

MSCTA 对活体右叶供肝血管变异分型的研究

庄治国, 钱黎俊, 汪笔雄, 许建荣

【摘要】 目的:探讨活体肝移植术前多层螺旋 CT 血管成像对潜在供肝血管系统评估的临床运用及价值。**方法:**对连续 108 例潜在右半肝供体行 3 期 CT 增强扫描(动脉期、门静脉期和肝静脉期)。根据所有原始图像和重组图像进行供肝的血管变异分型,肝动脉、门静脉以及肝静脉系统分别进行 Michels 分型、Akgul 分型及 Nakamura 分型。对其中 45 例行右半肝切除的供体的肝血管变异分型与术中发现进行比较。**结果:**108 例潜在供体的肝动脉、门静脉和肝静脉系统在 MSCT 上均显示清晰。根据肝动脉 Michels 分型,Ⅰ型有 64 例(59.3%),Ⅱ型 9 例(8.3%),Ⅲ型 13 例(12.0%),Ⅳ型 4 例(3.7%),Ⅴ型 11 例(10.2%),Ⅵ型 3 例(2.8%),Ⅶ型和Ⅷ型各 2 例(1.9%)。根据门静脉 Akgul 分型,A 型有 87 例(80.6%),B 型有 15 例(13.9%),C 型 4 例(3.7%),E 型 3 例(2.8%)。根据肝静脉 Nakamura 分型,Ⅰ型有 73 例(67.6%),Ⅱ型 24 例(22.2%),Ⅲ型 11 例(10.2%)。45 例进行手术的供体的术前 CT 血管分型结果与术中发现一致。**结论:**多层螺旋 CT 血管成像可良好地显示潜在供肝的血管系统,对活体肝移植术具有重要的临床应用价值。

【关键词】 活体肝移植; 体层摄影术, X 线计算机; 血管成像; 分型

【中图分类号】 R814.42; R622.9 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2009)07-0750-05

Multi-slice CT Angiography in the Classification of Hepatic Vessel Variations in Right Hepatic Lobe Donor in Vivo for Liver Transplantation ZHUANG Zhi-guo, QIAN Li-jun, WANG Bi-xiong, et al. Department of Radiology, Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, P. R. China

【Abstract】 Objective: To discuss the clinical application and its value of multi-row detector CT angiography (MDC-TA) in the evaluation of hepatic vessel anatomy of potential liver donors in vivo for liver transplantation (LDLT). **Methods:** One hundred and eight consecutive potential right lobe donors in vivo underwent tri-phasic CT angiography (arterial, portal, and hepatic venous phases). All source and reconstructed images were evaluated for hepatic vasculature anatomy. The anatomic variations of arterial system, portal venous system, and hepatic veins were classified according to Michels system, Akgul system and Nakamura system respectively. In 45 donors with right hepatic hemi-lobectomy, the CT and surgery findings were compared. **Results:** Hepatic arteries and veins, portal veins in all 108 potential donors were revealed clearly on MDCTA. According to the Michels classification for hepatic artery, there were type I (n=64, 59.3%); type II (n=9, 8.3%); type III (n=13, 12.0%); type IV (n=4, 3.7%); type V (n=11, 10.2%); type VI (n=3, 2.8%); type VII (n=2, 1.9%); and type VIII (n=2, 1.9%). According to the Akgul classification for portal vein, there were type A (n=87, 80.6%); type B (n=15, 13.9%); type C (n=4, 3.7%); and type E (n=3, 2.8%). According to the Nakamura classification for hepatic vein, there were type 1 (n=73, 67.6%); type 2 (n=24, 22.2%) and type 3 (n=11, 10.2%). CT angiography findings were in accordance with the surgery in all 45 donors. **Conclusion:** MDCTA can successfully show the hepatic vascular anatomy in potential liver donors in vivo, which plays an important role in the clinical application of LDLT.

【Key words】 Living donor liver transplantation; Tomography, X-ray computed; Angiography; Typing

活体肝移植(living donor liver transplantation, LDLT)早期主要应用于终末期肝病患儿的治疗,现已广泛应用于成人。与小儿 LDLT 主要使用左叶供肝不同,成人活体肝移植主要使用右半叶供肝,其技术难度成倍增加^[1]。成人活体肝移植术前准确、详细地了解供肝的血管解剖结构(包括肝动脉、门静脉和肝静

脉),对于供体的安全性以及移植肝的血管重建具有重要意义^[2]。多层螺旋 CT 血管成像技术能清晰显示肝动脉、门静脉及肝静脉解剖情况,故本研究对成人右叶 LDLT 中的 108 例潜在活体右半叶供肝术前行多层螺旋 CT 3 期增强扫描,对肝脏 3 套血管系统分别行多平面重组(multiplanar reformation, MPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)和容积再现(volume rendering, VR),并进行血管变异的分型,旨在探讨多层螺旋 CT 血管成像在成人右叶 LDLT 术前供体评估中的临床运用价值。

作者单位: 200127 上海交通大学医学院附属仁济医院放射科

作者简介: 庄治国(1978-),男,上海人,住院医师,博士研究生,主要从事腹部影像学诊断和研究工作。

通讯作者: 许建荣, E-mail: jianrongxu@163.com

基金项目: 上海市重点学科建设项目(S30203);上海交通大学医学院重点学科第三期资助项目

材料与方法

1. 临床资料

2007 年 2 月~11 月对连续 108 例潜在活体右半叶供肝患者行多层螺旋 CT 平扫和三期增强扫描,包括动脉期、门静脉期和肝静脉期。其中男 70 例,女 38 例,年龄 18~55 岁,平均 30.2 岁,其中 45 例在 CT 检查后在我院行成人右叶 LDLT,CT 检查前,所有潜在的供体均已完成实验室检查并符合供肝条件。

2. 检查方法

采用 GE BrightSpeed 16 层螺旋 CT 机,成像参数:120 kV,140~250 mAs,层厚 16i×1.25 mm,螺距 1.375,旋转时间 1.25 r/s。

CT 扫描方法:分别行平扫及 3 期增强扫描。平扫定位后,使用高压注射器以 4.0~5.0 ml/s 的流率自手背静脉注入非离子型对比剂碘必乐(300 mg I/ml),剂量 2 ml/kg。确定采用 Bolus tracking 技术(Smart-Prep 软件)动脉期扫描延迟时间,选择肝门平面腹主动脉作为触发区,当触发区 CT 值 ≥ 100 HU 开始启动扫描,门静脉期延迟 50~60 s,肝静脉期延迟时间为 70s 左右。

图像后处理方法:将三期增强扫描的原始扫描数据以 1.25 mm 层厚、1.25 mm 间距进行标准重建,并传至独立的 ADW 4.3 工作站进行 MPR、MIP 和 VR 图像重组,重组中用自动或人工方法去掉肋骨和脊柱等影响血管观察的部分。根据原始横轴面图像和重组图像,由 2 位经验丰富的放射科腹部专业医师及 1 名肝移植专业外科医师共同对潜在供体的肝血管进行分型,并通过协商达成一致意见。

3. 肝血管变异分型方法

评估肝左、肝右动脉的起源和有无副肝动脉存在,对肝动脉系统进行 Michels 分型^[3],分型标准:I 型即正常型,肝总动脉起自腹腔干,并发出胃十二指肠动脉和肝固有动脉,后者又分出肝左、右动脉,肝右动脉再分出前后两支;II 型为替代肝左动脉起自胃左动脉;III 型,替代肝右动脉起自肠系膜上动脉;IV 型为 II 型和 III 型变异共存;V 型,副肝左动脉起自胃左动脉;VI 型,副肝右动脉起自肠系膜上动脉;VII 型,非曲直 V 型和 VI 变异共存;VIII 型为 III 型和 V 型变异共存或 II 型和 VI 型变异共存;IX 型,肝总动脉起自肠系膜上动脉;X 型,肝总动脉起自胃左动脉。

分析门静脉主干及左右支走行情况,对门静脉系统进行 Akgul 分型^[4],分型标准:A 为正常型,门脉主干在肝门处分为左支和右支,右支再分为右前支和右

后支;B 型,门脉主干在肝门处呈三叉状直接分为左支、右前支和右后支;C 型,门脉右前支起自肝左叶内的门脉左支;D 型,门脉左支起自肝右叶内的门脉右前支;E 型,门脉右后支直接起自门脉主干。

根据右半肝静脉引流模式,对肝静脉系统进行 Nakamura 分型^[5],分型标准:I 型,肝右静脉粗大,引流肝外侧部和旁正中外侧部(V~VIII 肝段),肝中静脉引流旁正中腹侧或内侧(IV、V 和 VII 肝段);II 型,出现至少 1 支较粗大的肝右后下静脉引流肝脏外下部(VI 肝段),肝右静脉中等大小,引流剩余肝脏上外侧部(V、VII 和 VIII 肝段);III 型,肝中静脉粗大,引流肝旁正中部和外下部(IV、V 和 VII 肝段),肝右静脉细小,引流肝外上部(VII 肝段),右后下静脉粗大,引流肝外下部(VI 肝段)。

对其中 45 例行右半肝切除的供体(肝中静脉均保留给供体)的肝血管分型与术中发现进行比较。

结 果

108 例潜在供体的肝动脉、门静脉和肝静脉系统 CTA 图像均获得良好的图像质量,其解剖变异清晰显示,能满足术前评估及血管变异分型要求。45 例行 LDLT 手术的供体的术前 CT 血管变异分型结果与术中发现相一致,有效的指导了手术顺利进行。

根据肝动脉 Michels 分型,本组中 I 型(常见型)有 64 例(59.3%)(图 1a),II 型有 9 例(8.3%),III 型 13 例(12.0%)(图 1b),IV 型 4 例(3.7%),V 型 11 例(10.2%),VI 型 3 例(2.8%),VII 型(图 1c)和 IX 型各 2 例(1.9%),本组未发现 VIII 型和 X 型变异。根据门静脉 Akgul 分型,A 型(常见型)有 87 例(图 2a),占 80.6%,B 型 15 例(13.9%)(图 2b),C 型 4 例(3.7%),E 型 3 例(2.8%)(图 2c),本组未发现 D 型变异。根据肝静脉 Nakamura 分型,I 型(常见型)有 73 例(图 3a),占 67.6%,II 型有 24 例(图 3b),占 22.2%,III 型 11 例(图 3c),占 10.2%。

讨 论

1. 肝血管变异分型及临床意义

肝脏血管系统解剖复杂,变异发生率高,这大大增加了活体肝移植术前对供肝血管解剖情况进行精确评估的要求。外科医生在制定手术计划时,需要仔细考虑任何存在的血管变异因素,虽然大多数供肝的血管变异并非 LDLT 的绝对禁忌证,但它们的存在经常增加手术难度,延长手术时间,提高手术风险,甚至不得不要求医师改变手术方案,故术前详细了解供肝的血

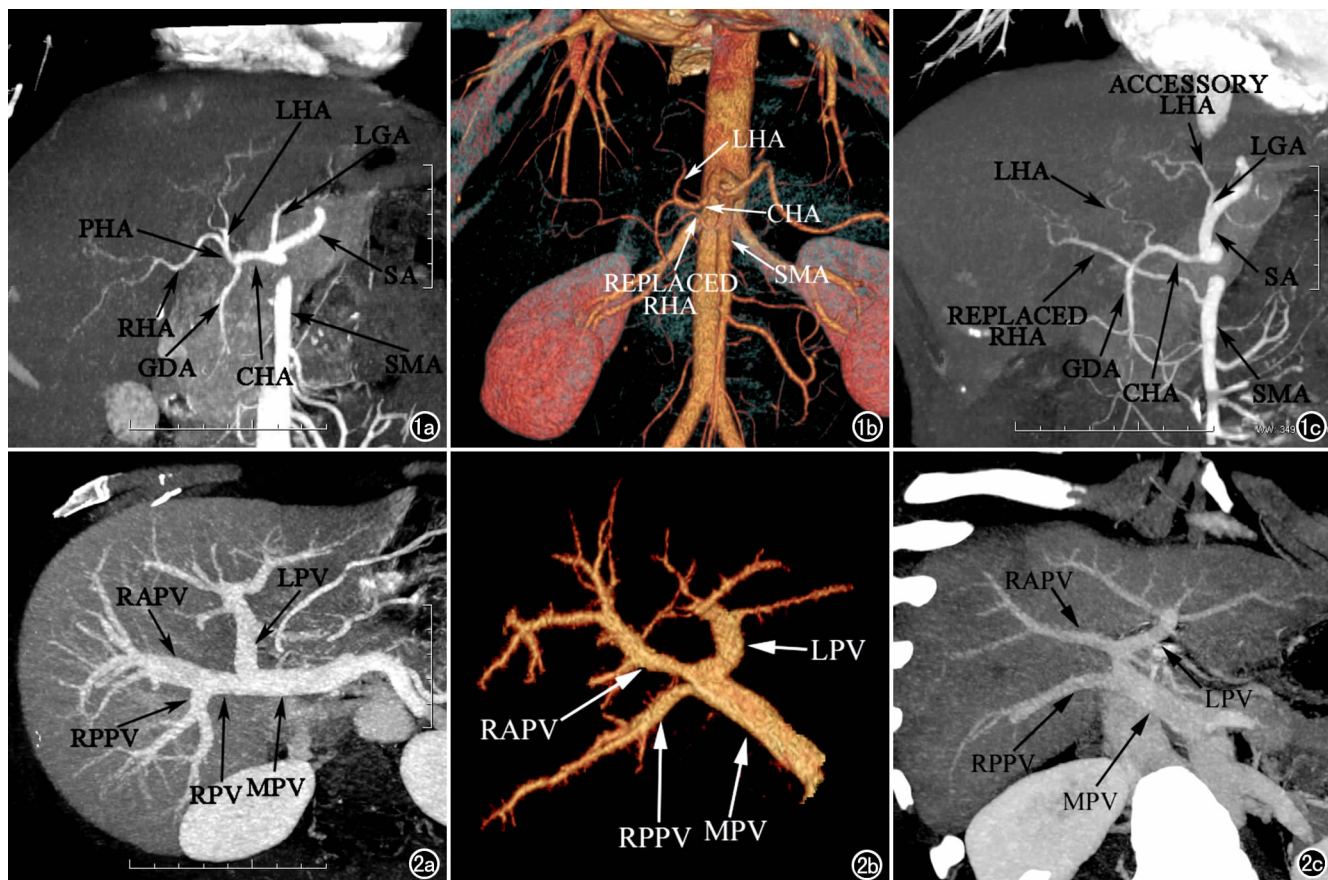


图 1 肝动脉 Michels 分型。a) I 型(常见型), MIP 重组图像显示肝总动脉(CHA)发自腹腔干,并分出胃十二指肠动脉(GDA)和肝固有动脉(PHA),后者再分出肝左和肝右动脉; b) III 型, VR 重组图像显示替代肝右动脉(RRHA)起自肠系膜上动脉(SMA); c) VIII 型, MIP 重组图像显示替代肝右动脉(RRHA)起自肠系膜上动脉(SMA),且副肝左动脉(ACHA)发自胃左动脉(LGA)。图 2 门静脉 Akgul 分型。a) A 型(常见型), MIP 重组图像显示门脉主干(MPV)在肝门处分为左、右两支,右支再分为右前支(RAPV)和右后支(RPPV); b) B 型, VR 重组图像显示门脉主干(MPV)直接分为左支(LPV)、右前支(RAPV)和右后支(RPPV),呈“三叉戟”状; c) E 型,在肝门处门脉右后支(RPPV)直接发自门脉主干(MPV),然后门脉主干再分为门脉右前支(RAPV)和左支(LPV)。

管情况对于安全进行手术非常必要。

关于肝动脉解剖变异分型,最经典的是 Michels 分型。据文献^[6,7]报道,肝动脉变异相当常见,变异率为 24%~49%,本研究结果显示肝动脉变异率亦高达 40.7%,而最常见的变异是 Michels III 型(12.0%),与 Michels^[3]报道的 11.0%接近。实际上,供体的任何已知的肝动脉变异都不是活体肝移植的绝对禁忌证,但是许多肝动脉变异会改变手术方式。例如,当供肝存在副肝右动脉时,右叶 LDLT 时通常需行两次动脉吻合,因为肝动脉被认为是终末动脉,除非存在肝内动脉吻合,否则肝的小动脉不得随意结扎。相反,供肝的某些动脉变异(比如 Michels III 型)则比较适合移植手术,因为一般来说替代肝右动脉比较长,使得外科医师进行动脉吻合时更加安全。

门静脉解剖变异并不少见,国外有学者^[8]报道,利

用多层螺旋 CT 检查技术发现门脉变异率达 34.5%,而本组变异率为 19.4%。供体的门脉变异主要影响右叶 LDLT, Akgul A 型被认为最适合进行右叶 LDLT,因为在这种情况下,供肝的门脉右支和受体的门脉主干间只需进行一次吻合。反之,当供肝门脉为 Akgul B 型或 E 型时,右半肝移植时,供肝切面上会存在两支门脉开口(右前支和右后支),这就需要外科医师行两次门脉血管吻合,增加了术后发生门静脉血栓的风险,如果需分别吻合的两个开口相互靠得较近,可以先将它们整形成一个开口再与受体门脉主干吻合,或分别与受体的门脉左右支进行吻合,如果两个开口靠得较远,有时就需要使用静脉移植植物,使得手术风险大大提高^[9]。当然, C 型(门脉右前支由门脉左支在肝实质内发出)或 D 型(门脉左支由门脉右前支在肝实质内发出)变异则被认为是右叶 LDLT 的禁忌证。

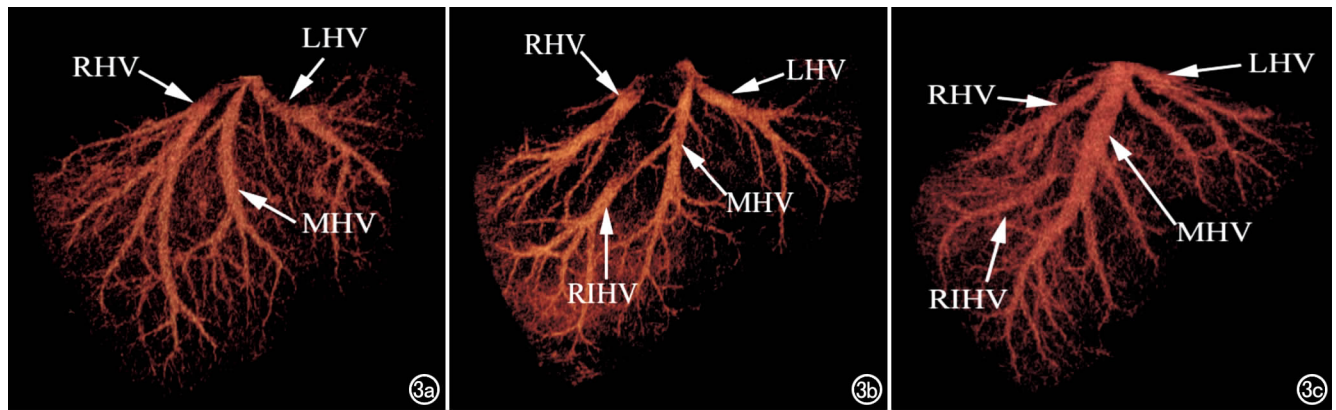


图3 VR重组图像清晰显示肝静脉的 Nakamura 分型。a) I 型, 肝右静脉(RHV)粗大, 引流肝外侧部和旁正中外侧部, 肝中静脉(MHV)引流肝旁正中腹侧或内侧; b) II 型, 出现至少一支较粗大的肝右后下静脉(RIHV)引流肝外下部, 肝右静脉(RHV)中等大小, 引流剩余肝脏上外侧部; c) III 型, 肝中静脉(MHV)粗大, 引流肝旁正中中部和外下部, 肝右静脉细小(RHV), 引流肝外上部, 右后下静脉(RIHV)粗大, 引流肝外下部。

肝静脉解剖变异对 LDLT 影响较大, 对于右叶 LDLT 来讲, 临床上常使用根据右半肝引流静脉发育情况不同而制定的 Nakamura 分型法, Nakamura I 型供体最适合行右叶 LDLT, 肝中静脉可保留在左半肝以确保供体安全, 手术相对安全简单, 处理移植肝的静脉回流时主要是确保受体肝右静脉回流通畅即可, 当供体为 Nakamura II 型时, 肝中静脉仍可保留给供体, 但除吻合肝右静脉外, 还应将较粗大的肝后下静脉与下腔静脉吻合, Nakamura III 型移植肝的静脉回流处理较困难, 除需吻合粗大的肝右后下静脉外, 已不可能让肝中静脉留在左半肝侧, 而需将肝右静脉和肝中静脉分别与下腔静脉吻合, 或将肝中静脉、肝右静脉成形后, 再与下腔静脉吻合, 但此时也增加了供体残余肝脏淤血的风险。在本组中, Nakamura III 型占有潜在供体的 10.2%, 与姜滨等^[10]报道的 10.7% 非常接近, 低于国外 Nakamura 等^[5]和 Schroeder 等^[11]报道的 24.1% 和 14.9%。另外, 国内有学者^[12]对 52 例肝脏铸型标本进行观察研究后发现, Nakamura III 型仅有 7.7%, 故提出中国人肝静脉的结构似乎更适合右叶 LDLT 的看法, 但笔者认为得出上述结论尚为时过早, 目前缺乏大样本的不同人种间的统计学研究分析。

2. 多层螺旋 CT 血管成像研究

多层螺旋 CT 扫描数据采集速度快, 减少了运动伪影, 大大提高了时间分辨率和 Z 轴空间分辨率, 可实现真正意义上的各向同性的数据采集, 加上其强大的计算机后处理功能, 更可方便、高质量的进行各种血管成像。本组所有 108 例潜在供体均顺利完成了 CTA 扫描, 图像清晰, 我们也准确地进行了血管变异分型, 其中 45 例接受手术供体的血管分型情况都得到

手术证实。

肝脏血管的显影受多种因素的影响, 包括对比剂的剂量、浓度、注射流率、延迟扫描的时间等, 几者之间互相关联。按照血流动力学的原理, 对比剂剂量越大, 浓度越高, 注射流率越快, 血管内对比剂浓度峰值越高, 达峰值时间也越早。在实际操作应用中, 对比剂浓度、注射流率和剂量相对固定, 易于掌握, 故扫描中对于扫描时间的选择尤为重要。肝动脉血管成像时, 一般采用 Bolus tracking 团注示踪技术或 Test bolus 小剂量团注试验法, 这样能准确监测到主动脉强化峰值时间并进行扫描, 有学者^[13]认为, Bolus tracking 技术既可节省扫描时间, 又能减少对对比剂用量、减少患者的辐射, 较 Test bolus 更有优越性。肝动脉强化峰值主要受对比剂注射流率的影响, 本研究采用的 4~5 ml/s 相对较高的注射流率, 能在短时间内使血管内对比剂达到较高浓度, 有利于清晰显示血管, 不会遗漏细小变异。关于门脉期和肝静脉期扫描延迟时间的确定, 由于国内外各项研究存在扫描速度、对比剂注射流率、对比剂浓度、剂量和个体因素等方面的差异, 尚没有统一标准, 本组研究对象均为正常供体, 可能影响肝脏强化的生理因素相对较少, 我们选 50~60 s 作为门脉期扫描延迟时间, 获得良好效果, 与严福华等^[14]报道的结果相似。肝静脉成像较肝动脉和门静脉都要困难, 肝静脉与门静脉强化峰值时间间隔较短, 部分重叠, Prokop^[15]报道以 4 ml/s 的注射流率注入对比剂 150 ml, 肝静脉强化的峰值时间为 55~70 s, 而门静脉的峰值时间为 50~65 s。另外, 肝静脉期肝脏组织本底的强化容易对肝静脉成像质量产生干扰和影响。本研究之前, 我们通过对大量病例的肝静脉显影情况进

行观察并测量其强化峰值时间,发现绝大多数肝静脉的强化峰值时间较门静脉稍晚,在延迟 60~70 s 时能够达到肝静脉最佳显影,而此时,门静脉也能显示,更有利于对肝静脉引流情况进行分段。对于肝静脉成像,对比剂的剂量非常重要,Kawasaki 等^[16]的研究认为,无法通过加快对比剂注射流率的方法来弥补由于剂量不足所造成的门静脉和肝静脉强化不佳。本组对比剂使用总剂量为 2.0 ml/kg,处于推荐使用安全剂量范围内,未发生任何不良反应,亦顺利完成肝静脉的显影。

本组研究者在分析血管时,同时观察薄层横轴面图像和 VR、MIP 及 MPR 重组图像,几者相互配合。我们认为,薄层横轴面图像、VR、MIP 和 MPR 图像具有各自优势:VR 图像立体感最强,通过旋转观察各分支走行情况,避免重叠;MIP 图像显示血管远端分支更清晰,多角度的 MPR 图像可显示细小血管的走行,而对薄层轴位图像的连续观察,可对某些有争议血管走行情况进行更为细致的观察。在实际应用中,为达到最准确的血管变异分型,上述所有图像缺一不可。

当然,除了清晰的肝脏血管显像,观察者对于肝脏血管系统解剖变异的熟悉程度在血管评估与分型中也起重要作用。参与本研究的 3 位观察者,均在肝脏血管解剖方面具有多年的丰富经验,他们对 CT 血管变异的分型结果也得到了手术的证实。

总之,利用多层螺旋 CT 血管成像技术对潜在供肝血管系统的详尽评估在 LDLT 术前具有重要临床价值。我国 LDLT 尚处起步阶段,对潜在供肝的评估还缺乏规范,多层螺旋 CT 血管成像可被视为常规之一,帮助外科医生合理选择供体,并制定安全周密的手术方案,减少手术并发症,推动 LDLT 大力发展。

参考文献:

- [1] 王学浩,李国强. 活体肝移植供体的安全性[J]. 中华肝胆外科杂志,2007,131(2):75-77.
- [2] 庄治国,许建荣. 影像检查在成人活体肝移植供术前评估中的

作用[J]. 中华放射学杂志,2008,42(5):552-554.

- [3] Michels NA. Newer Anatomy of the Liver and its Variant Blood Supply and Collateral Circulation[J]. Am J Surg,1966,112(3):337-347.
- [4] Akgul E, Inal M, Soyupak S, et al. Portal Venous Variations. Prevalence with Contrast-enhanced Helical CT[J]. Acta Radiol, 2002,43(3):315-319.
- [5] Nakamura S, Tsuzuki T. Surgical Anatomy of the Hepatic Veins and the Inferior Vena Cava[J]. Surg Gynecol Obstet, 1981, 152(1):43-50.
- [6] Lavelle MT, Lee VS, Rofsky NM, et al. Dynamic Contrast-enhanced Three-dimensional MR Imaging of Liver Parenchyma: Source Images and Angiographic Reconstructions to Define Hepatic Arterial Anatomy[J]. Radiology, 2001, 218(2):389-394.
- [7] Hiatt JR, Gabbay J, Busuttil RW. Surgical Anatomy of the Hepatic Arteries in 1000 Cases[J]. Ann Surg, 1994, 220(1):50-52.
- [8] Atasoy C, Ozyürek E. Prevalence and Types of Main and Right Portal Vein Branching Variations on MDCT[J]. AJR, 2006, 187(3):676-681.
- [9] Nakamura T, Tanaka K, Kiuchi T, et al. Anatomical Variations and Surgical Strategies in Right Lobe Living Donor Liver Transplantation: Lesions from 120 Cases[J]. Transplantation, 2002, 73(12):1896-1903.
- [10] 姜滨,张龙江,沈文,等. 多层螺旋 CT 血管成像在肝静脉解剖中的应用研究[J]. 临床放射学杂志,2007,26(7):683-687.
- [11] Schroeder T, Radtke A, Kuehl H, et al. Evaluation of Living Liver Donors with an All-inclusive 3D Multidetector Row CT Protocol[J]. Radiology, 2006, 238(3):900-910.
- [12] 刘静,李忠华,王兴海,等. 右叶部分肝移植肝静脉的临床应用解剖[J]. 中国临床解剖学杂志,2004,22(3):234-236.
- [13] 钱农,潘昌杰,倪新初,等. 多排 CT 三维血管成像在肝移植中的应用[J]. 世界华人消化杂志,2005,13(1):120-123.
- [14] 严福华,陈刚,周康荣. 螺旋 CT 肝脏检查中延迟时间的选择[J]. 临床放射学杂志,1998,17(6):339-341.
- [15] Prokop M. Multislice CT Angiography[J]. Eur J Radiol, 2000, 36(1):86-96.
- [16] Kawasaki S, Makuuchi M, Miyagawa S, et al. Extended Lateral Segmentectomy Using Intraoperative Ultrasound to Obtain a Partial Liver Graft[J]. Am J Surg, 1996, 171(2):286-288.

(收稿日期:2008-12-07 修回日期:2009-02-22)