

MSCT 血管成像在活体肝移植术前评估中的价值

沈文, 程悦, 杨静, 祁吉

【中图分类号】R814.42; R657.3 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2009)03-0241-06

活体肝移植(living donos liver transplantation, LDLT)是终末期肝病病人的重要治疗方法,该方法成功地解决了尸体肝移植肝源严重短缺的问题。然而,LDLT 手术比整肝移植更为复杂,技术上更具挑战性,一方面要保证切除的肝组织在受体体内存活,另一方面还要保证供体体内的残肝能满足其正常的代谢需求。要达到上述目的,LDLT 手术中移植物的切除必须以一种既能保证移植植物在受体内进行血管吻合又不损害残肝的方式进行^[1]。因此 LDLT 术前全面、准确地了解肝内外血管解剖结构及变异是非常重要的。本文主要探讨 MSCT 血管成像在评价 LDLT 肝血管解剖及变异中的价值,及各种血管变异对移植手术的影响。

影像技术及图像后处理

近年来,CT 扫描技术不断进步,多层螺旋 CT 的临床应用更是一次技术上的飞跃,其扫描速度比单层 CT 快 3~7 倍,同时可采用更薄的准直,大大改善了时间和空间分辨率^[2,3]。

MSCT 的连续多期容积扫描与对比剂团注技术和先进的计算机软件相结合,可进行各向同性的二维及三维图像重组,获得类似于血管造影的图像^[4-7]。同时,MSCT 不仅可提供关于肝血管解剖及变异的重要信息,还可以发现肝实质的改变以及测算肝体积,目前已经成为肝移植术前供体及受体检查的重要手段。

本组研究中 MSCT 血管成像的检查设备为 GE Lightspeed QX/i 16 层螺旋 CT 机,扫描参数:120 kV,260 mA,螺距 1.375,扫描层厚 5 mm,管球旋转速度 0.8 s/r,视野 36 cm×36 cm,矩阵 512×512,标准重建算法。检查前 30 min 口服阴性对比剂(水)500~800 ml,常规仰卧位扫描,扫描范围为膈顶至肾下极水平。高压注射器经肘前静脉注入非离子型对比剂欧乃派克(350 mg I/ml),剂量 1.5 ml/kg,注射速率 3 ml/s,动脉期延迟时间 18~20 s,门脉期 40~45 s,肝静脉期 60~70 s,各期扫描时间约为 7 s。

将 MSCT 扫描得到的原始数据采用 2.5 mm 层厚、1.25 mm

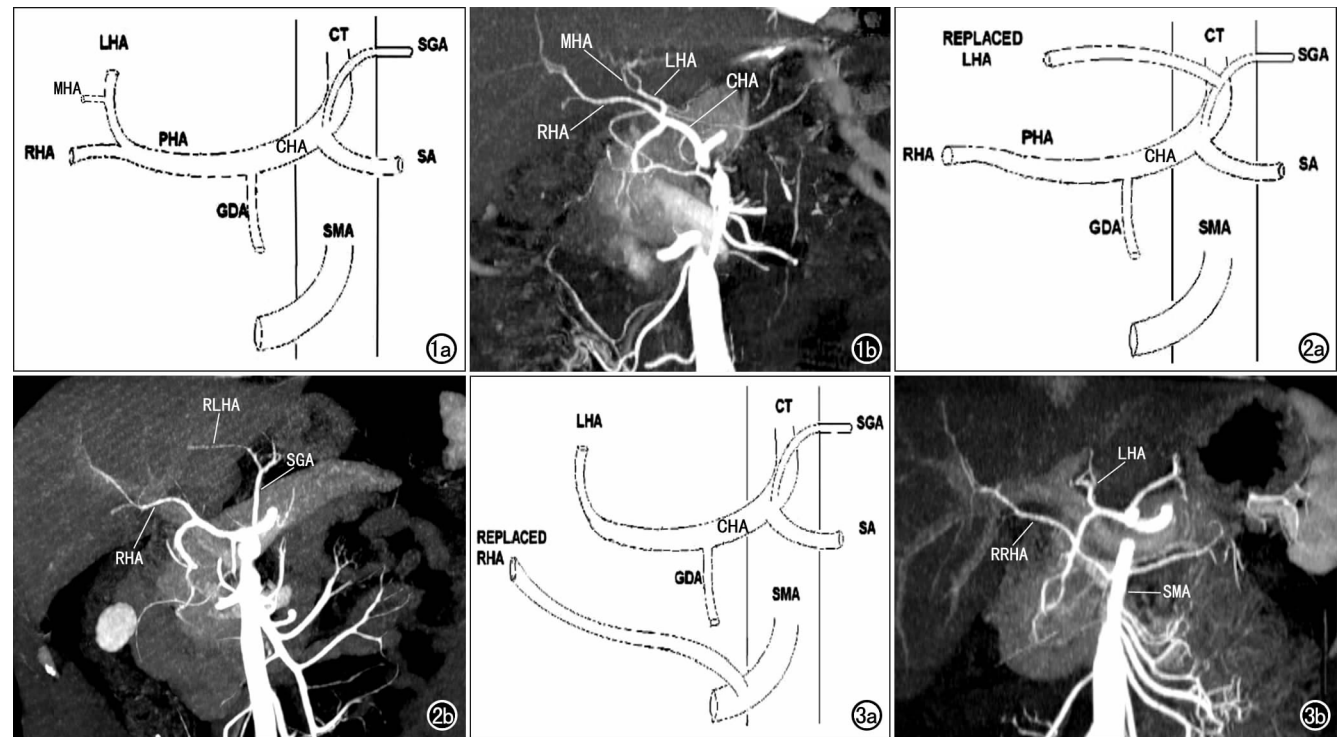


图 1 Michel I 型肝动脉。a) 肝门处血管分支示意图示肝固有动脉(PHA)在近肝门处分为肝左动脉(LHA)和肝右动脉(RHA),肝中动脉(MHA)起自肝左动脉。GDA:胃十二指肠动脉;CHA:肝总动脉;SA:脾动脉;SGA:胃左动脉;CT:腹腔干;b) CTA 示肝中动脉起自肝左动脉。图 2 Michel II 型肝动脉,替代肝左动脉(RLHA)起自胃左动脉(SGA)。a) 线条图;b) CTA 图。图 3 Michel III 型,替代肝右动脉(RRHA)起自肠系膜上动脉(SMA)。a) 线条图;b) CTA 图。

作者单位:300192 天津,天津市第一中心医院放射科

作者简介:沈文(1966—),女,天津人,博士,主任医师,主要从事腹部影像诊断工作。

间距进行重建,然后输入到工作站,运用最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积再现(volume rendering, VR)和多平面重组(multiplanar reformation, MPR)等多种后处理方法进行图像重组。薄层图像连续观察有助于确定血管的分支点以及它们与肝切面的关系,重组图像有助于复杂解剖关系的理解,所采用的图像后处理方法各具特点。MPR 图像是在冠状、矢状及横断面图像上任意曲线所截得的图像,多个平面、多角度地连续观察血管的走行及分布,随意产生新的体层影像,超越横断面影像的局限性。肝静脉在横断面图像上显示最佳,可以通过肝中静脉(middle hepatic vein, MHV)确定肝切面的位置。门静脉在冠状面图像上显示得最好,门静脉的重要分支均可得到很好地显示。MIP 技术选择每条射线上密度最大的体素进行影像重组,以灰阶形式显示。可以沿某一轴任意旋转、多角度观察,图像直观、立体感强,并可测量肝动脉以及下副静脉的管径。VR 方法是沿一投射射线通过容积数据对所有像素总合的影像显示,图像质量高、立体感真实。但若血管显影纤细,会对确定吻合和回流方式造成影响,因此不适于定量测量。

肝血管的正常解剖及变异

1. 肝动脉

最典型的肝动脉解剖为肝总动脉由腹腔干发出,分为胃十二指肠动脉和肝固有动脉,肝固有动脉在近肝门处分为肝左动脉和肝右动脉,肝中动脉通常起自肝左动脉(图 1)。肝左动脉

分布于Ⅱ、Ⅲ段,肝中动脉分布于Ⅳ段,肝右动脉分布于Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ和Ⅷ段。

据报道^[8]具有上述典型解剖的人仅约占 55%,很大一部分人存在肝动脉的解剖变异。目前应用较多肝动脉分型方法为 Michel 分型,其将肝动脉的解剖及变异分为 10 型:Ⅰ型为正常解剖,Ⅱ型为替代肝左动脉起自胃左动脉(图 2),Ⅲ型为替代肝右动脉起自肠系膜上动脉(图 3),Ⅳ型为替代肝左动脉及替代肝右动脉同时存在(图 4),Ⅴ型为副肝左动脉起自胃左动脉(图 5),Ⅵ型为副肝右动脉起自肠系膜上动脉(图 6),Ⅶ型为副肝左动脉及副肝右动脉同时存在(图 7),Ⅷ型为同时存在替代肝左动脉及副肝右动脉或者替代肝右动脉及副肝左动脉(图 8),Ⅸ型为肝总动脉起自肠系膜上动脉(图 9),Ⅹ型为肝总动脉起自胃左动脉(图 10)。除了上述肝动脉的解剖变异,在目前应用最多的右半肝移植中供应Ⅳ段支的动脉即肝中动脉起源也很重要。

2. 门静脉

门静脉的正常解剖为门静脉主干在肝门处分为左支和右支,随后右支分为右前支和右后支。门静脉的变异主要发生于右支^[9],可分为 5 型^[10](图 11):A 型为上述的正常解剖;B 型为门静脉主干直接分出 3 个分支,即门静脉左支、门静脉右前支和门静脉右后支;C 型为门静脉右后支起自门静脉左支主干;D 型为门静脉右前支起自门静脉左支;E 型为缺乏门静脉左支,门静脉主干在进入肝实质分出肝右叶的分支后,再转向左侧、跨过脐裂,在肝实质内作为门静脉左支向左半肝供血。除此之

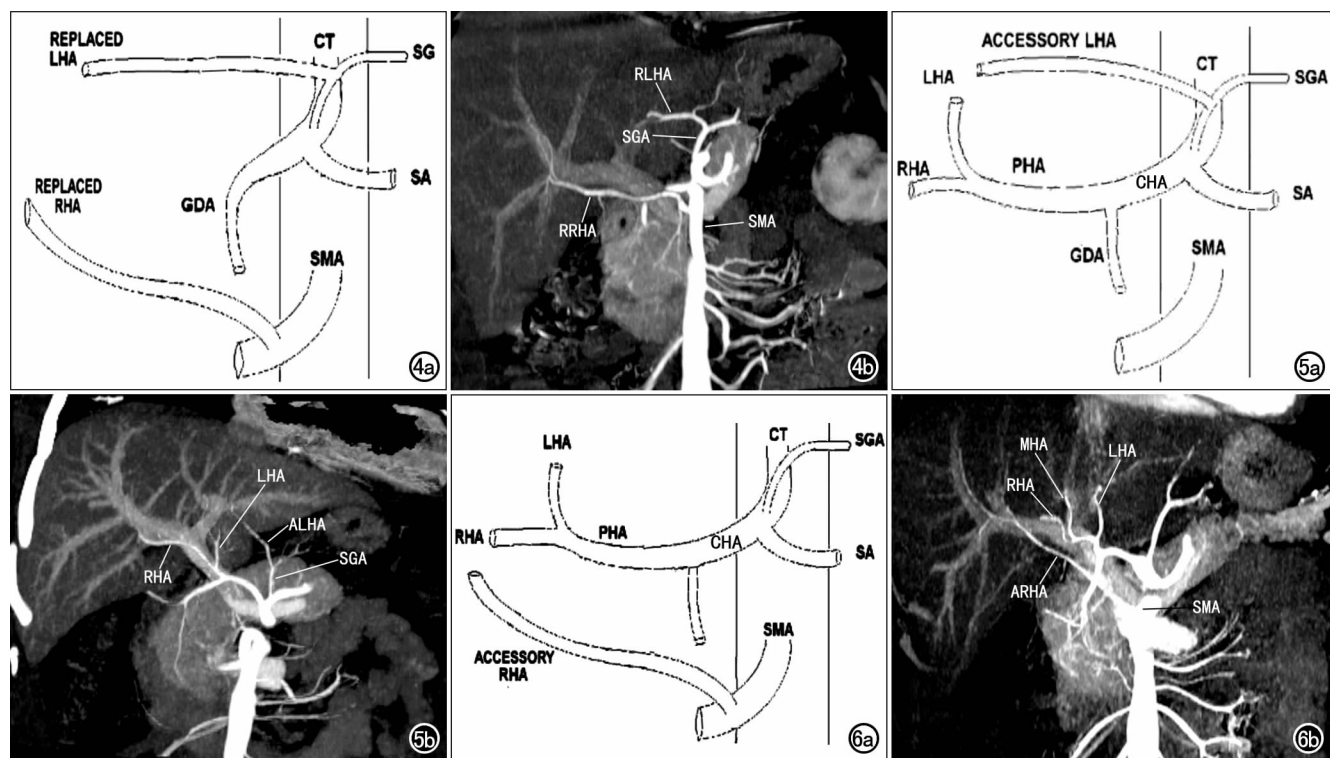


图 4 Michel IV 型,同时存在替代肝左动脉(RLHA)及替代肝右动脉(RRHA)。a) 线条图; b) CTA 图。图 5 Michel V 型,副肝左动脉(ALHA)起自胃左动脉(SGA)。a) 线条图; b) CTA 图。图 6 Michel VI 型,副肝右动脉(ARHA)起自肠系膜上动脉(SMA)。a) 线条图; b) CTA 图。

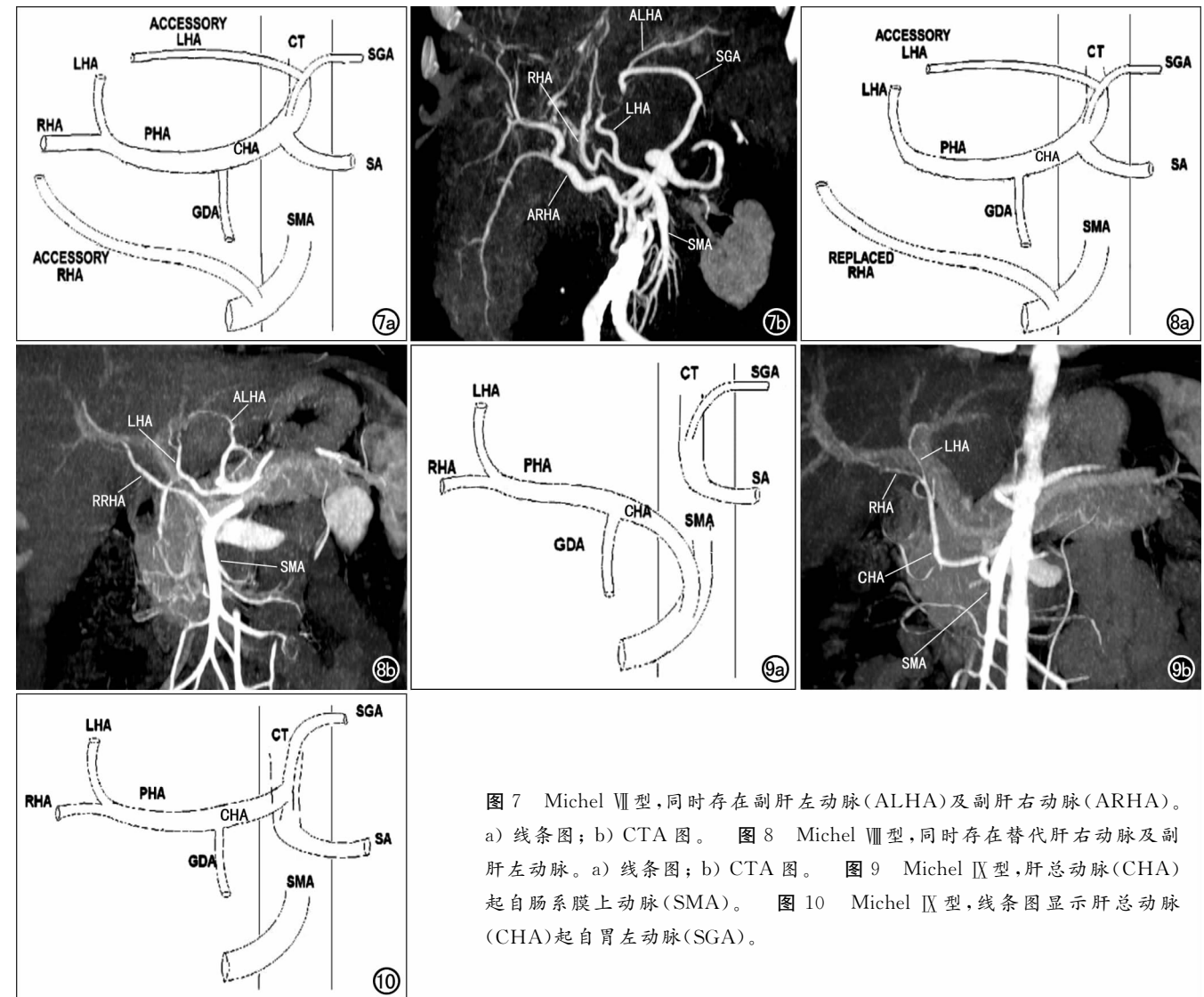


图 7 Michel VII 型,同时存在副肝左动脉(ALHA)及副肝右动脉(ARHA)。a) 线条图; b) CTA 图。图 8 Michel VIII 型,同时存在替代肝右动脉及副肝左动脉。a) 线条图; b) CTA 图。图 9 Michel IX 型,肝总动脉(CHA)起自肠系膜上动脉(SMA)。图 10 Michel IX 型,线条图显示肝总动脉(CHA)起自胃左动脉(SGA)。

外,在右半肝移植中,IV 段支门静脉的起源也很重要,大多数情况下 IV 段支起自门静脉左支,与肝中静脉一样,其变异也具有重要意义。

3. 肝静脉

典型的肝静脉解剖为 3 支主要的肝静脉分支流入下腔静脉。肝左静脉引流 II、III 肝段,肝中静脉引流 IV、V、VIII 肝段,肝右静脉引流 V~VIII 肝段。约有 60% 的人肝左静脉和肝中静脉形成共干后汇入下腔静脉^[11,12](图 12)。

外科考虑的因素

在成人活体肝移植中,肝切面通常选择在肝中静脉右侧 1 cm,胆囊窝与下腔静脉的连线^[13]。在肝移植过程中,必须确保移植物和残肝的代谢活力,因此术前必须明确通过肝切面的主要血管,以避免两者产生缺血性及淤血性损伤。某些重要的血管变异可能导致手术方式的改变,甚至因为会产生不可逆的损伤而成为手术的禁忌症。

肝血管的术前评价

MSCT 对肝移植供体的正确评价可大大减少术后肝功能

衰竭的发生率。在供体选择中需要考虑的因素包括腹腔干和供血血管的直径,肝动脉系统的起源、分支类型及变异,门静脉的通畅性及分支类型等。血管结构的术前评价可提供肝内血管的“路图”,这对手术计划的制定、手术操作以及血管吻合都是非常重要的。

需要强调的一点是供体的评估虽然是个体化的,但不能与受体的评估相分离,需要综合考虑两者的情况才能决定两者之间是否适合进行 LDLT。而且并不是所有的肝血管变异对手术都具有同样重要的意义,某些变异的重要性还取决于其存在于供体还是受体。一些变异对供体有重要意义,通过评估残肝血管结构预测其再生的能力,从而提高供体的安全系数;而某些变异对受体有意义,正确的处理受体内血管结构可避免移植植物衰竭。

1. 肝动脉的术前评价

肝动脉的评估是肝移植术前血管评估中最重要的部分,尽管几乎所有的肝动脉变异都不是肝移植的禁忌证,但肝动脉的很多变异可能会引起手术方法的修正。

受体内对手术有影响的一个重要的肝动脉变异为异位起

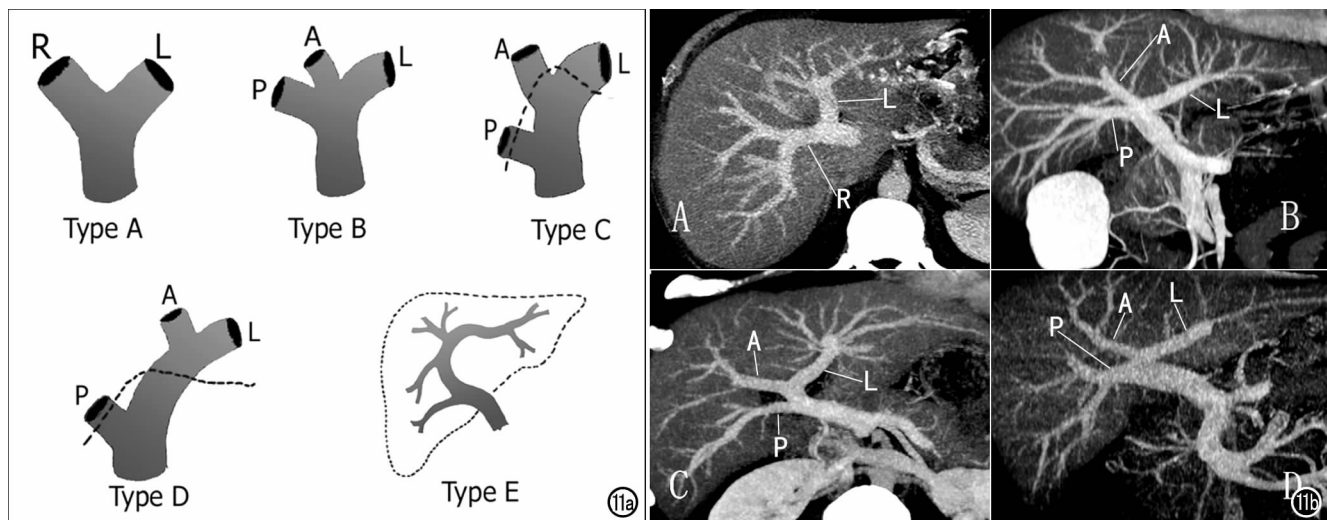


图 11 门静脉解剖分型示意图。a) 示意图；b) CTA 图像。R 为门静脉右支，L 为门静脉左支，A 为门静脉右前支，P 为门静脉右后支。

源的肝总动脉走行于门静脉后方(Michel IX 型)，这一变异改变了手术的血管吻合顺序，常规手术中先吻合门静脉再进行肝动脉的吻合，出现这一变异则需先吻合肝动脉^[14-16]。受体内另一个有意义的变异为替代或副肝左动脉，在病肝摘除过程中，这些血管需在起始部进行结扎；然而该变异如发生于供者则没有影响，因为受者的左半肝是留在体内的。受体内其它对手术有影响的变异包括引起肝动脉流入受阻的因素，例如腹腔干狭窄的受体存在移植物梗死和胆管并发症的风险，因此，某些腹腔干狭窄的病例需要进行血管的重建。对于因肝硬化进行移植的患者，术中发现脾动脉瘤也很重要，因为如有这种情况的存在，术中需进行手术干预以避免移植术后动脉瘤破裂。

供体中最有意义的肝动脉变异为 IV 段支动脉即肝中动脉

的变异。右半肝移植中，IV 段肝组织约占供体残肝的 40%，该段血供的充足对于预防移植术后供体残肝衰竭具有重要意义。肝中动脉最常见的变异为起源于肝右动脉(图 13)，大约见于 11% 的人群。由于该动脉走行于肝切除面内，如果术前没有意识到这种变异，术中直接在肝右动脉的起始部进行血管夹闭，IV 段肝组织就会发生缺血。为避免这种情况，在右半肝移植切除中，应在肝右动脉分出肝中动脉以远的部位进行血管夹闭^[17,18]，术前测量肝右动脉起始部与肝中动脉发出部的距离可方便术中操作(图 14)。在左半肝移植中，如果肝中动脉起源于肝右动脉或肝固有动脉，肝左动脉和肝中动脉均需与受体血管进行吻合。较少见的情况下，肝中动脉分为 2 支，分别起自肝左动脉和肝右动脉，在右半肝切除中，很多外科医师都会决定

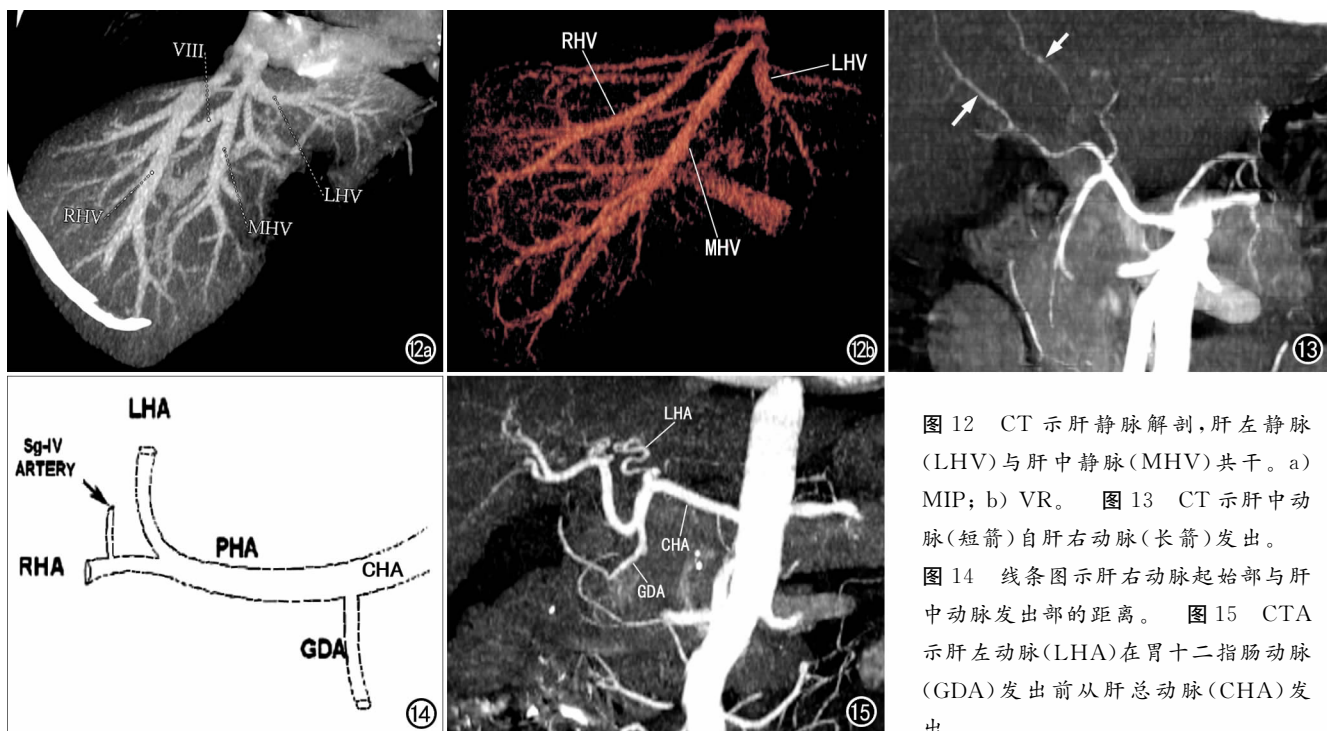


图 12 CT 示肝静脉解剖，肝左静脉(LHV)与肝中静脉(MHV)共干。a) MIP；b) VR。图 13 CT 示肝中动脉(短箭)自肝右动脉(长箭)发出。图 14 线条图示肝右动脉起始部与肝中动脉发出部的距离。图 15 CTA 示肝左动脉(LHA)在胃十二指肠动脉(GDA)发出前从肝总动脉(CHA)发出。

切除自肝右动脉的那支肝中动脉,有证据^[19]表明只有在肝左动脉分支供血的情况下IV段肝组织的功能不会受到影响。

供体中另一重要变异为肝右动脉或肝左动脉在胃十二指肠动脉发出前即从肝总动脉发出(图 15),因为肝总动脉的结扎或夹闭直接影响胃和十二指肠的血流灌注,存在这种变异的人不能作为供体。

对供体和受体均有影响的肝动脉变异为替代肝右动脉起自肠系膜上动脉(Michel III型),因为在右半肝切除和移植植物入的过程中都需要额外的操作。

还有一些肝动脉的变异利于移植手术,例如替代的肝右或肝左动脉有利于术中的血管吻合,因为这些血管通常比较长^[20]。

2. 门静脉的术前评价

门静脉变异相对较少,占有重要变异的 20%,但门静脉的某些变异是肝移植供体的禁忌证。

在供体及受体中,三分叉型门静脉即 B 型门静脉是很重要的变异。在这一变异中,门静脉主干直接分为 3 支:左支、右前支和右后支,没有门静脉右支主干,这种供体行肝右叶移植时给移植带来了一个问题,即不能准确定位门静脉分支的离断面,并且需要 2 次吻合门静脉,增加了术后门静脉血栓形成的危险性^[21],是肝移植手术的相对禁忌证。C 型门静脉变异也存在同样的问题。如不得不将存在这 2 型变异的人作为供体,手术过程中门静脉右前支和右后支之间的距离很有意义,如 2 个分支距离很近,可将 2 个门静脉开口整形成 1 个开口与受体的门静脉吻合,如距离较大可将门静脉 2 个开口分别与受体的门静脉左右支吻合,也可用 Y 形受体血管移植蒂将之成形,再以单一吻合口与受体下腔静脉吻合^[10](图 16)。D 型和 E 型变异无法进行血管吻合,是肝移植手术的绝对禁忌证。

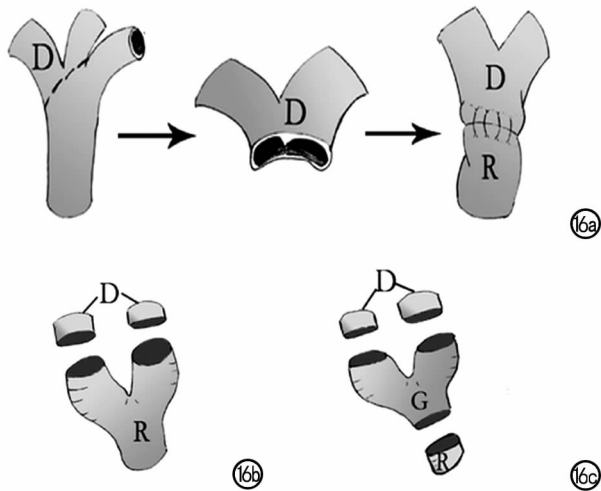


图 16 门静脉变异手术示意图。a) 将供体(D)的 2 支门静脉开口整合后以一个开口与受体(R)进行吻合,即门静脉成形术; b) 将供体(D)的 2 支静脉分别吻合到受体(R)门静脉的左右支; c) 使用 Y 形受体血管移植蒂(G)成形后进行。

门静脉中另一重要变异为供应IV段支起自于门静脉右支,

该变异较为少见,但却是肝移植手术的相对禁忌证。

3. 肝静脉的术前评价

活体肝移植能否成功的关键在于维持移植肝血供与回流之间的平衡。静脉淤血严重损伤移植植物,可能导致移植手术失败。因此,即使走形在切缘旁肝实质内的小的静脉分支,也需要予以保留或者进行血管重建。

在供体中肝中静脉的分支和汇合部位是最重要的,因为肝中静脉是肝切面的重要标记,有意义的肝静脉变异包括相对较大的 V、Ⅷ段分支汇入肝中静脉,这些沿肝切面走形的静脉如直径大于 5 mm,切除移植植物时不应将其切断,而应进行血管重建,否则将引起肝淤血、萎缩,甚至移植物的死亡。

在供体和受体中,最常见的肝静脉变异为下副静脉的出现(图 17)。下副静脉主要引流肝右后段(VI、Ⅶ段),直接注入下

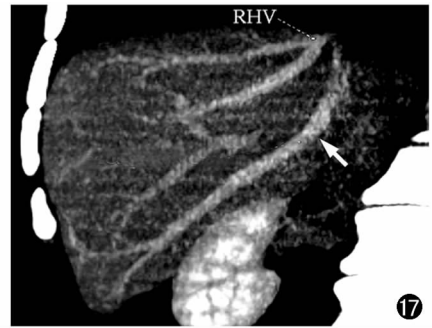


图 17 CT 示右肝副静脉(箭)引流肝右后段,不经肝右静脉(RHV)而直接汇入下腔静脉。

腔静脉,通常为 1 支,但也有出现多支下副静脉的情况^[22,23]。下副静脉的管径很重要,右半肝移植过程中,直径大于 5 mm 的静脉必须予以处理,以避免产生出血性及淤血性并发症^[24]。同时,肝右静脉(汇入下腔静脉处)到下副静脉(汇入下腔静脉处)的距离也很重要,如果该距离大于 40 mm,必须用 2 个血管夹分别夹闭才能比较顺利地完成任务。如果存在 2 支或 2 支以上的下副静脉,将会大大增加手术的难度和时间。左半肝移植时对手术有影响的肝静脉变异包括Ⅲ段肝静脉直接注入下腔静脉或者左外叶静脉汇入肝中静脉。

总之,MSCT 血管成像可在肝移植术前详细准确地提供关于肝内血管解剖及变异情况,这些信息在供体选择方面有重要影响,并可帮助临床医师在术前制定更安全的手术计划,降低术后并发症的发生。MSCT 在 LDLT 术前评价中具有重要意义。

参考文献:

- [1] Schroeder T, Radtke A, Kuehl H, et al. Evaluation of Living Liver Donors with an All-inclusive 3D Multi-detector Row CT Protocol [J]. Radiology, 2006, 238(3): 900-910.
- [2] Rydberg J, Buckwalter KA, Caldemeyer KS, et al. Multisection CT: Scanning Techniques and Clinical Applications [J]. Radiographics, 2000, 20(6): 1787-1806.
- [3] Klinglenbeck-Regn K, Schaller S, Flohr T, et al. Subsecond Multislice Computed Tomography: Basics and Applications [J]. Eur J

- Radiol, 1999, 31(2): 110-124.
- [4] Prokop M. Multislice CT Angiography[J]. Eur J Radiol, 2000, 36(2): 86-96.
 - [5] Taguchi K, Anno H. High Temporal Resolution for Multislice Helical Computed Tomography[J]. Med Phys, 2000, 27(5): 861-872.
 - [6] Chan JK, Tso WK, Lo CM, et al. Preoperative Evaluation of Potential Living Donors for Liver Transplantation; the Role of Helical Computed Tomography Angiography [J]. Transplant, 1998, 30(7): 3197-3198.
 - [7] Pannu HK, Maley WR, Fishman EK. Liver Transplantation; Preoperative CT Evaluation[J]. RadioGraphics, 2001, 21(Suppl 1): S133-S146.
 - [8] Winter TC, Nghiem HV, Freeny PC, et al. Hepatic Arterial Anatomy; Demonstration of Normal Supply and Vascular Variants with Three-dimensional CT Angiography[J]. RadioGraphics, 1995, 15(4): 771-780.
 - [9] Deshpande RR, Heaton ND, Rela M. Surgical Anatomy of Segmental Liver Transplantation[J]. Br Surg, 2002, 89(9): 1078-1088.
 - [10] Ana AT, Jaime FC, Inmaculada P, et al. Multidetector CT in the Evaluation of Potential Living Donors for Liver Transplantation [J]. RadioGraphics, 2005, 25(4): 1017-1030.
 - [11] Soyer P, Heath D, Bluemke DA, et al. Three-dimensional Helical CT of Intrahepatic Venous Structures; Comparison of Three Rendering Techniques[J]. J Comput Assist Tomogr, 1996, 20(1): 122-127.
 - [12] Lerut JP, Mazza D, Van Leeuw V, et al. Adult Liver Transplantation and Abnormalities of Splanchnic Veins; Experience in 53 Patients[J]. Transpl Int, 1997, 10(2): 125-132.
 - [13] Sahani D, Saini S, Nichols S, et al. Using Multidetector CT for Preoperative Vascular Evaluation of Liver Neoplasms; Technique and Results[J]. AJR, 2002, 179(1): 53-59.
 - [14] Pomfret EA, Pomposelli JJ, Lewis WD, et al. Live Donor Adult Liver Transplantation Using Right Lobe Grafts; Donor Evaluation Outcome[J]. Arch Surg, 2001, 136(1): 425-433.
 - [15] Fan ST, Lo CM, Liu CL. Technical Refinement in Adult-to-adult Living Donor Liver Transplantation Using Right Lobe Graft[J]. Ann Surg, 2000, 231(1): 126-131.
 - [16] Marcos A, Ham JM, Fisher RA, et al. Surgical Management of Anatomical Variations of the Right Lobe in Living Donor Liver Transplantation[J]. Ann Surg, 2000, 231(6): 824-831.
 - [17] Muiesan P, Vergani D, Mieli-Vergani G. Liver Transplantation in Children[J]. J Hepatol, 2007, 46(2): 340-348.
 - [18] Marcos A, Fisher RA, Ham JM, et al. Selection and Outcome of Living Donors for Adult to Adult Right Lobe Transplantation [J]. Transplantation, 2000, 69(11): 2410-2415.
 - [19] Michael JG, Jonathan BK, Jacob S, et al. Multi-Detector Row CT of Relevant Vascular Anatomy of the Surgical Plane in Split-Liver Transplantation[J]. Radiology, 2003, 229(2): 401-407.
 - [20] Nakamura T, Tanaka K, Kiuchi T, et al. Anatomical Variations and Surgical Strategies in Right Lobe Living Donor Liver Transplantation; Lessons from 120 Cases[J]. Transplantation, 2002, 73(12): 1896-1903.
 - [21] Kamel IR, Kruskal JB, Pomfret EA, et al. Impa CT of Multidetector CT on Donor Selection and Surgical Planning before Living Adult Right Lobe Liver Transplantation[J]. AJR, 2001, 176(1): 193-200.
 - [22] Soyer P, Heath D, Bluemke DA, et al. Three-dimensional Helical CT of Intrahepatic Venous Structures; Comparison of Three Rendering Techniques[J]. J Comput Assist Tomogr, 1996, 20(1): 122-127.
 - [23] Lerut JP, Mazza D, Van Leeuw V, et al. Adult Liver Transplantation and Abnormalities of Splanchnic Veins; Experience in 53 Patients[J]. Transpl Int, 1997, 10(2): 125-132.
 - [24] Dushyant S, Aparna M, Michael B, et al. Preoperative Hepatic Vascular Evaluation with CT and MR Angiography; Implications for Surgery[J]. RadioGraphics, 2004, 24(5): 1367-1380.

(收稿日期: 2008-08-19)

新三峡 新实践 “放射学实践高峰论坛”8 月起航

《放射学实践》主办的第八届全国放射学术会议——“放射学实践高峰论坛”拟定于 2009 年 8 月中旬在长江三峡豪华游轮举办。

届时邀请全国知名专家作专题报告, 颁发 2008 年“实践杯”优秀论文奖, 举行《放射学实践》再次入选核心期刊发布会, 同时召开第六届编委会。

高峰论坛具体事宜请进一步关注本刊下一轮通知。有意向参会的代表请致电: 027—83662875 027—62961058 联系人: 明桥