)	GRWR (%)	移植体	冷缺血时间 (min)	手术时间 (min)	无肝期 (min)	失血量 (mL)	ICU停留时间 (d)	住院时间 (d)	并发症	结局
1	201	3.09	左半肝	529	639	46	200	11	11	门静脉血栓	死亡
2	280	3.73	右半肝	530	426	50	300	4	23	无	存活
3	230	2.42	左半肝	490	440	67	350	5	21	无	存活
4	400	3.33	右半肝	604	605	64	100	6	24	无	存活

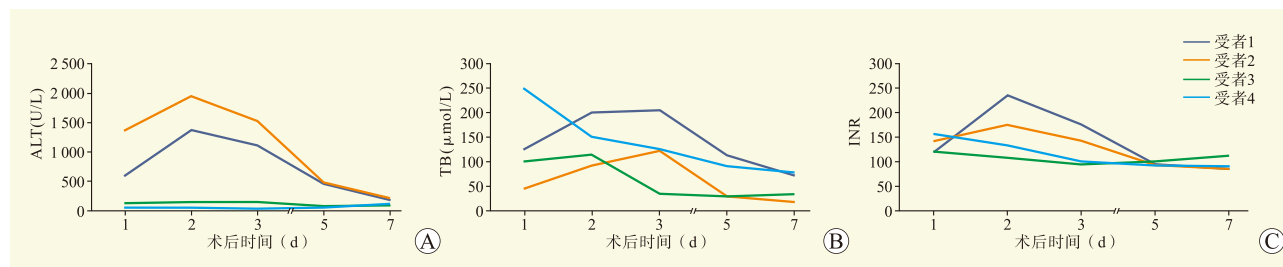


图 1 受者术后肝功能情况

Figure 1 The liver function of recipients after surgery

供肝的冷缺血时间均超过了8 h。我们认为,儿童供肝相较于成人供肝,由于较少出现脂肪变性,如果供者其他情况良好,可适当放宽可劈离标准,谨慎评估后亦可用于劈离。Gao等^[15]在2019年报道了国际上最小劈离儿童供者为2.7岁、15 kg,其采用的是经典劈分方式,将供肝分割为左肝外侧叶(Ⅱ段、Ⅲ段)和右3叶(Ⅰ段、Ⅳ~Ⅷ段)两部分。我中心在2019年4月和2020年12月分别进行了2例6岁4个月、21 kg和5岁8个月、19 kg的低龄低体质量儿童供肝劈离,采用的劈分方式是肝中静脉完全劈分-重建的左右半肝劈离,将供肝分割为完全的左侧(Ⅱ~Ⅳ段)和右侧(Ⅴ~Ⅷ段)两个半肝,为目前采用这一技术的最低年龄供者。

在左右半肝的劈离中,对于肝中静脉的分配和重建存在不同的观点和建议,目前存在的主要问题是无论肝中静脉保留于哪一侧半肝,尽管对侧肝脏的静脉属支可以通过重建进行改善,但仍不能充分解决部分肝脏淤血、功能性肝体积损失的情况^[18-19]。Fan等^[20]在活体肝移植的右半肝供肝切取中的研究认为,在不带肝中静脉的右半肝获取中,即使对肝中静脉的主要属支进行重建,仍不能保证移植右前区有充足的静脉回流,因为肝中静脉属支较多,对于细小属支不可能全部进行重建。Broering等^[21-22]在2005年最先报道将肝中静脉和肝后下腔静脉纵向劈分,然后分别使用供者的髂血管进行重建,从而形成完全的左右半肝移植。因此,肝中静脉劈分-重建技术也越来越多被施行,以解决左右半肝肝中静脉回流问题。

在成人供肝的左右半肝劈离中,进行回流静脉的搭桥重建难度较低、并发症少^[23-24],Chan等^[25]认为,使用不含肝中静脉主干的右半肝移植可以取得令人满意的结果,接受静脉重建的受者与未接受静脉重建的受者预后相似。但在低龄低体质量的儿童供肝中,由于肝内管道发育不良、口径纤细,进行静脉血管搭桥重建回流必然会增加手术难度,甚至可能进一步减少本就有限的有效肝体积、增加并发症发生率^[26-28]。为了解决此问题,笔者团队在细致的供者术前血管评估、供受者GRWR匹配等评估后,在精细的手术规划和操作下,对2例低龄低体质量儿童供肝成功施行了肝中静脉完全劈分-重建的左右半肝劈离,劈离后分别分配给4例1岁左右儿童受者。我们认为在这种低龄儿童供肝劈离采用肝中静脉劈分的方

式,经过充分评估和手术规划后是完全可行的,其可以避免回流静脉的重建、增加功能性肝体积、减少术后静脉并发症和小肝综合征的发生率^[29-30],但仍需更多临床实践。目前低龄儿童供肝的肝中静脉劈分-重建劈离在国际上尚无报道,经验有限,而我们报道的4例受者均无动脉和肝静脉并发症发生,其中1例因术后门静脉血栓形成、移植肝无功能死亡,其使用的是带门静脉左支的左半肝移植,供肝质量只有201 g,是4例供肝中质量最低的,但其术前儿童终末期肝病(pediatric end-stage liver disease, PELD)评分、冷缺血时间、无肝期、术中出血量均优于其他受者。低龄儿童供肝的质量过低、门静脉管径发育偏细,同时由于左半肝移植在腹腔内的位置摆放、肝中静脉劈分重建的冷缺血时间增加、劈离过程中对血管的损伤、术后抗凝治疗不足等,均可能导致术后早期的门静脉血栓形成^[31-35],但也仍需更多的病例实践总结。

另外,在低龄的儿童供肝劈离中,由于血管纤细,使用异体的髂血管进行肝中静脉重建后,如何保证血管的长期通畅也是需要考虑的问题之一^[36-38]。我们的经验一是在血管重建时,进行修补的血管补片尽可能偏大偏宽,使得在血流恢复灌注时,肝中静脉能够充分充盈,避免局部狭窄、湍流等问题导致血栓形成;二是在儿童肝移植术后,为预防动脉血栓形成,常规进行抗凝治疗,此亦可预防肝静脉血栓形成;三是术后早期每日复查超声,定期复查CT,评估重建的肝静脉回流情况,如有狭窄、血栓形成等情况应及时干预。

总结我们的经验,低龄儿童来源的供肝因其肝内解剖发育等原因,进行劈离的难度大、并发症高。在对供肝进行细致评估及术中精细操作、匹配合适儿童受者的前提下,可选择合适的低龄儿童供肝进行肝中静脉正中完全劈分-重建,可有效保证左右半肝的静脉充分回流,但仍需更多的临床实践总结。

参考文献:

- [1] TOSO C, RIS F, MENTHA G, et al. Potential impact of in situ liver splitting on the number of available grafts[J]. *Transplantation*, 2002, 74(2): 222-226. DOI: 10.1097/00007890-200207270-00013.
- [2] FENG X, YI S, YANG Y. Split liver transplantation in China: past, present, and future[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2024, 137(23): 2773-2775. DOI: 10.1097/cm9.00000000

- 00003361.
- [3] MOGUL D B, LUO X, BOWRING M G, et al. Fifteen-year trends in pediatric liver transplants: split, whole deceased, and living donor grafts[J]. *J Pediatr*, 2018, 196: 148-153. DOI:10.1016/j.jpeds.2017.11.015.
- [4] 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.
- [5] YU Z, KESKINOCAK P, MAGLIOCCA J F, et al. Split or whole liver transplantation? utilization and posttransplant survival[J]. *Hepatol Commun*, 2023, 7(9): e0225. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000225.
- [6] 孙延东, 徐庆国, 李天翔, 等. 肝中静脉完全劈分-重建技术在双成人劈离式肝移植中的应用[J]. *中华外科杂志*, 2021, 59(6): 535-538. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20200913-00700.
- SUN Y D, XU Q G, LI T X, et al. Application of complete split-reconstruction technique of middle hepatic vein in split liver transplantation for two adults[J]. *Chin J Surg*, 2021, 59(6): 535-538. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20200913-00700.
- [7] SGUINZI R, FERLA F, DE CARLIS R, et al. Split liver technique with middle hepatic vein reconstruction on livers from transplant hepatectomies: a useful tool for surgical improvement[J]. *Updates Surg*, 2018, 70(4): 491-494. DOI: 10.1007/s13304-018-0512-x.
- [8] European Association for the Study of the Liver. EASL Clinical Practice Guidelines on liver transplantation[J]. *J Hepatol*, 2024, 81(6): 1040-1086. DOI: 10.1016/j.jhep.2024.07.032.
- [9] 易述红, 傅斌生. 劈离式肝移植供体及供肝评估专家共识[J/OL]. *中华肝脏外科手术学电子杂志*, 2022, 11(2): 133-138. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2022.02.005.
- YI S H, FU B S. Expert consensus on assessment of donor and liver graft for split liver transplantation [J/OL]. *Chin J Hepatic Surg (Electr Edit)*, 2022, 11(2): 133-138. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-3232.2022.02.005.
- [10] XIANG Z, LI J, ZENG H, et al. Current understanding of marginal grafts in liver transplantation[J]. *Aging Dis*, 2024, 16(2): 1036-1058. DOI:10.14336/AD.2024.0214.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] CESCONE M, SPADA M, COLLEDAN M, et al. Feasibility and limits of split liver transplantation from pediatric donors: an Italian multicenter experience[J]. *Ann Surg*, 2006, 244(5): 805-814. DOI: 10.1097/01.sla.0000218076.85213.60.
- [14] CESCONE M, SPADA M, COLLEDAN M, et al. Split-liver transplantation with pediatric donors: a multicenter experience[J]. *Transplantation*, 2005, 79(9): 1148-1153. DOI: 10.1097/01.tp.0000161719.44492.8b.
- [15] GAO W, SONG Z, MA N, et al. Application of pediatric donors in split liver transplantation: is there an age limit?[J]. *Am J Transplant*, 2020, 20(3): 817-824. DOI: 10.1111/ajt.15641.
- [16] 易述红, 杨扬, 易慧敏, 等. 劈离式肝移植在儿童肝移植中的临床应用[J]. *中华器官移植杂志*, 2019, 40(1): 22-25. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2019.01.006.
- YI S H, YANG Y, YI H M, et al. Clinical research of deceased-donor split liver transplantation in pediatric recipients[J]. *Chin J Organ Transplant*, 2019, 40(1): 22-25. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1785.2019.01.006.
- [17] 杨卿, 易述红, 傅斌生, 等. 劈离式肝移植 203 例临床应用[J]. *中华外科杂志*, 2024, 62(4): 324-330. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20231225-00297.
- YANG Q, YI S H, FU B S, et al. Clinical application of split liver transplantation in 203 cases[J]. *Chin J Surg*, 2024, 62(4): 324-330. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20231225-00297.
- [18] YAGI S, SINGHAL A, JUNG D H, et al. Living-donor liver transplantation: right versus left[J]. *Int J Surg*, 2020, 82S: 128-133. DOI: 10.1016/j.ijsu.2020.06.022.
- [19] LIU H, LI R, FU J, et al. Technical skills required in split liver transplantation[J]. *Ann Transplant*, 2016, 21: 408-415. DOI: 10.12659/aot.896351.
- [20] FAN S T, LO C M, LIU C L, et al. Safety and necessity of including the middle hepatic vein in the right lobe graft in adult-to-adult live donor liver transplantation[J]. *Ann Surg*, 2003, 238(1): 137-148. DOI: 10.1097/01.sla.0000077921.38307.16.
- [21] BROERING D C, BOK P, MUELLER L, et al. Splitting of the middle hepatic vein in full-right full-left splitting of the liver[J]. *Liver Transpl*, 2005, 11(3): 350-352. DOI: 10.1002/lt.20312.
- [22] BROERING D C, WILMS C, LENK C, et al. Technical refinements and results in full-right full-left splitting of the deceased donor liver[J]. *Ann Surg*, 2005, 242(6): 802-813. DOI: 10.1097/01.sla.0000189120.62975.0d.
- [23] FERLA F, LAUTERIO A, DI SANDRO S, et al. Split-liver full-left full-right: proposal for an operative protocol[J]. *Transplant Proc*, 2014, 46(7): 2279-2282. DOI: 10.1016/j.transproceed.2014.07.066.
- [24] CILLO U, LAUTERIO A, FURLANETTO A, et al. Full-left/full-right liver splitting with middle hepatic vein and

- caval partition during dual hypothermic oxygenated machine perfusion[J]. *Transplantation*, 2024, 108(6): 1417-1421. DOI: 10.1097/TP.0000000000005039.
- [25] CHAN K M, CHENG C H, WU T H, et al. Clinical strategy for the reconstruction of middle hepatic vein tributaries in right liver living donor liver transplantation[J]. *World J Surg*, 2014, 38(11): 2927-2933. DOI: 10.1007/s00268-014-2667-z.
- [26] DING L, YU X, ZHANG R, et al. Full-right full-left split liver transplantation for two adult recipients: a single-center experience in China[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(11): 3782. DOI: 10.3390/jcm12113782.
- [27] ZHAO D, XIE Q H, FANG T S, et al. How to apply ex-vivo split liver transplantation safely and feasibly: a three-step approach[J]. *World J Gastrointest Surg*, 2024, 16(6): 1691-1699. DOI: 10.4240/wjgs.v16.i6.1691.
- [28] BOULANGER N, MULLER X, DONDERO F, et al. Right ex-situ split grafts for adult liver transplantation - a multicenter benchmarking analysis[J]. *Ann Surg*, 2024, DOI:10.1097/SLA.0000000000006401 [Epub ahead of print].
- [29] BOWRING M G, MASSIE A B, SCHWARZ K B, 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.
- [30] HACKL C, SCHMIDT K M, SÜSAL C, et al. Split liver transplantation: current developments[J]. *World J Gastroenterol*, 2018, 24(47): 5312-5321. DOI: 10.3748/wjg.v24.i47.5312.
- [31] SMITH S K, MILOH T. Pediatric liver transplantation [J]. *Clin Liver Dis*, 2022, 26(3): 521-535. DOI: 10.1016/j.cld.2022.03.010.
- [32] KWON Y K, VALENTINO P L, SAARELA K M, et al. Pushing the limits of in situ split liver procurement to overcome donor distance and graft size challenges for 8-week-old pediatric recipient[J]. *Pediatr Transplant*, 2024, 28(6): e14848. DOI: 10.1111/ptr.14848.
- [33] HARTJES K, KOO D, AL-IBRAHEEMI A, et al. Early graft loss with suspected seventh-day syndrome following pediatric liver transplantation[J]. *Pediatr Transplant*, 2024, 28(5): e14818. DOI: 10.1111/ptr.14818.
- [34] PINELLI D, SANSOTTA N, CAVALLIN F, et al. Venous outflow obstruction in pediatric left lateral segment split liver transplantation[J]. *Clin Transplant*, 2023, 37(8): e14985. DOI: 10.1111/ctr.14985.
- [35] BAKHTIARI A F, SABIR A. Impact of graft-to-recipient weight ratio on early systemic inflammatory response syndrome risk following pediatric liver transplantation[J]. *Dig Liver Dis*, 2025, 57(2): 647-648. DOI: 10.1016/j.dld.2024.11.015.
- [36] XIA Q, FENG M X. Challenges for pediatric liver transplantation in mainland China: where we are and where to go. reflections from worldwide largest pediatric liver transplantation program[J]. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*, 2025,24(1): 35-38. DOI:10.1016/j.hbpd.2024.11.005.
- [37] KUKSIN M, BIDAULT JOURDAINNE V, ROSSIGNOL G, et al. Prediction of whole liver graft weight based on biometric variables in paediatric and adult liver donors[J]. *Children (Basel)*, 2024, 11(10): 1248. DOI: 10.3390/children11101248.
- [38] LI W, KOTSOU T, HARTOG H, et al. Hepatic artery stenosis after pediatric liver transplantation: the potential role of conservative management[J]. *Dig Liver Dis*, 2025,57(2): 502-511. DOI:10.1016/j.dld.2024.09.021.

(收稿日期: 2025-01-08)

(本文编辑: 谢诗韵 吴秋玲)