

影像检查在成人活体肝移植供肝术前评估中的作用

庄治国 许建荣

目前,肝移植已成为治疗急、慢性终末期肝病的有效手段,但是世界性的供肝短缺问题也随之而来,肝移植患者不得不面对术前等待供肝时间延长以及在等待过程中患者死亡率增加的残酷现实^[1]。近年来,活体肝移植(living donor liver transplantation, LDLT)的快速发展在一定程度上缓解了这一矛盾^[2],然而由于肝脏解剖和肝脏切除手术的复杂性,LDLT手术也给外科医师带来了更大的技术挑战^[3]。为增加手术的安全性,外科医师术前必须详细了解供肝的情况,包括肝动脉、门静脉和肝静脉的解剖,胆管系统的解剖,肝实质的大小、形状、脂肪浸润情况或其他偶发病变及全部或部分肝脏的体积。上述各环节均离不开影像检查的参与,故笔者就影像检查在成人活体供肝术前评估中的应用价值进行综述。

一、活体供肝体积的评估

成人 LDLT 主要切取供体右半肝,术前精确地测量肝脏总体积、拟移植肝和残余肝体积是必须程序,首先移植肝不能太小,必须保证移植肝重量/受体体重比 $> 1.0\%$ ^[4], Barr 等^[5]则提出,出于受体的安全性考虑,移植肝体积/受体体重比必须 $> 0.8\%$,当然,供肝本身也不能被切除太多, Fan 等^[6]的研究表明,供体需至少保留原来肝脏体积的 30%,并且要保证残余肝脏静脉引流通畅,才能满足正常的生理代谢需要,残余肝或移植肝体积不足均可能引起供、受体小肝体积综合征,甚至有时供者本身也需要行肝移植手术挽救生命。另一方面,移植肝也不能过大,若移植肝重量/受体体重比 $> 3.0\%$,也可能会导致移植肝灌注不良、受体手术时关腹困难和免疫损伤等危害^[7]。

虽然超声、CT、MRI 和核素功能显像等均可在活体上测量肝脏体积^[8-11],但国内外关于 CT 测量肝脏体积的研究报道最多,目前在临床上运用也最为广泛,其准确性得到了公认,甚至被认为是金标准。随着多层螺旋 CT 的快速发展,其时间和 Z 轴空间分辨率大大提高,在薄层的重组图像上,能够清楚显示各肝段的轮廓,从而能对各肝段体积进行准确的测量。早期 CT 测量肝脏体积常使用手动法,先手工在各层面上勾画出整肝或各肝段轮廓,用计算机测量出各层面积,再根据层厚和层间距进行叠加,即可算出全肝体积或相应的肝段体积^[12],但该法逐层手工描绘肝脏边界机械、繁琐,工作量极大。现一般采用半自动法或全自动法,主要是依赖计算机自动识别肝脏轮廓和利用肝脏与周围组织的 CT

值差异来计算体积,可大大减少工作量,且准确性、可重复性均较高,但需要专用的体积分析软件在工作站上进行后处理^[13]。Frericks 等^[9]报道使用根据不同肝段门静脉血供模型设计的 Hepa Vision 半自动体积分析软件,不仅可以准确测量各肝叶、段体积,还可以清晰显示肝脏血管系统。Nakayama 等^[14]报道,全自动法测量肝脏体积仅需 4 min 左右,与手术中测得的肝脏体积相比,有很好的相关性,而手动法则需 33 min 左右。Nadalin 等^[15]认为,影像检查测得的肝脏体积比术中实际测得的体积要大 10% 左右, Schroeder 等^[16]的研究表明,术前 CT 和 MRI 测得的拟移植肝体积与术中实际测得的移植肝体积比较,误差分别为 9% 和 12%。造成这些误差的因素众多,而最重要的原因可能是影像检查时,活体肝脏处于门静脉血和动脉血的灌注条件下,保持着一定的灌注压,而切除肝由于血供中断,导致肝脏灌注压降低,血液、胆汁等液体成分流失,肝脏支架结构塌陷,造成肝脏较体内状态下体积缩小、质量减轻。

二、活体供肝血管系统的评估

肝脏血管系统解剖复杂,变异发生率高,常影响 LDLT 的手术方式,有些变异甚至被认为是手术的绝对禁忌证,故术前详细了解供肝动脉、门静脉及肝静脉的情况对于安全进行手术非常重要。

肝动脉变异常见,1966 年,Michels 首先根据尸体解剖结果将肝动脉解剖分为 10 型,并发现变异发生率高达 45%^[17]。虽然供肝肝动脉变异并不是 LDLT 的绝对禁忌证,但某些变异的存在会改变手术方式^[18],如当供肝存在副肝右动脉时,右半肝移植时一般需行 2 次动脉吻合,延长了手术时间,增加了手术风险。门静脉变异也不少见,早年利用超声检查技术,Fraser-Hill 等^[19]仅发现 0.09% 的门静脉存在解剖变异,但随着近年来对门静脉解剖的深入研究, Atasoy 和 Ozyürek^[20]报道,利用多层螺旋 CT 检查技术发现门静脉变异率可高达 34.5%。门静脉的有些变异被视为手术禁忌证,如某些供肝缺乏门静脉左支,门静脉主干在进入肝实质后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为左半肝供血,对于此种变异,不适合行右半肝移植术^[21],故术前了解门静脉变异对手术方案的设计有非常重要的临床意义。对于右半肝移植常见的具有临床意义的肝静脉变异是存在肝右后下静脉,此静脉出现率可高达 68%^[22],有人甚至有 2 支或以上的肝右后下静脉。另外,汇入肝中静脉的 Ⅱ段和 Ⅲ段静脉的粗细亦影响供肝的选择和手术方式的制定。肝右静脉、肝右后下静脉以及肝中静脉(包括 Ⅱ段、Ⅲ段静脉)的粗细决定了右半肝移植时是否需

要重建静脉以及右半供肝是否需包括肝中静脉,一般认为,当肝右后下静脉、右半供肝切面上 段、 段静脉直径 >0.5 cm 时,肝移植时相应静脉需重建,而当供肝右肝静脉细小,有粗大的 段和 段静脉时,需行扩大右半供肝(即移植肝包括肝中静脉)或者放弃手术。当然,扩大右半供肝时,还应综合考虑肝左内叶(段)的静脉引流情况,以免术后引起肝 段淤血。

以上情况均可术前依靠影像学检查明确。DSA 检查是显示肝动脉起源、走行、分支等情况的标准方法,但随着多层螺旋 CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)和 MR 血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)的发展,CTA 和 MRA 等无创性检查技术现已广泛运用于供肝动脉解剖的观察,实践表明其准确性并不亚于 DSA^[23-24],并可运用多期扫描同时清晰显示门静脉及肝静脉系统。运用超声、CTA 和 MRA 等均可观察门静脉、肝静脉的解剖情况,但后两种检查更直观,准确。CTA 是目前成人 LDLT 术前显示供肝动脉、门静脉、肝静脉系统的首先检查,可靠性也得到一致公认^[25-26],而对对比剂增强 MRA 因其无电离辐射和不使用含碘对比剂以及同样出色的显示肝动脉、门静脉以及肝静脉系统的能力等优点拥有更加广阔的运用前景^[24]。最近韩国有学者采用时间分辨回波分享 MRA 技术(time resolved echo-shared angiographic technique, TREAT)对活体供肝进行血管评估,不仅能清晰显示门静脉解剖,且其肝动脉图像由于消除了静脉相污染而更加细致^[27]。

三、活体供肝胆管系统的评估

术中胆管造影被认为是对供肝胆管系统评估的金标准,Choi 等^[28]回顾性分析了 300 例活体供肝术中胆管造影结果后发现,肝内胆管变异率高达 37%,并将变异分为 7 型。供体胆管二级分支的变异可影响 LDLT 的手术方案和胆管重建方式,故术前即能明确胆管变异对于供体的手术安全性,成功的受体胆管重建极为重要。

经内镜逆行性胰胆管造影(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)显示胆管系统令人满意,但属有创伤性操作,且并发症及失败率较高,故在供体术前评估中很少使用。Itamoto 等^[29]的研究发现,术前静脉注射对比剂多层螺旋 CT 胆管成像能清晰显示胆管系统解剖,结合术中胆管造影,明显降低了供体胆道并发症。Wang 等^[30]发现,CT 胆管成像大多能精确显示二级胆管分支,96% (23/24) 的 CT 胆管成像结果与术中发现一致,其中 13 例二级分支变异仅有 1 例在 CT 上漏诊,只有 3 例(12%, 3/24)需要进一步术中胆管造影明确胆管情况,故 Wang 等^[30]认为,术前 CT 胆管成像能明显减少术中胆管造影的使用率,供肝术前行 CT 胆管成像后,未必需行常规术中胆道造影。当然 CT 胆管成像时对比剂反应发生率相对较高是其不容忽视的问题。近年来,MR 胆管成像(MR cholangiography, MRC)在供体胆道系统评估中的价值得到越来越多的肯定,Kim 等^[31]对 30 名成人 LDLT 供肝的前瞻性研究显示,以术中发现为标准, T₂* 加权 MRC 诊断胆管系统解剖的敏感度、特异

度、阳性预测值及阴性预测值分别为 92%、100%、100% 和 94%,所以术前 MRC 可以准确描绘出供肝“胆管树”的走行,指导手术顺利进行。Ayuso 等^[32]利用静脉注射肝细胞特异性对比剂锰二吡多醛二磷酸(Mn-DPDP)行增强 MRC,也清晰地显示了胆管解剖,对于准确制定手术计划和胆管吻合方案具有极高的临床价值。

四、活体供肝质量的评估

LDLT 术前评估供肝有无脂肪变性,特别是大泡型脂肪变,对于供者的正确选择非常关键,活体供肝重度大泡型脂肪变性($>60\%$)者移植术后发生原发性肝无功能的危险 $>60\%$;供肝中度大泡型脂肪变性(30% ~60%)也可能导致肝细胞再生障碍、移植肝功能不全和缺血性损害等,因此肝移植手术一般只接受大泡型脂肪变性 $<30\%$ 的供肝^[33]。术前穿刺活检是了解供肝脂肪变程度的金标准,但由于是侵袭性操作,不可避免的会带来一定的风险。Limanond 等^[33]利用非增强 CT 检查研究肝衰减指数(肝、脾的 CT 值之差, liver attenuation index, LAI)与大泡型脂肪变性间的关系,42 例活体供肝中的 38 例(90%)大泡型脂肪变性程度得到正确预测, LAI <-10 HU 的 4 例供肝,全部正确预测其大泡型脂肪变性 $>30\%$;11 例 LAI 在 $-10 \sim -5$ HU 之间的 9 例供肝,正确预测其脂肪变性在 6% ~30% 之间,另外 2 例,则过高估计了其变性程度;27 例 LAI >5 HU 中的 25 例,正确预测其变性程度在 0 ~5% 之间,另外 2 例因肝实质内含铁血黄素沉积引起 LAI 偏高而低估了其变性程度, LAI 值与组织学发现有良好的一致性($r=0.92$),但 Limanond 等^[33]认为,虽然 LAI 可较准确地预测肝大泡型脂肪变性的程度,但只能让一小部分 LAI 值很低的供者(不适宜供肝)免行肝脏穿刺活检,对大部分 LAI 值正常的供者,仍需活检以确定脂肪变性程度或同时是否存在肝脏含铁血黄素沉积或放射学隐性弥漫性肝病等。Park 等^[34]也认为,非增强 CT 无法定量分析肝脏大泡型脂肪变性的程度,但可定性诊断大泡型脂肪变性 $>30\%$ 的不合格供肝,使其免受不必要的穿刺活检。

随着 MR 设备和技术的发展,不断有关于利用 MRI 研究肝脏脂肪变性的文献^[35],化学位移成像技术、MR 波谱成像等均被报道可用于评估肝脏脂肪含量,目前高场强 MR 仪已逐渐应用于临床, Cotler 等^[36]报道,在 3.0 T MR 仪上使用选择饱和法水脂成像技术可定量分析肝脏脂肪含量,此技术精确度高,可重复性强。以上种种研究使得通过 MRI 无创性测量肝脏脂肪变程度成为可能。

为缩短检查时间、简化检查流程,有学者提出“一站式”检查,利用多层螺旋 CT 或 MRI 进行 1 次全面检查,完成所有的影像评估,包括活体供肝的体积、血管、胆管以及脂肪变性情况等^[16,37]。当然,必须指出,上述所有的影像检查必须要在实验室检查都完成之后,且供、受体的评估需同时进行,任何对供肝的单独评估都是毫无意义的。

成人活体供肝的选择和术前评估一直是肝移植界的研究热点,我国的 LDLT 起步较晚,发展较慢,而中国又是世界上各种终末期肝病发病率最高的国家之一,肝源供需矛盾突

出,故活体供肝的合理选择意义尤为深远^[38]。术前运用各种影像检查手段,综合性评价供肝的体积、血管和胆管系统以及肝脏实质等情况,对活体供肝的合理选择、优化手术方案和预防重大手术并发症等具有重要的临床意义,对在我国大力提倡和推广 LDLT 具有现实意义。

参 考 文 献

- [1] Jiang XZ, Yan LN, Li B, et al. Safety of donor in adult-to-adult living donor liver transplantation using right lobe graft. *Transplant Proc*, 2007, 39: 150-152.
- [2] Chen CL, Fan ST, Lee SG, et al. Living-donor liver transplantation: 12 years of experience in Asia. *Transplantation*, 2003, 75 (Suppl 3): S6-S11.
- [3] Imamura H, Makuuchi M, Sakamoto Y, et al. Anatomical keys and pitfalls in living donor liver transplantation. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*, 2000, 7: 380-394.
- [4] Hiroshige S, Shimada M, Harada N, et al. Accurate preoperative estimation of liver-graft volumetry using three-dimensional computed tomography. *Transplantation*, 2003, 75: 1561-1564.
- [5] Barr ML, Belghiti J, Villamil FG, et al. A report of the Vancouver Forum on the care of the live organ donor: lung, liver, pancreas, and intestine data and medical guidelines. *Transplantation*, 2006, 81: 1373-1385.
- [6] Fan ST, Lo CM, Liu CL, et al. Safety of donors in live donor liver transplantation using right lobe grafts. *Arch Surg*, 2000, 135: 336-340.
- [7] Kiuchi T, Kasahara M, Uryuhara K, et al. Impact of graft size mismatching on graft prognosis in liver transplantation from living donors. *Transplantation*, 1999, 67: 321-327.
- [8] Gladisch R, Elfner R, Schlauch D, et al. A simple technique for sonographic estimation of liver volume. *Z Gastroenterol*, 1988, 26: 694-698.
- [9] Frericks BB, Caldarone FC, Nashan B, et al. 3D CT modeling of hepatic vessel architecture and volume calculation in living donated liver transplantation. *Eur Radiol*, 2004, 14: 326-333.
- [10] McNeal GR, Maynard WH, Branch RA, et al. Liver volume measurements and three-dimensional display from MR images. *Radiology*, 1988, 169: 851-854.
- [11] Kwon AH, Matsui Y, Ha-Kawa SK, et al. Functional hepatic volume measured by technetium-99m-galactosyl-human serum albumin liver scintigraphy: comparison between hepatocyte volume and liver volume by computed tomography. *Am J Gastroenterol*, 2001, 96: 541-546.
- [12] Urata K, Kawasaki S, Matsunami H, et al. Calculation of child and adult standard liver volume for liver transplantation. *Hepatology*, 1995, 21: 1317-1321.
- [13] Radtke A, Sotiropoulos GC, Nadalin S, et al. Preoperative volume prediction in adult living donor liver transplantation: how much can we rely on it? *Am J Transplant*, 2007, 7: 672-679.
- [14] Nakayama Y, Li Q, Katsuragawa S, et al. Automated hepatic volumetry for living related liver transplantation at multisection CT. *Radiology*, 2006, 240: 743-748.
- [15] Nadalin S, Malagò M, Radtke A, et al. Current trends in live liver donation. *Transpl Int*, 2007, 20: 312-330.
- [16] Schroeder T, Malago M, Debatin JF, et al. All-in one imaging protocols for the evaluation of potential living liver donors: comparison of magnetic resonance imaging and multidetector computed tomography. *Liver Transpl*, 2005, 11: 776-787.
- [17] Michels NA. Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation. *Am J Surg*, 1966, 112: 337-347.
- [18] Erbay N, Raptopoulos V, Pomfret EA, et al. Living donor liver transplantation in adults: vascular variants important in surgical planning for donors and recipients. *AJR*, 2003, 181: 109-114.
- [19] Fraser-Hill MA, Atri M, Bret PM, et al. Intrahepatic portal venous system: variations demonstrated with duplex and color Doppler US. *Radiology*, 1990, 177: 523-526.
- [20] Atasoy C, Ozyürek E. Prevalence and types of main and right portal vein branching variations on MDCT. *AJR*, 2006, 187: 676-681.
- [21] Deshpande RR, Heaton ND, Rela M. Surgical anatomy of segmental liver transplantation. *Br J Surg*, 2002, 89: 1078-1088.
- [22] Kamel IR, Kruskal JB, Keogan MT, et al. Multidetector CT of potential right-lobe liver donors. *AJR*, 2001, 177: 645-651.
- [23] Lee SS, Kim TK, Byun JH, et al. Hepatic arteries in potential donors for living related liver transplantation: evaluation with multi-detector row CT angiography. *Radiology*, 2003, 227: 391-399.
- [24] Streitparth F, Pech M, Figolska S, et al. Living related liver transplantation: preoperative magnetic resonance imaging for assessment of hepatic vasculature of donor candidates. *Acta Radiol*, 2007, 48: 20-26.
- [25] Saylisoy S, Atasoy C, Ersöz S, et al. Multislice CT angiography in the evaluation of hepatic vascular anatomy in potential right lobe donors. *Diagn Interv Radiol*, 2005, 11: 51-59.
- [26] Guiney MJ, Kruskal JB, Sosna J, et al. Multi-detector row CT of relevant vascular anatomy of the surgical plane in split-liver transplantation. *Radiology*, 2003, 229: 401-407.
- [27] Lee MW, Lee JM, Lee JY, et al. Preoperative evaluation of hepatic arterial and portal venous anatomy using the time resolved echo-shared MR angiographic technique in living liver donors. *Eur Radiol*, 2007, 17: 1074-1080.
- [28] Choi JW, Kim TK, Kim KW, et al. Anatomic variation in intrahepatic bile ducts: an analysis of intraoperative cholangiograms in 300 consecutive donors for living donor liver transplantation. *Korean J Radiol*, 2003, 4: 85-90.
- [29] Itamoto T, Emoto K, Mitsuta H, et al. Safety of donor right hepatectomy for adult-to-adult living donor liver transplantation. *Transpl Int*, 2006, 19: 177-183.
- [30] Wang ZJ, Yeh BM, Roberts JP, et al. Living donor candidates for right hepatic lobe transplantation: evaluation at CT cholangiography-initial experience. *Radiology*, 2005, 235: 899-904.
- [31] Kim RD, Sakamoto S, Haider MA, et al. Role of magnetic resonance cholangiography in assessing biliary anatomy in right lobe living donors. *Transplantation*, 2005, 79: 1417-1421.
- [32] Ayuso JR, Ayuso C, Bombuy E, et al. Preoperative evaluation of biliary anatomy in adult live liver donors with volumetric mangafodipir trisodium enhanced magnetic resonance cholangiography. *Liver Transpl*, 2004, 10: 1391-1397.
- [33] Limanond P, Raman SS, Lassman C, et al. Macrovesicular hepatic steatosis in living related liver donors: correlation between CT and histologic findings. *Radiology*, 2004, 230: 276-280.
- [34] Park SH, Kim PN, Kim KW, et al. Macrovesicular hepatic steatosis in living liver donors: use of CT for quantitative and qualitative assessment. *Radiology*, 2006, 239: 105-112.
- [35] Lee JK, Dixon WT, Ling D, et al. Fatty infiltration of the liver: demonstration by proton spectroscopic imaging, preliminary observations. *Radiology*, 1984, 153: 195-201.
- [36] Cotler SJ, Guzman G, Layden-Almer J, et al. Measurement of liver fat content using selective saturation at 3.0 T. *J Magn Reson Imaging*, 2007, 25: 743-748.
- [37] Schroeder T, Radtke A, Kuehl H, et al. Evaluation of living liver donors with an all inclusive 3D multi-detector row CT protocol. *Radiology*, 2006, 238: 900-910.
- [38] 朱鹏, 陈孝平. 中国活体肝移植现状. *腹部外科*, 2006, 19: 359-362.

(收稿日期: 2007-11-29)

(本文编辑: 张晓冬)