

# 基于Hisense CAS的肝左静脉分型及其对儿童左外叶肝移植流出道重建的临床意义

王承钰<sup>1</sup>, 熊骁鹏<sup>1</sup>, 修文丽<sup>2</sup>, 王童语<sup>3</sup>, 李新强<sup>1</sup>, 宋笑林<sup>1</sup>, 蔡金贞<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>青岛大学附属医院器官移植中心, 山东 青岛

<sup>2</sup>青岛大学附属医院小儿外科, 山东 青岛

<sup>3</sup>青岛大学附属医院放射科, 山东 青岛

收稿日期: 2024年5月28日; 录用日期: 2024年6月23日; 发布日期: 2024年6月30日

## 摘要

目的: 利用海信计算机辅助手术系统(Hisense CAS)重建并分析肝左静脉分支的走行及变异等, 并测定其相应的回流量, 提出新的肝左静脉分型方式, 并探究其在人群中的分布情况、探讨其分型在儿童左外叶肝移植手术的流出道重建中的价值。方法: 收集2021年1月1日至2021年12月31日于青岛大学附属医院行上腹部增强CT检查的患者的原始影像数据, 纳入患者162例(研究对象1), 以及2019年1月1日至2022年12月31日于青岛大学附属医院器官移植中心行左外叶肝移植手术的患儿及其供肝者的临床资料, 纳入患者17对(研究对象2)。运用Hisense CAS技术对肝脏及其内部血管进行三维重建。结合本中心肝移植手术经验, 提出新的肝左静脉分型, 模拟切取肝脏, 统计肝左静脉分型在人群中的分布情况; 规划17例供肝者供肝切取及其左外叶肝移植流出道重建方案, 同患儿实际流出道重建方案对比, 并随访患儿手术预后情况。结果: 研究对象1: 纳入162例患者, 根据本研究提出的标准进行肝左静脉分型, 将其分为5型。其中: I型97例(59.88%), II型6例(3.70%), III型36例(22.22%), IV型14例(8.64%), V型9例(5.56%)。研究对象2: 纳入于本中心行肝移植供-受者17对。分析后供者分型为: I型11例(64.7%), III型4例(23.5%), IV型1例(5.9%), V型1例(5.9%)。同患儿实际手术方案进行对比, 17例方案中, 有11例(64.7%)同实际手术流出道重建方案基本吻合; 17例患儿中, 1例患儿术后3月出现流出道血流异常, 予以行介入球囊扩张后肝静脉血流恢复正常, 规律复查肝脏超声未再次出现血流异常。3例患儿肝移植术后1周内出现肝动脉血管并发症, 予以二次肝移植术。结论: Hisense CAS基于增强CT的三维重建技术可于手术前可视化重建患者肝脏及其肝内血管分支系统, 为肝左静脉分型的制定及手术方案的规划提供指导与依据。术前根据肝左静脉血管分型合理规划肝静脉流出道的重建方式, 有望指导儿童左外叶肝移植手术肝静脉流出道重建的术前规划及实施及预防肝移植术后并发症, 但仍需注意根据患者实际情况, 个体化制定手术方案。

## 关键词

肝左静脉, 三维, 血管分型, 肝移植, 计算机辅助

\*通讯作者。

# Based on Hisense CAS Constructing a Left Hepatic Vein Classification and Applying in Left Lateral Lobe Liver Transplantation in Children

Chengyu Wang<sup>1</sup>, Xiaopeng Xiong<sup>1</sup>, Wenli Xiu<sup>2</sup>, Tongyu Wang<sup>3</sup>, Xinqiang Li<sup>1</sup>, Xiaolin Song<sup>1</sup>, Jinzhen Cai<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Organ Transplantation Center, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Department of Pediatric Surgery, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>3</sup>Department of Radiology, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: May 28<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2024; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

**Objective:** The aim is to utilize the Hisense Computer-Assisted Surgery System (Hisense CAS) for the reconstruction and analysis of the course and variations of the left hepatic vein branches, along with measuring their corresponding reflux volume. Additionally, the goal is to propose a novel classification method for left hepatic veins and explore their distribution within the population. Furthermore, it aims to investigate the value of this classification in the reconstruction of outflow tracts during left lateral lobe liver transplantation in children. **Methods:** Data collection included original imaging data of patients who underwent contrast-enhanced CT examinations of the upper abdomen at Qingdao University Affiliated Hospital from January 1, 2021, to December 31, 2021, totaling 162 patients (Study Group 1). Clinical data of pediatric patients who underwent left lateral lobe liver transplantation surgery and their donors at the Organ Transplantation Center of Qingdao University Affiliated Hospital from January 1, 2019, to December 31, 2022, were also collected, totaling 17 pairs of patients (Study Group 2). Three-dimensional reconstruction of the liver and its internal vessels was performed using Hisense CAS technology. Based on the liver transplantation experience of our center, a new classification of the left hepatic vein was proposed, simulated liver resection was conducted, and the distribution of left hepatic vein types in the population was statistically analyzed. Reconstruction plans for liver procurement and outflow tract during left lateral lobe liver transplantation were designed for 17 donors, compared with the actual reconstruction plans for the recipients, followed by postoperative follow-up evaluations of the recipients' surgical outcomes. **Results:** Study Group 1 comprised 162 patients, classified into five types of left hepatic veins according to the criteria proposed in this study: Type I (97 cases, 59.88%), Type II (6 cases, 3.70%), Type III (36 cases, 22.22%), Type IV (14 cases, 8.64%), and Type V (9 cases, 5.56%). Study Group 2 included 17 donor-recipient pairs. After analysis, the distribution of donor types was as follows: Type I (11 cases, 64.7%), Type III (4 cases, 23.5%), Type IV (1 case, 5.9%), and Type V (1 case, 5.9%). Among the 17 reconstruction plans, 11 (64.7%) were largely consistent with the actual surgical plans. One recipient developed abnormal outflow tract blood flow three months after surgery, which was corrected by balloon angioplasty. Regular ultrasound examinations showed no recurrence of abnormal blood flow. Three recipients developed complications of hepatic artery vessels within one week after liver transplantation and required retransplantation. **Conclusion:** Hisense CAS utilizes enhanced CT-based three-dimensional reconstruction technology to visualize and reconstruct the liver and its intrahepatic vascular branching system before surgery, providing guidance and basis for the classification of hepatic left veins and

planning of surgical procedures. Preoperatively, rational planning of the reconstruction method for the hepatic venous outflow tract based on the classification of hepatic left veins is expected to guide the preoperative planning, implementation, and prevention of complications after pediatric left lobe liver transplantation, but it is still necessary to individualize the surgical plan according to the actual condition of the patients.

## Keywords

Left Hepatic Vein, Three-Dimensional, Vascular Type, Liver Transplantation, Computer-Assisted

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

肝移植作为多种终末期肝病、代谢性肝脏疾病、部分肝脏肿瘤等的有效治疗手段[1], 具有重要的生命救治和改善生活质量的意义。肝移植发展至今, 为了满足不同患者不同疾病的需求及扩大供体来源等现实需要, 除了经典原位肝移植, 还发出了诸如劈离式肝移植、减体积肝移植、自体肝移植、多米诺辅助肝移植等多种手术方式。而肝脏移植手术需重建肝脏脉管, 血管能否顺利重建及重建后血管能否顺利发挥功能, 直接影响着移植手术疗效[2]。有研究[3] [4]指出, 肝移植术后血管并发症的手术相关危险因素主要为手术技术问题及血管的解剖变异, 可致术后转氨酶升高、胆道并发症、移植物功能障碍等。一项纳入 38,563 名患者的研究[5]提示, 肝移植术后血管并发症的发生同患者术后较好的总体生存期显著相关, 进一步完善血管重建技术是扩大多种供肝类型来源的关键因素之一。

肝移植术后血管并发症是肝移植术后的一种严重并发症, 其发生率约为 5%~25%, 但病死率却相对较高, 是导致肝移植术后受者死亡的主要原因之一, 其中肝静脉并发症主要为肝静脉流出道梗阻(Hepatic venous out flow obstruction, HVOO)是肝移植术后较少见的并发症, 其阻塞部位处于肝静脉及肝静脉汇入下腔静脉处, 各中心对其发生率报道不一, 约为 0%~28% [6]-[8]。尽管 HVOO 发生率相较其他血管并发症较低, 但其仍为移植术后较为严重并发症, 甚至可导致移植肝脏失功能、移植受者死亡。目前 HVOO 的治疗方式及时机选择仍存在争议, HVOO 的预防环节重于治疗, 术前充分评估供受体状态、合理的术前规划、合适的吻合方式选择、术后的密切监测等缺一不可。而儿童血管较成人细, 且受劈离式移植血管重建方式不一、血管变异等因素影响, 儿童肝移植术后, 特别是儿童劈离式肝移植术后血管并发症发生率明显高于成人全肝移植[6] [9], 其对于血管吻合技术及血管重建方式要求更高。国内外多中心曾报道各种流出道重建方式, 如从缝合方式、血管缝合线选择等方面探讨, 或根据肝静脉变异情况探究[6] [9] [10], 目前关于肝移植流出道重建术式选择尚无定论。

本研究结合 CT 三维成像技术, 重建肝静脉的血管形态, 探究人群中肝左静脉的血管变异情况, 并将其应用于儿童左外叶劈离式肝移植术中肝静脉流出道重建的术前规划工作中, 探究肝左静脉分型方式及其指导肝移植手术的术前规划的可能性。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 研究设备

1) GE Revolution 256 层 CT (图 1)。

2) 海信计算机辅助手术系统(Hisense CAS) (图 2): 该系统由青岛大学附属医院与海信医疗设备股份有限公司联合开发, 型号 JIGEMI-MS, 系统版本 2.1.3。该系统以 CT 等影像为基础进行深度数据挖掘, 采用 GPU 平台加速技术, 能够快速高效地进行器官重建, 在保证结果精确度的同时, 三维模型支持在线共享与实时交互, 目前已成功应用于临床实践[11]。

3) RadiAnt Dicom 查看器: 该软件是一个 DICOM 医学图像查看器, 它能够迅速加载医学图像文件, 提供一个直观的用户操作界面。它支持二维和三维图像的浏览, 并且配备了多种实用的图像处理工具, 例如调整镜头的远近、高度和反光, 以及提供画笔工具等。

4) 非离子对比剂碘海醇注射液(北京北陆药业股份有限公司): 碘海醇注射液目前广泛用于血管、尿路、关节腔、胰管、胆管等多种人体腔隙的造影检查, 在临床应用中表现出良好的成像效果。



Figure 1. GE Revolution 256-slice CT

图 1. GE Revolution 256 层 CT



Figure 2. Hisense CAS

图 2. Hisense CAS

## 2.2. 研究对象

研究对象 1:

1) 收集 2021 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日, 于青岛大学附属医院行上腹部增强 CT 检查的 162 例患者的原始影像学资料。其中, 男性 49 例(30.2%), 女性 113 例(70.6%)。

2) 研究对象纳入标准:

- a) 影像报告肝脏未见明显异常者, 且可收集到相关数据完成血管重建者。
- b) 年龄 18~60 周岁。
- c) 增强 CT 血管成像质量好, 可以清晰显示肝静脉主干及其分支血管。

3) 研究对象排除标准:

- a) 患肝硬化、肝癌或其他肿物大于 2 cm，影响三维血管重建结果者。
- b) 患者有严重全身疾病不能完成增强 CT 检查者。
- c) 患者对非离子对比剂碘海醇过敏而不能行增强 CT 检查者。

研究对象 2:

- 1) 收集 2019 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日于青岛大学附属医院器官移植中心行左外叶肝移植术患者的 17 例供肝的术前上腹部增强 CT 原始影像学资料,并收集其对应肝移植受者患儿的相关临床信息。
- 2) 研究资料纳入标准: 本中心行左外叶肝移植术患儿的供肝者, 其供肝切取术前于我院行上腹部增强 CT, 并可收集到相关数据完成血管重建。
- 3) 研究资料排除标准: a) 上腹部增强 CT 强化不佳, 无法清晰重建者; b) 供肝切取术前未行上腹部增强 CT 检查者。

2.3. 数据的采集与处理

2.3.1. 增强 CT 检查

- 1) 增强 CT 前准备: 患者需禁饮食 4~6 小时, 增强 CT 扫描前经手背或前臂建立静脉通道, 留置静脉留置针。
- 2) 增强 CT 检查过程: 患者静息状态下, 经患者手背或前臂静脉通路注入非离子对比剂碘海醇, 注射过程使用双筒高压注射器, 控制注射剂量 1.5~2.0 ml/kg, 注射速率 1.0~3.0 ml/s。应用 GE Revolution 256 层 CT 进行扫描, 并于静脉注射造影剂后 30 s、60 s、120 s 分别行动脉期、静脉期、平衡期扫描, 并可根 据造影剂显影情况进行人工调整。
- 3) 增强 CT 数据储存: 在完成增强 CT 扫描后, 将获取的 CT 图像数据上传至影像科工作站, 并以 DICOM 格式进行存储, 以便于后续的分析和使用, 可应用 RadiAnt Dicom 查看器查看 CT 图像。这些数据可以被下载到移动硬盘中, 以便于在不同的设备上进行检查和分析。

2.3.2. 三维图像的重建

- 1) 肝脏的三维重建: 研究对象 1、2 行上 CT 检查后, 将获取的上腹部增强 CT 的 DICOM 原始文件输入到 Hisense CAS 中, 调整其窗宽和窗位参数; 利用人工智能技术和传统图像分割算法, 系统能够自动识别并精确分割肝脏边缘, 利用系统提供的交互工具对分割结果进行局部微调, 最终系统将输出肝脏的三维模型并计算出肝脏的体积(图 3)。

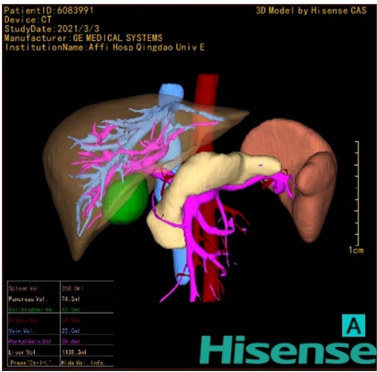
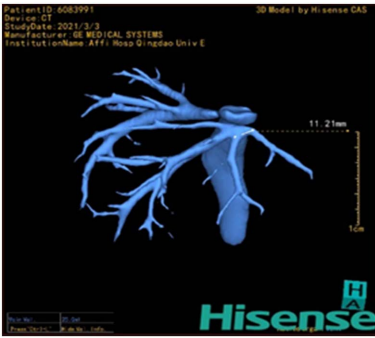


Figure 3. Three-dimensional reconstruction of the liver and its vascular structure  
图 3. 三维重建肝脏及其脉管结构

2) 血管的三维重建: 选取肝脏内部血管的标志性点, 以此为依据确定血管生成的范围; 通过调整识别的敏感度, 可以自动提取肝内血管的信息, 分别三维重建门静脉、肝静脉和肝动脉, 并且分别用不同的颜色进行标记(图 4)。



**Figure 4.** Hisense CAS clearly shows the hepatic veins

**图 4.** Hisense CAS 清晰显示肝静脉

3) 三维图像整合: 选择肝脏、肝内脉管, 系统可将其合并为一个整体, 操作者在系统中可 360 度旋转观察, 并调整各部分结构的透明度, 进而立体清晰显示肝脏内各脉管系统走行情况及其与肝脏实质的空间位置关系(图 5)。



**Figure 5.** CAS shows the spatial relationship between the liver and hepatic veins

**图 5.** CAS 显示肝脏与肝静脉的空间关系

### 2.3.3. 进行肝脏流域分析及分段

根据肝静脉汇入下腔静脉的走行情况, 对肝静脉血管行初步分型。首先根据 Couinaud 分段法[12], 辨别引流肝脏左外叶II段、III段的肝静脉, 并根据各分支走行行流域分析, 划分出肝静脉各血管分支引流的肝脏区域, 系统以不同颜色显示并测量各分支静脉回流肝脏的体积, 可自动计算剩余功能性肝脏体积及比例, 模拟左外叶肝移植供肝切取手术, 拟定最佳手术方案(图 6、图 7)。

### 2.3.4. 初步分组

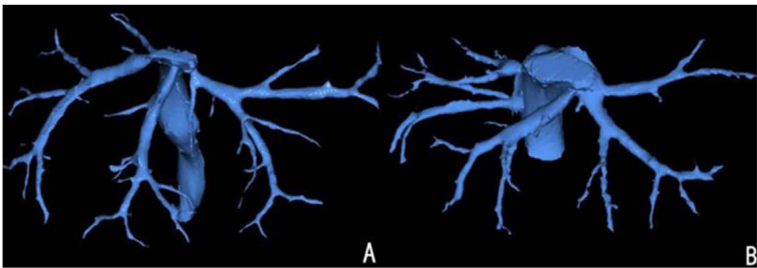
根据支配肝左外叶的肝静脉主干数目进行分组, 分为 A 组与 B 组(图 8)。其中, A 组: 由一支主干肝左静脉引流肝左外叶静脉血流; B 组: 由两支主干肝左静脉引流肝左外叶静脉血流。



**Figure 6.** Analysis based on the branch basins of each branch of the hepatic vein  
**图 6.** 根据肝静脉各分支流域分析



**Figure 7.** Three-dimensional reconstruction of the liver sections refluxing from each hepatic vein branch  
**图 7.** 三维重建各肝静脉分支回流肝脏区段



**Figure 8.** (A): Divided into group A, the blood flow of the left lateral lobe of the liver is drained by one main left hepatic vein; (B): Divided into group B, the blood flow of the left lateral hepatic lobe is drained by two main left hepatic veins  
**图 8.** (A): 分入 A 组, 由一支主干肝左静脉引流肝左外叶静脉血流; (B): 分入 B 组, 由两支主干肝左静脉引流肝左外叶静脉血流

### 2.3.5. 测量血管长度及直径

应用系统工具, 可选区血管节点, 测量两节点之间距离, 数据单位为 mm, 测量数据精确至 0.001。  
L1 (图 9): 测量下腔静脉至左外叶肝静脉第一处静脉分叉的距离, 记为 L1。

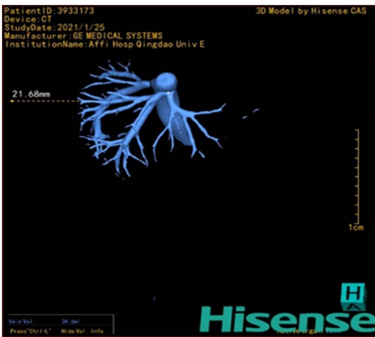


Figure 9. Measurement L1  
图 9. 测量 L1

L2 (图 10): 因存在肝静脉共干等特殊情况的干扰, L1 长度不够精确, 排除共干处肝静脉内径等相关干扰因素后, 重新测量该段肝静脉长度, 记为 L2。

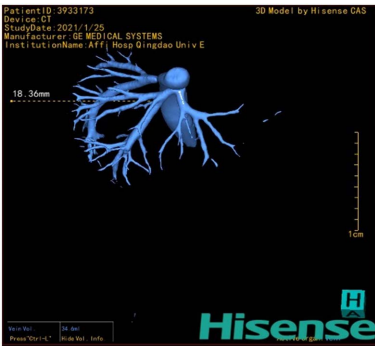


Figure 10. Measuring L2  
图 10. 测量 L2

L3、L4 (图 11): 测量重建血管中, 距 L2 起点 5 mm、10 mm 长度处的肝静脉直径, 分别记为 L3 与 L4。对于 B 组数据, 另需测量 L5~L8。

L5 (图 12): 测量 B 组中两支主干血管中点间直线距离记为 L5。

L6 (图 13): 测量 B 组中两支主干血管外侧边缘间距离, 即血管间最大直线距离, 记为 L6。

L7、L8 (图 14): 分别测量 B 组中两主干分支静脉直径, 并记为 L7、L8。

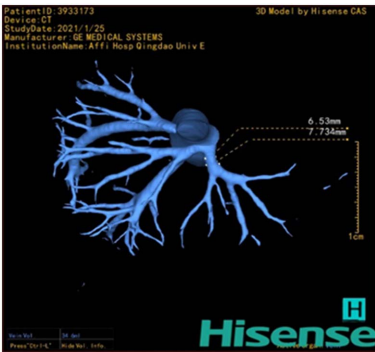


Figure 11. Measuring L3, L4  
图 11. 测量 L3、L4

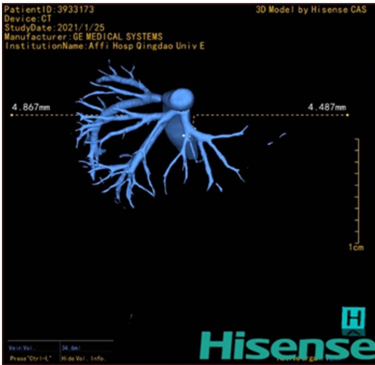


Figure 12. Measurement L5  
图 12. 测量 L5

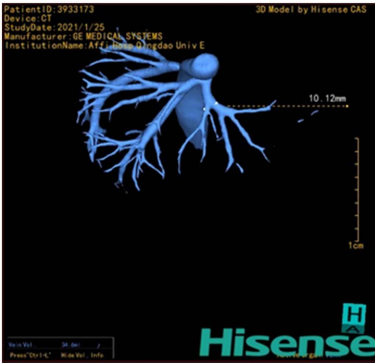


Figure 13. Measurement L6  
图 13. 测量 L6

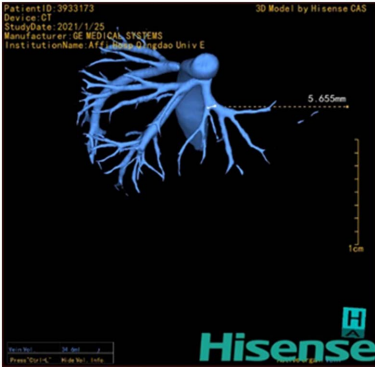


Figure 14. Measuring L7, L8  
图 14. 测量 L7、L8

2.3.6. 测量肝脏体积

根据肝静脉流域分析结果，分别重建各分支肝静脉引流的肝脏并量化其体积，肝脏区段体积单位为 ml，数据精确至 0.01。

V：重建肝脏实质，测量其体积记为 V。

VL (图 15)：重建的肝左静脉所支配的肝左外叶区段，测量其体积位为 VL。

Vm：重建的肝中静脉所支配的肝脏区段，测量其体积位为 Vm； Vr：重建的肝右静脉所支配的肝脏

区段，测量其体积位为  $V_r$ 。

**V1、V2 (图 16):** B 组中由两支主干肝静脉支配肝左外叶，分别根据其静脉流域重建其肝脏，并分别测量其肝脏区段体积，从左向右分别将其记为  $V_1$ 、 $V_2$ 。

**V3:** 部分患者存在可重建出汇入第三肝门的肝短静脉等血管，测量其支配肝脏体积，记为  $V_3$ 。

**$V_r'$ :** 因部分患者存在肝短静脉等分支，致使  $V_3$  的产生，影响了肝右静脉支配肝脏体积的测量，将  $V_r$  与  $V_3$  体积相加，记其为  $V_r'$ 。

**$V_{mr}$ :** 将除  $V_L$  外其他肝脏体积相加，包括  $V_m$ 、 $V_r$ 、 $V_3$  (图 17)，记其体积为  $V_{mr}$ 。分别计算上述肝脏区段体积占肝脏实质总体积的百分比，分别记为  $V_L\%$ 、 $V_m\%$ 、 $V_r\%$ 、 $V_r'\%$ 、 $V_{mr}\%$ 、 $V_1\%$ 、 $V_2\%$ 、 $V_3\%$ 。

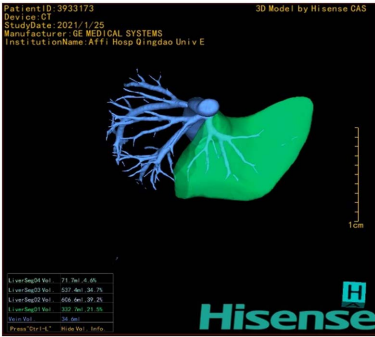


Figure 15. 3D reconstruction of VL and measurement of its volume

图 15. 三维重建 VL 并测量其体积

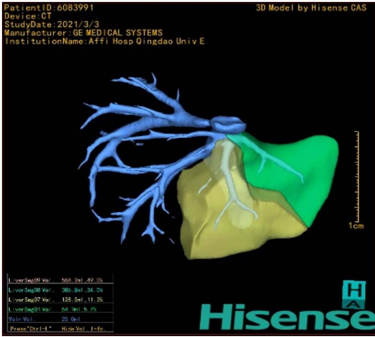


Figure 16. Three-dimensional reconstruction of V1 and V2 and measurement of their volumes

图 16. 三维重建 V1、V2 并测量其体积

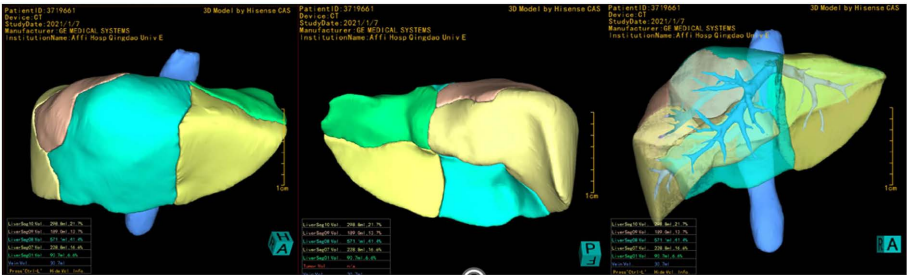


Figure 17. Three-dimensional reconstruction of  $V_m$ ,  $V_r$ ,  $V_3$  and measurement of their volumes

图 17. 三维重建  $V_m$ 、 $V_r$ 、 $V_3$  并测量其体积

2.3.7. 肝左静脉分型

本研究在总结本中心儿童左外叶肝移植肝静脉流出道重建的手术经验的基础上，并参考国内外相关文献报道[9] [13]-[15]，提出了一种新的肝左静脉分型方式，以指导儿童左外叶肝移植肝静脉流出道重建手术的术前规划。本研究将肝左静脉分为I~V型(图 18~20)。

I型：肝左外叶的静脉血流由单一主干肝静脉引流，且其血管内径足够大，吻合后不易出现流出道狭窄等情况，可在血管修整后直接与受体侧进行吻合。数据标准： $L2 > 10\text{ mm}$  且  $L4 > 5\text{ mm}$ 。

II型：肝左外叶的静脉血流由两支主干肝静脉引流或由单一主干肝静脉引流但其长度过短，肝脏劈离后易形成两支及以上的分支。两分支静脉相距较近，可直接将两支肝静脉重建为单一流出道与受体侧吻合。数据标准： $L2 \leq 10\text{ mm}$  且  $L6 \leq 10\text{ mm}$ 。

III型：肝左外叶的静脉血流由两支主干肝静脉引流或由单一主干肝静脉引流但其长度过短，肝脏劈离后易形成两支及以上的分支。两分支静脉相距适中，直接将两支肝静脉重建为单一流出道可能因张力过大等因素出现流出道狭窄，需应用补片修补两支静脉间隙并重建为单一扩大的流出道开口与受体侧吻合。数据标准： $L2 \leq 10\text{ mm}$  且  $10\text{ mm} < L6 \leq 20\text{ mm}$ 。

IV型：肝左外叶的静脉血流由两支主干肝静脉引流或由单一主干肝静脉引流但其长度过短，肝脏劈离后易形成两支及以上的分支。两分支静脉相距较远，无法直接将两支肝静脉重建为单一流出道，且应用补片修补较为困难，需应用受体或供体来源血管行间置血管搭桥并重新形成单一流出道开口与受体侧吻合。数据标准： $L2 \leq 10\text{ mm}$  且  $L6 > 20\text{ mm}$ 。

V型：肝左外叶的静脉血流由单一主干肝静脉引流，但其血管较为纤细，若直接吻合后易出现流出道狭窄等情况，增加流出道并发症的风险，需应用血管补片将血管行修整，扩大血管直径后方可与受体侧进行吻合。数据标准： $L2 > 10\text{ mm}$  且  $L4 \leq 5\text{ mm}$ 。

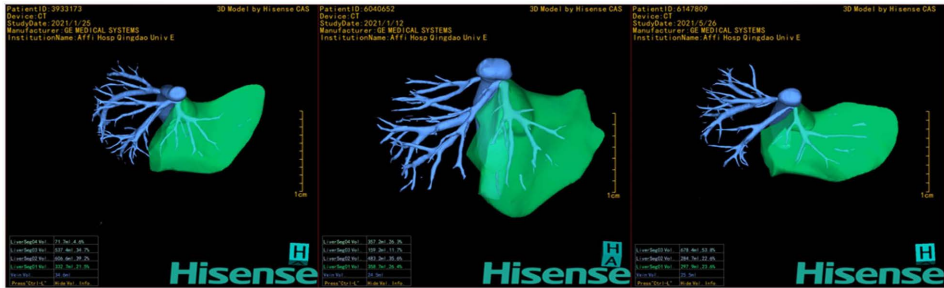


Figure 18. Type I and V, three-dimensional reconstruction of the left hepatic vein reflux liver segment  
图 18. I型、V型，三维重建其肝左静脉回流肝脏区段



Figure 19. Type II, III, IV, and three-dimensional reconstruction of the left hepatic venous return area of the liver  
图 19. II型、III型、IV型，并三维重建其肝左静脉回流区域肝脏

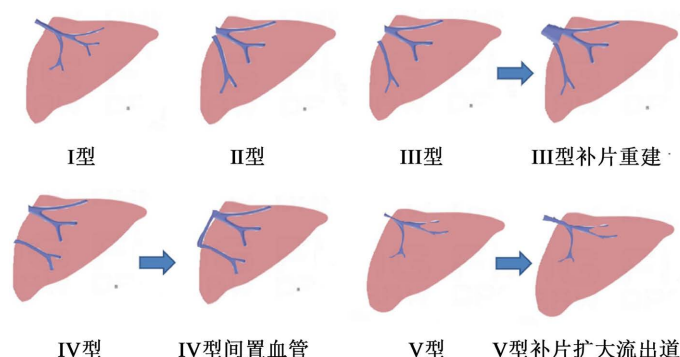


Figure 20. Left hepatic vein classification type I~V

图 20. 肝左静脉分型I型~V型

### 2.3.8. 规划手术方案

应用本研究提出肝左静脉分型，对收集到 17 例供肝者的肝左静脉进行分型，分别制定左外叶肝移植供肝切除手术方案，以及其肝静脉流出道重建手术方案，并分别同其行左外叶肝移植患儿的实际流出道重建手术方案进行对比。探讨模拟肝脏左外叶切取及流出道重建手术方案及实际手术方案的异同之处，并探讨模拟切取肝脏区段体积与实际切取肝脏体积的差异等。

### 2.3.9. 分析受者预后

收集 17 例入组肝脏移植手术患儿的术后临床数据，包括受者肝移植术后第 1 日、第 7 日、1 月、2 月、3 月肝脏超声血流情况，评估受者术后 3 月内肝静脉血管并发症发生情况；收集受者术后 1 日、7 日及术后 1 月、2 月、3 月肝功能化验，分析术后肝功恢复情况，并排除免疫排异、药物性肝损害等因素引起的肝功能异常的情况。

## 2.4. 数据统计与分析

采用 SPSS 24.0 版统计软件处理数据。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验方法进行正态性检验， $P > 0.05$  则提示数据符合正态分布。符合正态分布的计量资料用( $\bar{X} \pm S$ )表示，不符合正态分布的计量资料用 M (Q1, Q3)表示。

## 3. 结果

### 3.1. 肝脏及肝静脉重建结果

入组 162 例行肝脏 CT 检查患者，其中男性 49 例(30.2%)，女性 113 例(70.6%)，年龄 49.50 (41.00, 55.00) 岁，最小年龄 22 岁，最大年龄 60 岁。肝左、肝中静脉共干者 129 例(79.6%)，肝中、肝右静脉共干者 1 例(0.6%)，肝左、肝中、肝右静脉三支分开汇入下腔静脉者 32 例(19.8%)。

### 3.2. 根据肝左静脉分型进行分组

首先将入组的 162 例样本初步划分，将其分为 A 组与 B 组。其中，A 组：一支主干肝左静脉引流肝左外叶静脉血流，95 例(58.6%)；B 组：两支主干肝左静脉引流肝左外叶静脉血流，67 例(41.4%)。分组后在进行手术规划中发现，31 例样本归入 A 组或 B 组界限模糊，因其下腔静脉至左外叶肝静脉第一支分叉处的长度不易取舍。分别测量各组中肝左静脉下腔静脉至左外叶肝静脉第一处静脉分叉的距离 L1 及其校正 L2，测量重建血管中，距 L2 起点 5 mm、10 mm 长度处的肝静脉直 L3、L4。统计上述数据，其中静脉主干大于 10 mm 可测得数据者 114 例，其结果见表 1。

**Table 1.** Length and diameter of left hepatic vein  
**表 1.** 肝左静脉长度及直径

| 指标      | n = 114      | K-S 检验 P 值 | 最小值   | 最大值   | 中位数   | Q1    | Q3    |
|---------|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L1 (mm) | 20.24 ± 6.39 | 0.200      | 7.76  | 38.37 | 19.92 | 15.17 | 23.45 |
| L2 (mm) | 16.07 ± 5.21 | 0.200      | 4.785 | 29.72 | 15.82 | 12.04 | 19.48 |
| L3 (mm) | 7.05 ± 2.15  | 0.200      | 2.415 | 15.91 | 6.83  | 5.60  | 8.42  |
| L4 (mm) | 8.23 ± 2.59  | 0.200      | 2.12  | 15.91 | 8.11  | 6.47  | 9.96  |

注：P > 0.05 则数据符合正态分布。

L2 以 10 mm 为界限，再次划分 A 组与 B 组，其中 A 组 106 例(65.4%)，B 组 56 例(34.6%)。而在 A 组样本内部，L4 以 5 mm 为界限，划分为 2 型，分别为 I 型、V 型；其中 I 型 97 例(59.88%)，V 型 9 例(5.56%)。

测量两支主干血管中点间直线距离即其血管外侧边缘间距离 L5、L6，并测两主干分支静脉直径 L7、L8，分析统计其数据。其中有两分支且可测得数据者共 79 例，其结果见表 2。

B 组内部，L6 以 10 mm、20 mm 为界限，划分为 3 型，分别为 II 型、III 型、IV 型，其中 II 型 6 例(3.70%)、III 型 36 例(22.22%)、IV 型 14 例(8.64%)。

**Table 2.** Distance and diameter of two branches of hepatic veins  
**表 2.** 两分支肝静脉距离及直径

| 指标      | N = 79               | K-S 检验 P 值 | 最小值  | 最大值   | 中位数   |
|---------|----------------------|------------|------|-------|-------|
| L5 (mm) | 10.52 (8.40, 14.41)  | 0.001      | 5.24 | 24.76 | 10.52 |
| L6 (mm) | 14.40 (12.16, 18.67) | 0.008      | 6.49 | 29.41 | 14.40 |
| L7 (mm) | 4.36 (3.31, 5.88)    | 0.005      | 1.20 | 10.03 | 4.36  |
| L8 (mm) | 5.81 ± 1.84          | 0.200      | 2.01 | 11.34 | 5.54  |

注：P > 0.05 则数据符合正态分布。

### 3.3. 肝静脉分支回流肝脏区段体积

应用海信 Hisense CAS，三维重建入组者肝脏并测量其各肝静脉属支回流肝脏区段体积。测量并统计入组 162 例患者相关数据，其结果见表 3。

**Table 3.** Volume and proportion of each liver segment  
**表 3.** 肝脏各区段体积及其占比

| 指标      | n = 162                | K-S 检验 P 值 | 最小值   | 最大值    |
|---------|------------------------|------------|-------|--------|
| VL (ml) | 309.87 ± 81.07         | 0.200      | 126.9 | 564.3  |
| VL% (%) | 22.82 ± 4.72           | 0.200      | 11.9  | 37.4   |
| Vm (ml) | 453.55(390.25, 541.28) | 0.000      | 188.5 | 1165.3 |
| Vm% (%) | 35.29 ± 7.03           | 0.092      | 20.7  | 61.0   |
| Vr (ml) | 485.50 ± 177.60        | 0.200      | 39.1  | 1073.1 |
| Vr% (%) | 37.60(27.90, 43.73)    | 0.002      | 3.7   | 57.4   |

续表

|           |                            |       |       |        |
|-----------|----------------------------|-------|-------|--------|
| Vr' (ml)  | 571.90 ± 142.40            | 0.086 | 269.3 | 1073.1 |
| Vr' % (%) | 41.93 ± 7.18               | 0.200 | 22.9  | 59.4   |
| Vmr (ml)  | 1014.50 (904.58, 1198.40)  | 0.000 | 629.4 | 1718.2 |
| Vmr % (%) | 77.22 ± 4.91               | 0.200 | 62.6  | 94.0   |
| V (ml)    | 1345.20 (1160.73, 1531.23) | 0.002 | 862.0 | 2219.7 |

注：P > 0.05 则数据符合正态分布。

3.4. 收集供 - 受者病例

纳入的 17 例供肝者中，男性 12 人(70.6%)，女性 5 人(29.4%)，其中捐献者供肝 8 人(47.1%)，亲体供肝 9 人(52.9%)，年龄(36.12 ± 9.78)岁，身高(1.69 ± 0.08) m，体重(68.09 ± 13.83) kg，BMI (23.66 ± 4.13) kg/m<sup>2</sup>。

纳入的肝移植 17 例受者中，男童 8 人(47.1%)，女童 9 人(52.9%)，年龄最小 4 月，年龄最大 11 岁。患儿原发疾病分布为：12 例(70.6%)胆道闭锁，1 例(5.9%)肝母细胞瘤，1 例(5.9%)鸟氨酸氨甲酰基转移酶缺乏症，1 例(5.9%)甲基丙二酸血症，1 例(5.9%)卡罗莱综合征，1 例(5.9%)阿拉杰里综合征。

3.5. 拟定流出道重建手术方案并与实际对比

收集入组者供肝切取术前增强 CT 数据，应用 Hisense CAS 重建肝脏及血管，并根据新的分型，对患儿供肝者进行分型并拟定流出道重建方案。最终结果为：I 型 11 例(64.7%)，III型 4 例(23.5%)，IV型 1 例(5.9%)，V型 1 例(5.9%)，II 型因人群中占比较低，入组患者中未发现该型。结合患者手术记录及术后复查影像结果，将拟定流出道重建方案同患者实际手术中流出道重建方式对比。对比结果示，17 例受者中有 11 例(64.7%)受者的同实际流出道重建手术方案与分型拟定方案基本吻合；其中，9 例为 I 型(53.9%)，1 例为 III 型(5.9%)，1 例为 V 型(5.9%)。不相符的 6 例中，4 例(23.5%)实际为肝静脉受体侧同供体侧直接吻合，2 例(11.8%)实际为供肝搭桥重建流出道开口后同受体侧吻合，对比患者 CT 模拟三维图像及术后影像后，考虑其可能因供肝切取平面差异所致。

3.6. 肝移植受者术后情况

随访入组 17 例患儿 3 月内术后肝静脉流出道并发症发生及其诊疗情况，并收集、分析患儿术后肝功能化验、肝脏超声等临床数据。其结果示，17 例患儿中有 13 例(76.5%)患儿肝移植术后恢复良好，随访术后 3 月内肝功能化验良好，且肝脏超声示血流动力学参数在正常范围内，未见血管狭窄等异常；1 例(5.9%)患儿术后 3 月出现流出道狭窄，最窄处内径约 0.2 cm，肝静脉呈带状波，予以介入球囊扩张术。术后肝静脉血流恢复正常，随访 6 月肝脏超声血流动力学参数正常，呈两相波；2 例(11.8%)患儿肝移植术后 1 周内出现肝动脉血管并发症，结合超声考虑肝动脉血栓形成，予以抗凝、介入、手术取栓重建肝动脉等治疗后血流未见好转，肝功能指标持续升高，最终因移植物失功能行二次肝移植术，术后行病例讨论考虑可能为供肝肝动脉内膜受损致血栓形成；1 例(5.9%)患儿术后 4 日出现门静脉血流异常，考虑供肝与患儿腹腔空间不匹配致门静脉受压，行减张力缝合后门静脉血流较前好转，但患儿最终因腹腔、肺部重度感染合并多器官功能衰竭死亡。

4. 讨论

左外叶肝移植作为一种复杂而重要的手术，在手术规划和实施中需要充分考虑多个关键因素。而在手术实施过程中，流出道的重建是至关重要的一步[7] [9] [16]。良好的流出道重建可以确保移植物的血液

回流功能,有助于移植器官的早期恢复和功能重建。其中肝左静脉的血管分型是左外叶肝移植手术的重要基础,对肝左静脉的准确分型有助于外科医生在手术中精确切除和重建血管,从而减少手术的并发症和风险[5] [7] [9] [17]。对肝左静脉进行合理分型,有助于指导左外叶供肝切取术的术前规划。在进行肝脏手术前,准确了解肝静脉的变异分型,掌握肝静脉注入下腔静脉的方式,对手术中最大限度保留功能肝体积具有重要意义[18]。Reichert [19]等人报道的肝左静脉分为3型,该分型主要应用于指导肝部分切除等手术,而不适于指导肝移植尤其是劈离式肝移植手术的血管分割及重建。本研究基于青岛大学器官移植中心手术经验,结合国内外相关文献报道,提出肝左静脉新的分型,将其分为5型,并探究其在儿童左外叶肝移植手术的流出道重建中的临床意义。

肝脏的解剖结构具有高度的复杂性和精细性,且肝静脉的走行存在多种复杂的变异,其各分支回流的肝脏区段也存在个体性差异。最初的肝静脉解剖研究主要依赖于尸体解剖和肝脏铸形标本[17] [20],但这种方法需要大量的资源投入,并且无法进行立体旋转观察肝静脉空间立体结。在传统的手术过程中,外科医生需要依赖解剖学知识和B超、CT等影像资料来重建肝脏实质及其脉管结构的解剖位置。由于受到外科医生经验的限制,可能会出现理解上的偏差,而且这种偏差在术前无法进行验证,这使得术前规划、术中操作和术后恢复等方面存在不确定性。为了减少肝脏切除的体积,保留更多的功能性肝组织和维持术后剩余肝脏的血液循环,术前需要对肝内血管的走行变及其在肝内的空间关系有深入的了解[17]。

近年来,三维重建技术在肝脏解剖学研究中的应用逐渐增多,为肝脏手术提供了新的方法和技术支持。通过三维重建技术,我们可以从不同角度以彩色显示肝脏实质和肝血管,并且可以清晰地展示肝脏实质及肝内血管的毗邻关系[11] [21]。这种方法不仅提高了肝脏解剖结构的可视化效果,而且有助于更准确地理解肝脏内部的复杂结构和血管走行,为临床诊断和治疗提供了重要的参考信息。与三维重建技术相比,传统的二维影像学检查在识别空间立体的细小分支和血管变异等方面存在局限性[11] [21] [22]。因此,采用三维重建技术进行术前规划和模拟手术,可以提高手术的精确性和安全性,减少术中和术后的并发症,从而提高患者的术后康复效果。Hisense CAS系统的引入为左外叶肝移植手术提供了重要的辅助。该系统通过实时影像导航和手术规划,可以立体直观地精确展示肝内血管的走行变异,从而实现对相应肝体积和肝静脉数据的统计和测量,帮助外科医生精确定位和操作血管,提高手术的安全性和成功[11];利用其进行肝左静脉分型,对于精准评估手术可行性、指导左外叶肝移植手术的术前规划具有一定临床价值,对指导儿童左外叶肝移植手术的流出道重建具有一定的指导作用。

在实际临床手术中,不止需要评估供体肝脏的血管、肝脏实质体积等,对于受者情况的评估也十分重要。通过精确评估患者的肝脏体积和剩余肝体积,外科医生可以更好地确定供肝的切取范围,保证剩余肝体积的充足[23],减少手术后的肝功能不全风险。目前一般认为,功能正常的肝脏行肝脏部分切除术时,最多可切除其总体积的75%而不至于出现小肝综合征[20];若患者患有慢性肝病等,则最多可切除肝脏体积的60%,否则可能影响肝脏功能恢复;而对于患有肝硬化的患者,需至少保留其肝脏总体积的50%以上,才能保障其肝功能的正常运行[20] [24]。临床中儿童肝移植手术一般需计算GRWR,即移植体重与受者体重之比,一般认为其最佳范围为2%~4%之间[23] [25],过小或过大皆可能因肝体积与受者不匹配导致小肝综合征或大肝综合征等手术并发症。本研究入组162例患者,Hisense CAS模型其肝左外叶切取手术,其体积最小为126.9 ml,最大为564.3 ml,若将肝脏密度近似记为1 g/ml,则根据GRWR计算可得,其可供肝受者的体重范围近似为3.17 kg~28.22 kg。临床中一般认为体重小于20 kg的儿童可以左外叶作为供肝,若体重大于20 kg则需根据供、受者实际情况调整供肝切取范围[23]。本研究中,基于Hisense CAS系统,根据个体化肝静脉各分支走行,以不同颜色自动显示不同划分区域的体积,在基于三维图像重建的多帧二维图像分析或虚拟手术中,通过比较边缘状态、切除区域的体积、保存区域和

结构的完整性,可于术前评估各肝静脉回流体积,及剩余肝脏体积大小及其所占比例[11],对于术前明确左外叶供肝切取手术的可行性及安全性,具有重要的临床参考意义。

在本研究中,17例患儿中有4例术后1周内出现血管并发症,剩余13例患儿术后随访3月,未发生肝功能异常及肝静脉流出道梗阻等血管并发症。该13例患儿中有9例患儿的拟定流出道重建手术方案与实际手术方案大致契合,模拟供肝体积同实际切取供肝体积近似吻合,提示该分型对于拟定临床实际工作中流出道手术方式的重建方式有一定指导价值。而入组17例患儿中有6例患儿拟定肝静脉流出道重建手术方案同实际手术方案存在差异,有5例患者模拟供肝切取体积同实际供肝切取体积间存在较大差异,结合术中手术记录分析其差异,考虑主要是因受者间存在个体化差异,诸如腹腔空间不匹配、供肝与受者体重比GRWR不足、供肝形状不规则影响血管吻合方式等,致使模拟供肝切取范围不符合受者实际需求。若术前未充分考虑患儿情况,可能因供受体不匹配进而导致诸如小肝综合征、大肝综合征、关腹困难等意外情况,影响患者预后。目前普遍认为,肝静脉流出道梗阻预防的重要性大于治疗[13][26],术前需充分评估供者及受者的脏器体积、血管、配型等相关的匹配情况;术中需根据供受者血管差异、供肝摆放位置等选择合适血管吻合方式,以防止血管扭曲、狭窄等并发症的发生;术后严密监测患者肝脏血流情况,如有异常及时处理;个体化、动态化地制定手术治疗方案。

本研究提出肝左静脉分型,可指导手术规划肝静脉重建,术前根据肝左静脉血管分型合理规划肝静脉流出道的重建方式,并基于肝脏流域合理规划肝脏区段划分模拟供肝切取手术,能够充分术前准备,有助于术前发现可能存在的手术难点、漏洞,有利于左外叶肝移植手术的顺利进行。但在实际临床手术中,仍需根据患者实际情况,个体化制定手术方案,为患者争取最大获益。由于本研究是总结本中心的肝移植手术经验的单中心研究,存在样本量较少、缺少多中心对比等不足之处,该肝左静脉分型方式仍存在改进空间,期望今后有机会开展多中心合作,结合临床实际,进一步探究更优分型及术式,尽可能避免移植术后流出道血管并发症,为患者术后长期、良好的预后提供保障。

## 5. 结论

1) Hisense CAS 基于增强 CT 的三维重建技术可于手术前可视化重建患者肝脏及其肝内血管分支系统,并量化肝实质及其内脉管,模拟肝脏切除手术,为肝左静脉分型的制定及手术方案的规划提供指导与依据。

2) 术前根据肝左静脉血管分型合理规划肝静脉流出道的重建方式,并基于肝脏流域合理规划肝脏区段划分,对于左外叶肝移植手术的顺利进行及预防肝移植术后并发症具有积极意义。

3) 基于三维重建技术提出的肝左静脉血管分型,有望指导儿童左外叶肝移植手术肝静脉流出道重建的术前规划及实施,但仍需注意根据患者实际情况,个体化制定手术方案。

## 参考文献

- [1] He, X., Xu, S., Tang, L., Ling, S., Wei, X. and Xu, X. (2023) Insights into the History and Tendency of Liver Transplantation for Liver Cancer: A Bibliometric-Based Visual Analysis. *International Journal of Surgery*, **110**, 406-418. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000000806>
- [2] Sharma, S., Saner, F.H. and Bezinover, D. (2022) A Brief History of Liver Transplantation and Transplant Anesthesia. *BMC Anesthesiology*, **22**, Article No. 363. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01904-1>
- [3] 张佳斌, 栗光明. 成人肝移植术后血管并发症的诊治[J]. 器官移植, 2022, 13(5): 555-560.
- [4] Piardi, T. (2016) Vascular Complications Following Liver Transplantation: A Literature Review of Advances in 2015. *World Journal of Hepatology*, **8**, 36-57. <https://doi.org/10.4254/wjh.v8.i1.36>
- [5] Tang, W., Qiu, J., Cai, Y., Cheng, L. and Du, C. (2020) Increased Surgical Complications but Improved Overall Survival with Adult Living Donor Compared to Deceased Donor Liver Transplantation: A Systematic Review and Meta-analysis. *BioMed Research International*, **2020**, Article 1320830. <https://doi.org/10.1155/2020/1320830>
- [6] Yoon, Y., Lee, S., Moon, D., Ahn, C., Hwang, S., Kim, K., et al. (2019) Surgical Techniques and Long-Term Outcomes of Living-Donor Liver Transplantation with Inferior Vena Cava Replacement Using Atriocaval Synthetic Inter-

- position Graft for Budd-Chiari Syndrome. *Annals of Surgery*, **269**, e43-e45. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000002847>
- [7] Sambommatsu, Y., Hirukawa, K., Shimata, K., Honda, M., Sakurai, Y., Ishii, M., *et al.* (2023) Hepatic Venous Outflow Obstruction after Adult Living Donor Liver Transplantation. *Liver Transplantation*, **29**, 1292-1303. <https://doi.org/10.1097/ltv.0000000000000234>
- [8] Jiang, T., Aji, T., Wang, Z., Bo, R., Guo, Q., Zhang, R., *et al.* (2022) Reconstruction of Hepatic Venous Outflow and Management of Its Complications Using *ex vivo* Liver Resection and Autotransplantation: A Single-Center Experience. *Expert Review of Gastroenterology & Hepatology*, **16**, 279-287. <https://doi.org/10.1080/17474124.2022.2036123>
- [9] Seda Neto, J., Costa, C.M., Pugliese, R., Vincenzi, R., Benavides, M.R., Travassos, N.P.R., *et al.* (2024) Living Donor Whole and Partial Liver Grafts, Deceased Donor Whole Liver and SPLIT: Outcome Comparison. *Journal of Pediatric Surgery*, in Press. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2024.02.010>
- [10] Fukuda, A., Sakamoto, S., Sasaki, K., Narumoto, S., Kitajima, T., Hirata, Y., *et al.* (2018) Modified Triangular Hepatic Vein Reconstruction for Preventing Hepatic Venous Outflow Obstruction in Pediatric Living Donor Liver Transplantation Using Left Lateral Segment Grafts. *Pediatric Transplantation*, **22**, e13167. <https://doi.org/10.1111/ptr.13167>
- [11] Liu, J., Xiu, W., Lin, A., Duan, G., Jiang, N., Wang, B., *et al.* (2024) Can Hisense Computer-Assisted Surgery System (Hisense CAS) Improve Anatomy Teaching in Pediatric Liver Surgery? *Surgical and Radiologic Anatomy*, **46**, 117-124. <https://doi.org/10.1007/s00276-023-03277-7>
- [12] Sutherland, F. and Harris, J. (2002) Claude Couinaud. *Archives of Surgery*, **137**, 1305-1310. <https://doi.org/10.1001/archsurg.137.11.1305>
- [13] Cawich, S.O., Johnson, P., Gardner, M.T., Pearce, N.W., Sinanan, A., Gosein, M., *et al.* (2020) Venous Drainage of the Left Liver: An Evaluation of Anatomical Variants and Their Clinical Relevance. *Clinical Radiology*, **75**, 964.E1-E964.E6. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2020.07.039>
- [14] Sun, C., Song, Z., Dong, C., Wang, K., Qin, H., Han, C., *et al.* (2022) Outflow Reconstruction of Left Lateral Graft with Two Widely Spaced Hepatic Veins in Pediatric Living Donor Liver Transplantation. *Surgery*, **172**, 391-396. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2022.01.026>
- [15] Yang, X.Y., Le-Nguyen, A., Alvarez, F., Rong, Z.X., Borsuk, D., Piché, N., *et al.* (2023) Pediatric Living Donor Liver Transplant for Budd-Chiari Syndrome Using a Cryopreserved Pulmonary Vein Graft for Retro-Hepatic Vena Cava Reconstruction: A Case Report. *Pediatric Transplantation*, **28**, e14674. <https://doi.org/10.1111/ptr.14674>
- [16] Duparc, F., Grignon, B., Bonnel, F., Macchi, V. and Douard, R. (2020) Liver Anatomy: From Couinaud to the Transplantation. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **42**, 1405-1405. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02609-1>
- [17] 许鑫森, 王瑞涛, 刘昌. 肝脏分段与切除术的进展[J]. 中国临床解剖学杂志, 2012, 30(3): 359-361.
- [18] Namgoong, J., Hwang, S., Park, G., Ahn, C., Kim, K., Kim, K., *et al.* (2021) Outflow Vein Venoplasty of Left Lateral Section Graft for Living Donor Liver Transplantation in Infant Recipients. *Pediatric Transplantation*, **25**, e13970. <https://doi.org/10.1111/ptr.13970>
- [19] Reichert, P.R., Renz, J.F., D'Albuquerque, L.A.C., Rosenthal, P., Lim, R.C., Roberts, J.P., *et al.* (2000) Surgical Anatomy of the Left Lateral Segment as Applied to Living-Donor and Split-Liver Transplantation. *Annals of Surgery*, **232**, 658-664. <https://doi.org/10.1097/00006558-200011000-00007>
- [20] Sugioka, A., Kato, Y. and Tanahashi, Y. (2017) Systematic Extrahepatic Glissonean Pedicle Isolation for Anatomical Liver Resection Based on Laennec's Capsule: Proposal of a Novel Comprehensive Surgical Anatomy of the Liver. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, **24**, 17-23. <https://doi.org/10.1002/jhbp.410>
- [21] Dilek, Ö.G., Dimitrov, R., Stamatova-Yovcheva, K., Ersen, M., Yovchev, D., Sabanci, S.S., *et al.* (2024) Computed Tomography and Three Dimensional Anatomical Study of the Liver in the Chinchilla (*Chinchilla lanigera*). *Anatomia, Histologia, Embryologia*, **53**, e13025. <https://doi.org/10.1111/ah.13025>
- [22] Roussel, E., Codjia, T., Palmier, M. and Martre, P. (2024) Intrahepatic and Anterior Course of the Inferior Vena Cava: CT Image and 3D Reconstruction of a Rare Anatomical Variation. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **46**, 377-379. <https://doi.org/10.1007/s00276-023-03289-3>
- [23] Masuda, Y., Yoshizawa, K., Ohno, Y., Mita, A., Shimizu, A. and Soejima, Y. (2020) Small-for-Size Syndrome in Liver Transplantation: Definition, Pathophysiology and Management. *Hepatobiliary & Pancreatic Diseases International*, **19**, 334-341. <https://doi.org/10.1016/j.hbpd.2020.06.015>
- [24] Chan, A., Kow, A., Hibi, T., Di Benedetto, F. and Serrablo, A. (2020) Liver Resection in Cirrhotic Liver: Are There Any Limits? *International Journal of Surgery*, **82**, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2020.06.050>
- [25] Kim, D., Hwang, S., Kim, J.M., Choi, Y., You, Y.K., Choi, D., *et al.* (2023) Outcomes and Risk Factors for Liver Transplantation Using Graft-to-Recipient Weight Ratio Less than 0.8 Graft from Living Donors. *Annals of Surgery*, **279**, 1018-1024. <https://doi.org/10.1097/sla.00000000000006104>
- [26] 李威, 游波, 梁娟, 等. 儿童肝移植微创时代[J]. 实用器官移植电子杂志, 2017, 5(1): 34-37.