Segmentation and 3D reconstruction of animal liver vessels based on MR imaging

WU Ya-jun[1], *YE An-pei*[1*], *WANG Xiao-ying*[2], *FU Jing-bo*[2], *JIANG Xue-xiang*[2]

(1. *School of Electronic Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing* 100871, *China*;
2. *Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing* 100034, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To explore the methods for 3-dimensional reconstruction of the liver vessels including blood vessel and bile duct based on the MR images for guiding the split-liver transplantation. **Methods** The 2-dimensional MR image series of liver parenchyma and liver vessels were obtained by utilizing various image processing methods including smoothing, segmentation and then the final 3-dimensional images were obtained from the image series by using a 3-dimensional reconstruction algorithm. **Results** The final 3-dimensional images of liver parenchyma and liver vessels reconstructed from the MR image series were very clear and the 3-dimensional spatial structure of the blood vessel and bile duct could be shown clearly. **Conclusion** It is very useful to use MRI, image segmentation and 3-dimensional reconstruction techniques to guide the split-liver transplantation surgery.

[**Key words**] Liver transplantation; Magnetic resonance imaging; Dissection; Image processing, computer-assisted

基于 MRI 的动物肝脏脉管分割与三维重建

伍亚军[1],叶安培[1*],王霄英[2],付京波[2],蒋学祥[2]

(1.北京大学信息科学技术学院,北京 100871;2.北京大学第一医院放射科,北京 100034)

[**摘 要**] **目的** 探索基于磁共振成像的肝脏脉管(血管、胆管)三维重建的方法,以显示肝脏中血管、胆管走行立体图像,从而指导劈离式肝脏移植手术。**方法** 综合利用二维图像的多种平滑和分割方法,得到肝实质和肝脉管二维图像序列,并在此基础上三维重建肝实质和肝脉管。**结果** 由 MR 图像序列可三维重建清晰的肝实质和肝血管立体图像,并且可得到肝叶、段间血管及胆管的走行及相互关系。**结论** 利用 MRI 和图像分割以及图像三维重建技术指导劈离式肝移植手术,具有重要的临床意义。

[**关键词**] 肝移植;磁共振成像;解剖;图像处理,计算机辅助

[**中图分类号**] R445.2;Q95-33 [**文献标识码**] A [**文章编号**] 1003-3289(2005)08-1275-03

我国是肝胆畸形的高发国家,每年至少有 5000 例患儿因肝胆畸形引起继发肝功能衰竭死亡。对于尸肝目前只能根据解剖常规肉眼估测等划线劈离。劈离式肝移植的难点是劈离操作前,术者不了解肝内管道系统的解剖及变异情况,直接影响手术的效果甚至导致手术失败。利用 MRI 和图像三维重建技术来研究小儿肝移植应用解剖,在短时间内三维重建肝血管、胆管走行立体图像,包括肝叶、段间血管及胆管的走行及相互关系,并找到指导手术分割肝脏的简便方法,具有重要的临床意义。

[**作者简介**] 伍亚军(1980—),男,湖南人,在读硕士。研究方向:医学图像三维重建和磁共振扩散张量三维显示。

E-mail: aladdin@pku.org.cn

[**通讯作者**] 叶安培,北京大学信息科学技术学院,100871。

E-mail: yap@ele.pku.edu.cn

[**收稿日期**] 2005-03-15 [**修回日期**] 2005-05-06

1 材料与方法

1.1 肝脏 MR 图像获取 狗肝离体后置于 0～4℃左右盐水中,同时用 4℃ UW 保存液经门静脉及肝动脉重力灌洗,用核磁共振扫描仪获取横截面图像序列,扫描 FSE T2WI 图像,成像参数如下:TR/TE=4000 ms/85 ms,层厚 1.5 mm,间隔 0,FOV 30 cm,ETL 19,接收带宽 31.25,矩阵 320×256,NEX 4,相位 FOV 0.75,扫描层数约 40～50,扫描时间约 10 min。原始获取图像如图 1 所示。

1.2 肝脏 MR 图像分割 获取的肝脏原始 MR 图像除包含肝血管、胆管在内的肝实质以外,还有许多其他干扰信息,如加造影剂时的针头,盛放肝脏的容器中的水以及图像上的文件信息等。要实现肝脏三维重建,清晰呈现肝脏血管和胆管走行,必须利用多种分割方法,实现快速分割。

本文采用的分割思路:图像预处理(去噪、平滑等)-区域增长分割(须先选取种子点)-鼠标交互分割(去除图像非感兴趣区)-图像逻辑操作(得到已经除去所有干扰信息的肝实质

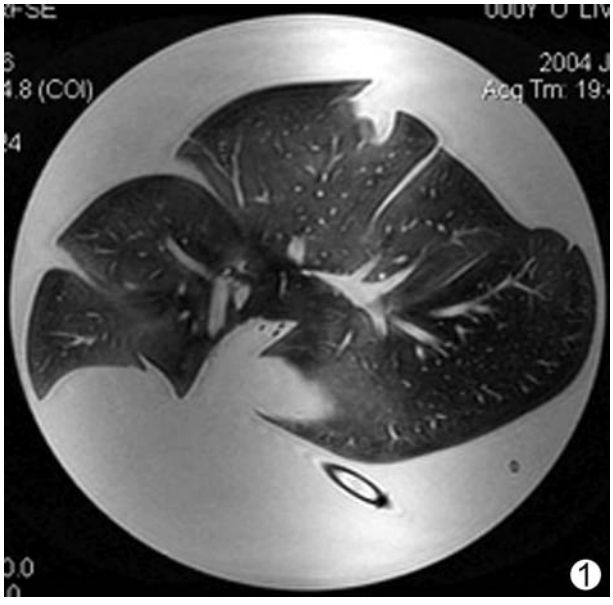

图 1 原始图像

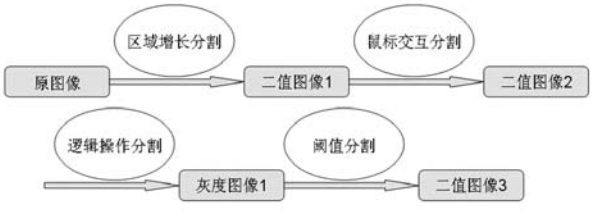

图 2 分割流程图

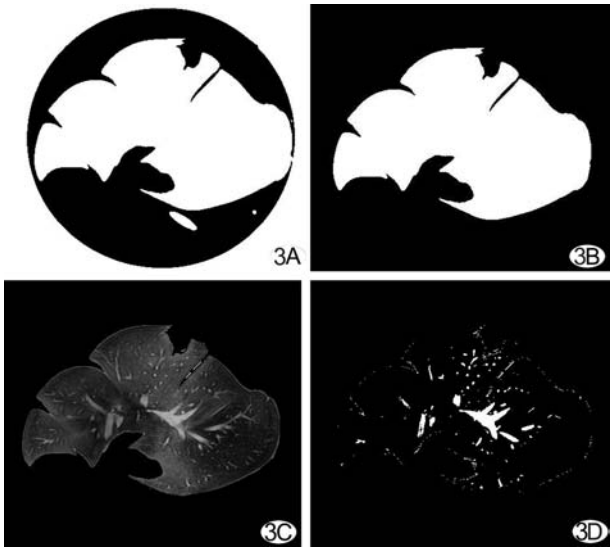

图 3 分割过程 A. 二值图像 1；B. 二值图像 2；C. 灰度图像 1；D. 二值图像 3

图像)-阈值分割(即可得到肝内血管和胆管的二值图像,图 2、3)。

图 3 显示了 MR 图像序列中的其中一张的分割过程,其他图像的分割方法类似。图 3 中得到的灰度图像和二值图像将直接用于三维重建,前者用于重建肝实质,后者用于重建肝血管和胆管等。

1.3 肝脏 MR 图像三维重建 本文采用典型的光线投射体绘制三维重建算法(raycasting volume rending algorithm)。该算法建立在一个简化的光照模型基础之上,认为空间中的每一个体元都是一个发光体,并且吸收经过该体元光线的一部分。用户先设置好灰度-透明度映射函数(classification function)和灰度-伪彩色映射函数(shading function),然后沿着观察者的观察方向对空间体元抽样,再通过数值积分即可得到观察者观察到的空间某点的像素值。

2 结果

本文实现了肝实质和肝血管、胆管的分割和三维重建,并可将分割和三维重建后的脉管叠加在肝实质上。通过自由改变映射函数的设置,可以达到满意的显示效果(图 4、5)。

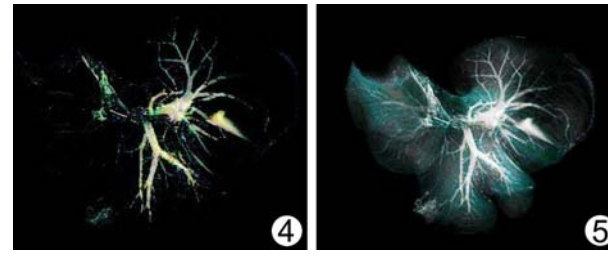

图 4 肝血管三维重建结果图像

图 5 叠加了肝实质之后的肝血管三维重建结果

3 讨论

根据以上得到的三维图像预先模拟切肝,使进入移植肝部分的门静脉、肝动脉的分布和出肝部分的肝静脉和胆管分布相符合,指导临床手术,避免发生盲劈肝时部分肝脏无静脉回流造成的肝淤血以及部分肝脏切断血供造成的肝缺血坏死;根据三维肝脏解剖图像,选择最佳的手术分隔肝脏入路和分割路线,达到肝脏断面面积较小,减少断面出现大的血管及胆道断端的目的,减少劈离式或减体积肝移植入肝脏断面出血和胆汁漏出的发生。尤其是对于尸肝移植手术,劈肝时肝脏断面因无活动性出血而无法确切结扎血管及胆管,预先有了肝脏解剖图像就可以有效避免上述问题的发生;还可以提前发现血管走行变异尤其是肝中静脉的属支变异,以便决定手术是否保留肝中静脉;还可用于指导临床改进减体积或劈离式肝移植手术劈肝路线以提高手术成功率,降低术后并发症,提高肝移植患儿存活率;还可用于指导设计一肝两用,一肝三用手术技术路线。

4 关于本文的软件系统

本文独立设计并开发了包括肝脏 MR 图像序列的分割和三维重建等主要功能的软件系统。该软件运用了国际开放源码库 ITK(insight toolkit)来实现图像序列的存取和二维图像的图像处理(如平滑和分割等),用 VTK(visualization toolkit)实现图像的三维重建和显示(包括二维和三维的情况),用 MFC 实现用户和系统的交互界面的设计,从而使该软件具有可靠、实用、扩展性好,操作简单、方便等特点。

[参考文献]

[1] Li K, Zhang SX, Liu ZJ, et al. Comparative study between transverse sectional anatomy and MR imaging of the Chinese visible human liver[J]. Chin J Med Imaging Technol, 2005, 21(1): 67-71.
李恺, 张绍祥, 刘正津, 等. 可视化肝脏横断面解剖与 MRI 对照研究[J]. 中国医学影像技术, 2005, 21(1): 67-71.

[2] Hong F, Mei J, Li ML. Study on the techniques for 3D reconstruction of medical images[J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(Special): 784-791.
洪锋, 梅炯, 李明禄. 医学图像三维重建技术综述[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(特刊): 784-791.

[3] Wu JM, Shi PF. Visualization toolkit and its application in 3-dimensional volume reconstruction[J]. Microcomputer Applications, 2002, 18(8): 9-12.
吴建明, 施鹏飞. Visualization Toolkit 及其在三维体积重建中的应用[J]. 微型电脑应用, 2002, 18(8): 9-12.

[4] Wang YH, Hong F, Wu EH. The implementation and design of medical image process sub-system based on VTK library[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 8(1): 205-207.
王延华, 洪飞, 吴恩华. 基于 VTK 库的医学图像处理子系统设计和实现[J]. 计算机工程与应用, 2003, 8(1): 205-207.

[5] Qin XJ. Study on the techniques for 3D reconstruction and visualization of medical images[D]. Dalian: Dalian Institute of Technology, 2001.
秦绪佳. 医学图像三维重建及可视化技术研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2001.

[6] Jiang ZG, Meng RS, Zhao Y, et al. Visualization technique and its application in tissue section image processing[J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2002, 7(3): 170-174.
姜志国, 孟如松, 赵宇, 等. 组织切片图像的可视化技术及应用[J]. 中国体视学与图像分析, 2002, 7(3): 170-174.

[7] Wang J. A review of the development of medical imaging technology in China during recent ten years[J]. Imaging Technology, 2004, 3: 6-11.
王骏. 我国医学影像技术近十年发展概述[J]. 影像技术, 2004, 3: 6-11.

[8] Han BW, Tian J. Computer visualization applied to the analysis of medical images[J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2000, 5(4): 201-205.
韩博闻, 田捷. 计算机三维重建在医学图像分析中的应用[J]. 中国体视学与图像分析, 2000, 5(4): 201-205.

[9] Fei XL, Zhang ZG, Li YB. A 3-D reconstruction and visualization of human digital skeleton system based on visualization toolkit[J]. Beijing Biomedical Engineering, 2002, 21(4): 248-263.
费晓璐, 张志广, 李银波. 基于 Visualization Toolkit 的数字化人体骨骼系统的重建与可视化[J]. 北京生物医学工程, 2002, 21(4): 248-263.

[10] Tang XY, Gao Y, Zhang JL, et al. Fast volume rendering methods for 3D reconstruction of medical images[J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2004, 24(3): 261-264.
唐晓英, 高艳, 张军莉, 等. 医学体数据三维重建的体绘制加速算法研究[J]. 北京理工大学学报, 2004, 24(3): 261-264.

[11] Zou H, Tuy HK. Liu JR. Surface shading of three-dimensional medical objects[J]. CT Theory and Applications, 2000, S1: 23-28.
邹豪, Tuy HK, 刘积仁. 医学图像三维表面模型重建[J]. CT 理论与应用研究, 2000, S1: 23-28.

[12] Xie YJ, Ye ZQ, Xu LS. The technology and application of visualization in medical image[J]. Biomedical Engineering Volume of Foreign Medicine, 2001, 24(3): 114-118.
谢英杰, 叶志前, 徐庐生. 医学图像可视化与相关技术及应用[J]. 国外医学生物医学工程分册, 2001, 24(3): 114-118.

椎间盘突出症臭氧介入治疗现状及进展

腰椎间盘突出症的臭氧治疗最早出现于 20 世纪 80 年代的意大利，意大利 Siena 大学 Bocci 教授对臭氧的作用机理进行了大量基础研究。国内南方医院率先开展了此项技术的基础研究和临床应用，解放军总医院也牵头在北方地区做了大量临床研究，对影像导向方法、穿刺途径、注射浓度和剂量、注射后影像学变化及其联合应用技术进行了探索，并取得了优良的治疗效果。在不久前举办的《第二届全国臭氧治疗椎间盘突出症会议》上，多位业内专家共同参与制订了《臭氧治疗椎间盘病变规范》(讨论稿)。

《中国介入影像与治疗学》杂志对此方面发展关注已久，第一批文章于 2005 年第 2 卷第 4 期刊出，内容既有专家述评，也有基础和临床研究，颇得读者好评。另外，《臭氧治疗椎间盘病变规范》(讨论稿)全文也将会在《中国介入影像与治疗学》2005 年第 2 卷第 5 期刊出。敬请广大读者关注，也欢迎此方面的来稿及信息交流。联系及投稿邮箱：ciiat@ciiat.com.cn；联系电话：010-82050373/4。

《中国介入影像与治疗学》编辑部