

肝外胆管供血动脉数字化三维重建图像与传统解剖学图像的比较

杨剑 彭戈 方驰华 杨舟 陈伟龙 黎佩雯 艾丹丹

【摘要】 **目的** 对比观察肝外胆管供血动脉 3D 重建图像与传统解剖学图像,评价其各自的优缺点。**方法** 2012 年 1—12 月,对来自南方医科大学珠江医院肝胆一科的 10 例肝外胆管梗阻性疾病患者病例进行回顾性研究。将 10 例患者的上腹部亚毫米 CT 扫描数据导入腹部医学图像 3D 可视化系统(MI-3DVS)程序化构建肝外胆管供血动脉 3D 重建图像,并与传统解剖学图像进行对比分析。**结果** 肝外胆管供血动脉 3D 重建图像真实,立体感强,可以从不同角度进行 3D 空间的解剖关系观察;传统解剖学图像只能显示平面的解剖结构,表现手法单一,但可根据手术显微镜所观察的尸体标本灌注情况,还原绘制胆管周围血管丛等 3D 重建图像无法显示的血管。**结论** 3D 图像真实直观,能真实还原组织器官结构的本来面貌,便于学习和理解,是解剖学研究和学习的途径,也可以为个体化胆道外科手术方案提供指导,但不能完全替代传统解剖学图像。

【关键词】 体层摄影术,螺旋计算机; 成像,三维; 肝外胆管; 供血动脉; 解剖学

Comparisons between the 3D imaging of feeding arteries of extrahepatic bile duct in vivo and the traditional anatomical images Yang Jian*, Peng Ge, Fang Chihua, Yang Zhou, Chen Weilong, Li Peiwen, Ai Dandan. *Department of Hepatobiliary Surgery, Zhujiang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510282, China

Corresponding author: Fang Chihua, Email: fangch_dr@163.com

【Abstract】 **Objective** To compare and evaluate the 3D images of supplying arteries on extrahepatic bile duct in vivo with traditional anatomic images. **Methods** Retrospective studies were performed on 10 cases of extrahepatic bile duct obstruction who enrolled in hepatobiliary surgery of Zhujiang hospital of Southern Medical University from January to December during 2012. The abdominal submillimeter CTA data of 10 patients were imported into MI-3DVS and the 3D models of the extrahepatic bile duct and its supplying arteries were programmatically constructed. Then they were compared with the traditional anatomical images. **Results** 3D images of feeding arteries on extrahepatic bile ducts were authentic with a spatial view of the whole structure and their relations with the surrounding tissue. The traditional anatomic images with unitary expression could only show two-dimensional anatomical structure, but it could clearly show the peribiliary blood plexus which cannot be shown in 3D images with the method of specimen perfusion observed under the microscope. **Conclusions** 3D image was authentic and intuitive which can restore the prototype of organs and tissues and provide a better way of anatomy learning. It can also serve as a new method for anatomy research as well as guidance for individual biliary tract surgery. However, it can not replace the traditional anatomic images completely.

【Key words】 Tomography, spiral computed; Imaging, three-dimensional reconstruction; Extrahepatic bile duct; Feeding arteries; Anatomy

胆道出血、损伤性胆管狭窄、胆道吻合口瘘和肝移植术后缺血型胆道病变的发生均与肝外胆管血供的破坏相关联^[1-4]。肝外胆管血供主要是来自腹腔

动脉各分支的终末血管支,具有来源多、变异多和分布复杂的特点^[2]。掌握肝外胆管血供的解剖学特点,可为手术方案的合理选择及术后胆道并发症的预防提供策略。传统医学方法对肝外胆管血供传统的方法研究主要局限于尸体标本和动物模型上,关于国人活体肝外胆管血供的研究甚少。近年来,随着数字化技术在医疗领域的不断深入与拓展,人体解剖结构的 3D 可视化已经成为可能^[5]。在 3D 模型上进行人体解剖结构的多方位显示,也已在教学和临床实践中发挥了重要的作用^[6]。基于此,笔者

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-7041.2015.03.005

基金项目:国家自然科学基金(81170458);广东省大学生创新实验项目(1212112006)

作者单位:510282 广州,南方医科大学珠江医院肝胆一科(杨剑、方驰华);南方医科大学珠江医院 2010 级临床医学本科(彭戈、杨舟、陈伟龙、黎佩雯、艾丹丹)

通信作者:方驰华, Email: fangch_dr@163.com

在前期对肝脏、胰腺、胆道及腹腔血管 3D 重建和可视化手术研究^[7-10]的基础上,构建个体化肝外胆管血供 3D 模型,并与传统解剖学图像相对比,探讨两者各自的优越性与局限性,试图为解剖学和临床外科提供更为科学的解剖学依据及解剖学研究方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性总结 2012 年 1 月—12 月南方医科大学珠江医院肝胆一科的肝外胆管梗阻性疾病患者资料。纳入标准:肝外胆管扩张(直径大于 10 mm);有胆道手术指征并行胆总管探查、胆肠吻合术等治疗;既往无腹部手术病史,肝外胆管及其邻近解剖结构无改变者。排除标准:胰十二指肠肠区术后患者;肝外胆管无法与邻近组织分辨者;肝外胆管供血的小动脉过于纤细无法显示者;重复检查者仅观察图像质量最佳的一次,其余次数作为排除病例。

共纳入 10 例患者,其中男 7 例,女 3 例;年龄 36~62 岁,平均 43.2 岁,在 CT 图像中选择肝外胆管扩张最明显处测量其直径为(25.2±4.4) mm(16~34 mm)。临床诊断:胆总管下段炎性狭窄 1 例,胆道结石 2 例,胰头癌或壶腹周围癌 7 例。受检者均签署知情同意书,经南方医科大学珠江医院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 高质量肝外胆管血供亚毫米 CT 数据采集方法 采用荷兰 PHILIPS 公司的 64 层螺旋 CT-PHILIPS Brilliance 64, Mxview 工作站处理图像。10 例受检者均行上腹部 64 层螺旋 CTA 扫描^[11],并在 Mxview 工作站进行 CT 断面图像数据薄层重建(0.625 mm),格式为 DICOM 3.0,然后通过内部专线网络传输至南方医科大学数字医学临床中心并存储导出。

1.2.2 肝外胆管血供 3D 重建图像构建方法 将针对精细血管的基于体绘制交互分割新算法作为一个分割插件整合到腹部医学图像 3D 可视化系统(MI-3DVS,软件专利号:2008SR18798)中,将 10 名受检者的动脉期亚毫米 CT 数据导入 MI-3DVS 进行胆道系统、胰腺和腹腔动脉分割和 3D 重建;门静脉期亚毫米 CT 数据进行门静脉系统的分割和 3D 重建。腹腔动脉和门静脉采用基于体绘制交互的分割算法进行分割,胆道系统和胰腺等脏器采用区域生长法进行分割,最后都采用面绘制方法进行 3D 重建。应用图像后处理工具对肝外胆管血供 3D 模型进行平滑和去噪,得到既忠实于原始数据又能清晰观测的 3D 重建图像。

1.2.3 与传统解剖学图像进行对比分析 本研究的传统解剖学图像选自裘法祖院士主编由山东科学技术出版社的《腹部外科临床解剖学》^[12]和邹声泉教授主编由人民卫生出版社的《胆道病学》^[13]。根据课题组研究方向,阅读上述两部专著中有关肝外胆管血供章节,研究其中用于表现肝外胆管供血动脉图谱。将肝外胆管血供 3D 重建图像和传统的解剖学教学例图各自表现解剖结构的方式、优缺点进行分析比较。

2 结果

2.1 肝外胆管血供 3D 重建图像与传统解剖图像的整体比较

通过鼠标可以在个人电脑上对肝外胆管血供 3D 重建图像进行缩放、旋转、拆分组合和设置组织血管透明度等操作,多维度显示和观察肝外胆管血供的来源、分支、分布以及供血动脉与周围组织器官的解剖学关系。3D 重建图像可显示肝内外胆管及分支,供血动脉紧贴胆管表面弯曲盘延走行,同时还可以显示个体化的动脉变异情况(图 1A)。传统的解剖学教学例图中的肝外胆管及其血供较为规则,只能显示出单层面的信息,对肝外胆管及其血供复杂的空间立体解剖关系显示的不够充分。

2.2 上、下段肝外胆管供血动脉的比较

根据胆囊管汇入肝外胆管位置将肝外胆管分成上、下段,上段肝外胆管供血动脉主要有肝右动脉和胆囊动脉,下段肝外胆管供血动脉主要有胃十二指肠动脉、胰十二指肠上后动脉,其他特殊的供血动脉主要有 3 点钟动脉、9 点钟动脉和门静脉后动脉^[14]。

2.2.1 肝右动脉和胆囊动脉供血上段肝外胆管的图像比较 传统解剖学图像主要描述显示了肝右动脉发出分支,在肝外胆管两侧形成胆管 3 点钟和 9 点钟动脉的上部,显示的肝外胆管供血情况比较规律、容易辨识,但没有显示出胆囊动脉对上段肝外胆管的供血情况。3D 重建图像观察到肝右动脉和胆囊动脉的关系与传统解剖学图像基本一致,可精确显示至胆囊动脉的 2 级分支(图 1B),同时显示出肝右动脉和胆囊动脉的多条分支共同参与上段肝外胆管的血供(图 1C),说明上段肝外胆管的供血动脉并不一定都形成传统解剖图像中显示的典型轴向 3 点钟和 9 点钟动脉,个体化的 3D 重建图像更符合实际解剖情况。

2.2.2 胃十二指肠动脉和胰十二指肠上后动脉供血下段肝外胆管的图像比较 3D 重建图像中可以清晰观察到胃十二指肠动脉发出的胰十二指肠上后

动脉紧贴下段肝外胆管自左上方向右下后方走行,管径逐渐变细,在胰头后面与胰十二指肠下动脉后支吻合构成胰十二指肠后动脉弓(图 1D)。而传统解剖学图像中胰十二指肠上后动脉与胆道下段有明显的距离,且管径规则一致^[12-13]。

2.2.3 肝外胆管变异血供的图像比较 传统解剖学图谱显示的肝动脉解剖为正常型,即 Michel I 型^[15]。然而肝动脉变异类型多,且肝动脉及其分支又是上段肝外胆管的主要血供来源。本组 10 例肝外胆管血供 3D 重建图像中共观察到 1 例变异的肝右动脉起自肠系膜上动脉,供血上段肝外胆管(图 1A);2 例变异的胆囊动脉起自胃十二指肠动脉,供血下段肝外胆管(图 1E),3D 重建图像更能个体化反映肝外胆管变异血供的变异情况。

2.2.4 肝外胆管一些特殊血供的图像比较 (1)胆管 3 点钟动脉和 9 点钟动脉:解剖学教材中描绘的肝外胆管 3 点钟动脉和 9 点钟动脉为典型的轴向型血供,为肝右动脉和十二指肠后动脉分支吻合构成,管径均匀,紧贴胆管走行^[12-13]。个体化的 3D 重建图像显示胆管 3 点钟动脉和 9 点钟动脉均为腹腔各动脉的终末分支,管径细小,分区域供应各段肝外胆管,并且并非每个人都构成典型的轴向动脉(图 1A)。(2)门静脉后动脉:对于门静脉后动脉,在传统解剖学中更多的是文字的描述以及模型图的描绘,最早的描述则见于 Northover^[3] 的研究。在 3D 重建图像中可以清晰立体的看到其起源及走行情

况:门静脉后动脉发自肠系膜上动脉后沿门静脉和胰头后方向右侧走行,再向上紧贴胆管右后壁走行,与十二指肠后动脉合并后继续紧贴下段胆管背面右侧向上走行,成为下段肝外胆管的主要供血动脉(图 1F)。

3 讨论

3.1 数字化 3D 重建图像在解剖学与临床医学研究中的优势

随着对人体形态学研究的深入和数字医学技术的运用与发展,人体解剖结构的 3D 可视化已经成为现实。Reinig 等^[16] 的人体 3D 可视化研究结果表明,3D 重建图像是实时互动真实的解剖学,可以弥补传统解剖学图谱的不足。本研究结果显示,基于亚毫米 CT 数据构建的肝外胆管血供 3D 可视化模型,是活人体解剖结构的真实还原,精确显示了肝外胆管、供血动脉及周围重要组织结构的立体解剖关系。传统解剖学图像只能显示平面、固定位置的肝外胆管血供解剖结构,3D 重建图像则能够以多结构、多色彩、实体模型方式显示,能从不同角度观察,清晰认识肝外胆管不同部位的供血动脉构筑、彼此吻合、走行和交叉等情况。3D 重建图像还可以多结构组合显示,清楚显示不同层次、不同部位的血管走行与分布情况,对于个体化的动脉变异情况能精确显示,对于血管的直径、血管间的距离等也可以进行测量。同时 3D 重建图像的动态观察过程可以制成

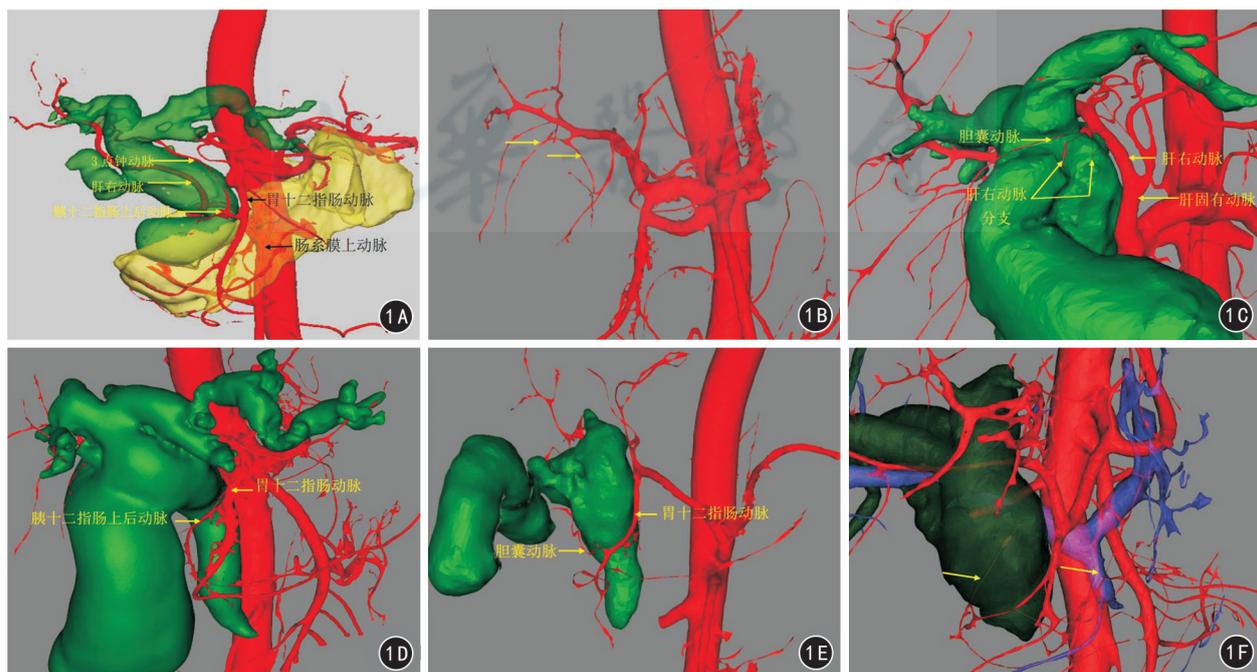


图 1 肝外胆管血供 CT 3D 重建图像 **1A** 肝右动脉起源于肠系膜上动脉(胰腺和胆管为半透明) **1B** 3D 模型可精确显示胆囊动脉的 2 级分支(箭) **1C** 胆囊动脉和肝右动脉分支共同供血上段肝外胆管 **1D** 胰十二指肠上后动脉供血下段肝外胆管(前面观) **1E** 胆囊动脉供血下段肝外胆管 **1F** 门静脉后动脉(箭)供血下段肝外胆管

视频进行播放与展示。相对于 2D 图形而言,3D 重建所得的结果更直观,所显示的信息量更大,是对传统教材中失真或理想化图像的完善和补充。

应用虚拟现实技术将现代医学影像设备所获得的人体形态结构图像信息可视化,建立数字化 3D 解剖图谱^[17-19],一方面在空间上具有准确的定位,另一方面可以全方位观察、测量和研究解剖结构,同时也有利于解剖学的学习、教学、研究和缓解尸源供应紧张的局面。在手术前收集患者的亚毫米 CT 数据,对手术部位的相应解剖结构进行 3D 重建,可以为患者进行个体化的术前规划和手术模拟,帮助制定手术方案和临床教学。

3.2 3D 重建图像的不足

(1) 基于目前 CT 技术所能显示最薄层厚(0.625 mm)的限制,对于一些管径更为细小的动脉,例如进入胆管壁后的动脉丛则无法显示,这就导致了 3D 重建图像中出现无血管空白区。这个问题的解决有待于 CT 数据采集技术的进一步提高。而传统素描图谱则可根据手术显微镜所观察到的尸体灌注标本情况进行还原绘制。(2) 对于密度接近的组织完全分割仍然比较困难,如皮肤、筋膜与肝脏的分割,就需要手动处理,这难免会存在主观的误差。传统解剖图像则可以通过逐层分离观察,描绘不同组织间的关系。

随着“数字医学”技术的不断发展^[20],计算机技术与医学的紧密结合,3D 重建技术也日益成熟,而 3D 重建的图像对于人体解剖结构观察优势,也注定其成为临床实践与研究的新方法。而活人体的 3D 重建图像由于其针对个人的特异性,也将使其在临床基础教学与研究,以及模拟手术的进行发挥重要作用。3D 重建图像虽然仍有其不足,但相信随着科技的不断进步,其相对传统解剖图像的优势也将发挥的更明显。

参 考 文 献

[1] Hintze RE, Adler A, Veltzke W, et al. Endoscopic management of biliary complications after orthotopic liver transplantation[J]. *Hepato gastroenterology*, 1997, 44(13): 258-262.

[2] 黄志强. 黄志强胆道外科手术学[M]. 北京: 解放军出版社, 1991: 178.

[3] Northover JM, Terblenche J. A New look at arterial supply of bile duct in man and its surgical implication[J]. *Br J Surg*, 1979, 66

(6): 379-384.

[4] Chung RS, Hitch DC, Armstrong DN. The role of tissue ischemia in the pathogenesis of anastomotic stricture[J]. *Surgery*, 1988, 104(5): 824-829.

[5] Ackerman MJ, Spitzer VM, Scherzinger AL, et al. The Visible Human data set: an image resource for anatomical visualization[J]. *Medinfo*, 1995, 8(pt 2): 1195-1198.

[6] Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ, et al. The Chinese visible human (CVH) datasets incorporate technical and imaging advances on earlier digital humans[J]. *J Anat*, 2004, 204(pt 3): 165-173.

[7] Fang CH, Zhu W, Wang H, et al. A new approach for evaluating the resectability of pancreatic and periampullary neoplasms[J]. *Pancreatology*, 2012, 12(4): 364-371.

[8] Fang CH, You JH, Lau WY, et al. Anatomical variations of hepatic veins; three-dimensional computed tomography scans of 200 subjects[J]. *World J Surg*, 2012, 36(1): 120-124.

[9] Fang CH, Liu J, Fan YF, et al. Outcomes of hepatectomy for hepatolithiasis based on 3-dimensional reconstruction technique[J]. *J Am Coll Surg*, 2013, 217(2): 280-288.

[10] 方驰华, 钟世镇, 原林, 等. 数字化虚拟肝脏图像三维重建的初步研究[J]. *中华外科杂志*, 2004, 42(2): 94-96.

[11] 王显龙, 方驰华, 全显跃, 等. 亚毫米 CT 观察肝外胆管的供血小动脉[J]. *中国组织工程研究*, 2012, 16(8): 3305-3309.

[12] 裘法祖, 王健本, 张祐曾. 腹部外科临床解剖学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2001: 213-216.

[13] 邹声泉. 胆道病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 48-49.

[14] 杨剑, 方驰华, 范应方, 等. 基于亚毫米 CT 扫描数据的肝外胆管供血动脉三维可视化模型构建[J]. *南方医科大学学报*, 2014, 34(7): 945-949.

[15] Michels NA. Newer anatomy of the liver and its variant blood supply and collateral circulation[J]. *Am J Surg*, 1966, 112(3): 337-347.

[16] Reinig KD, Spitzer Vm, Pelster HL, et al. More real-time visual and haptic interaction with anatomical data [J]. *Stud health technol In form*, 1997, 39: 155-158.

[17] 周泽民, 方驰华, 钟世镇. 数字化虚拟胰腺三维重建图像与传统解剖学图像的比较[J]. *第四军医大学学报*, 2005, 26(18): 1653-1656.

[18] 方驰华, 周一, 黄立伟, 等. 虚拟中国人女性一号肝脏图像三维重建和虚拟手术的切割[J]. *中华外科杂志*, 2005, 43(11): 748-752.

[19] 周一, 方驰华, 钟世镇. 虚拟中国人女性一号肝脏数据集肝脏断面图像研究[J]. *第四军医大学学报*, 2005, 26(8): 711-713.

[20] 傅征. 数字医学的提出与发展[J]. *中国数字医学*, 2007, 2(11): 9-13.

(收稿日期:2014-09-20)

(本文编辑:张萍)