

# The Realization of Three Dimensional Visualization of Human Liver's Vascular Systems Based on CT Scan Images

Xueli Li, Xinqing Jiang, Song Cui, Yingying Liang, Hongzhen Wu, Liqiang Zheng, Xinhua Wei

Department of Radiology, Guangzhou First People's Hospital, Guangzhou Guangdong  
Email: [lixueli201010@sina.com](mailto:lixueli201010@sina.com)

Received: Apr. 5<sup>th</sup>, 2017; accepted: Apr. 25<sup>th</sup>, 2017; published: Apr. 28<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

**Objective:** To build three dimensional digitized visible models of the liver's vascular systems. **Methods:** The Visual C++ software was used to preprocess the CT images to extract the region of interest (ROI). A kind of 3D surface rendering technology was used to visualize the ROI. **Results:** The accurate and integrated hepatic artery, portal vein, and hepatic vein were reconstructed. Three-dimensional interactive browsing was achieved. **Conclusion:** These visible liver's vascular systems models show precisely complex anatomy structure and spatial relationship, which not only offer clinic diagnosis reliable anatomical data sets, but provide a good guide for virtual surgery.

## Keywords

Three Dimensional Visualization, Liver's Vascular Systems, Medical Image Processing

---

## 基于CT图像的人体肝脏血管系统三维可视化的实现

李雪丽, 江新青, 崔嵩, 梁莹莹, 吴红珍, 郑力强, 魏新华

广州市第一人民医院放射科, 广东 广州  
Email: [lixueli201010@sina.com](mailto:lixueli201010@sina.com)

收稿日期: 2017年4月5日; 录用日期: 2017年4月25日; 发布日期: 2017年4月28日

---

## 摘要

**目的:** 建立肝内动静脉血管的三维可视化数字模型。**方法:** 以Visual C++为数据处理工具, 对肝脏CT扫

**文章引用:** 李雪丽, 江新青, 崔嵩, 梁莹莹, 吴红珍, 郑力强, 魏新华. 基于 CT 图像的人体肝脏血管系统三维可视化的实现[J]. 生物医学, 2017, 7(2): 13-19. <https://doi.org/10.12677/hjbm.2017.72003>

描的动态图像进行图像预处理,提取感兴趣区;采用三维面绘制技术重建感兴趣区。结果:建立了较精确且完整的肝内动脉与静脉系统,实现了三维交互式浏览应用。结论:肝脏动静脉管系统可视化模型能准确反应肝脏内部血管系统的解剖结构与空间毗邻关系,不但可以为临床诊断提供可靠的影像解剖资料,还可以为虚拟手术提供重要的指导。

## 关键词

三维可视化, 肝脏血管系统, 医学图像处理

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

肝脏解剖,尤其是肝脏血管解剖的复杂性和多变性,增加了解剖性肝切除治疗的复杂性和操作技术的难度。虽然 Couinaud 分段法对肝脏的段和叶都有标准的解剖界限,但除少数经验非常丰富的肝外科专家外,要真正理解肝脏肿瘤与肝脏的叶、段以及肝内血管系统的三维关系仍然十分困难。因此术前精确掌握肝内血管的三维解剖和肿瘤的三维空间关系对于保证肝切除的安全性和精确性显得尤为重要,这已成为肝外科界热切关注的话题,亦是临床重要的研究课题之一[1] [2]。

## 2. 方法

### 2.1. 图像采集

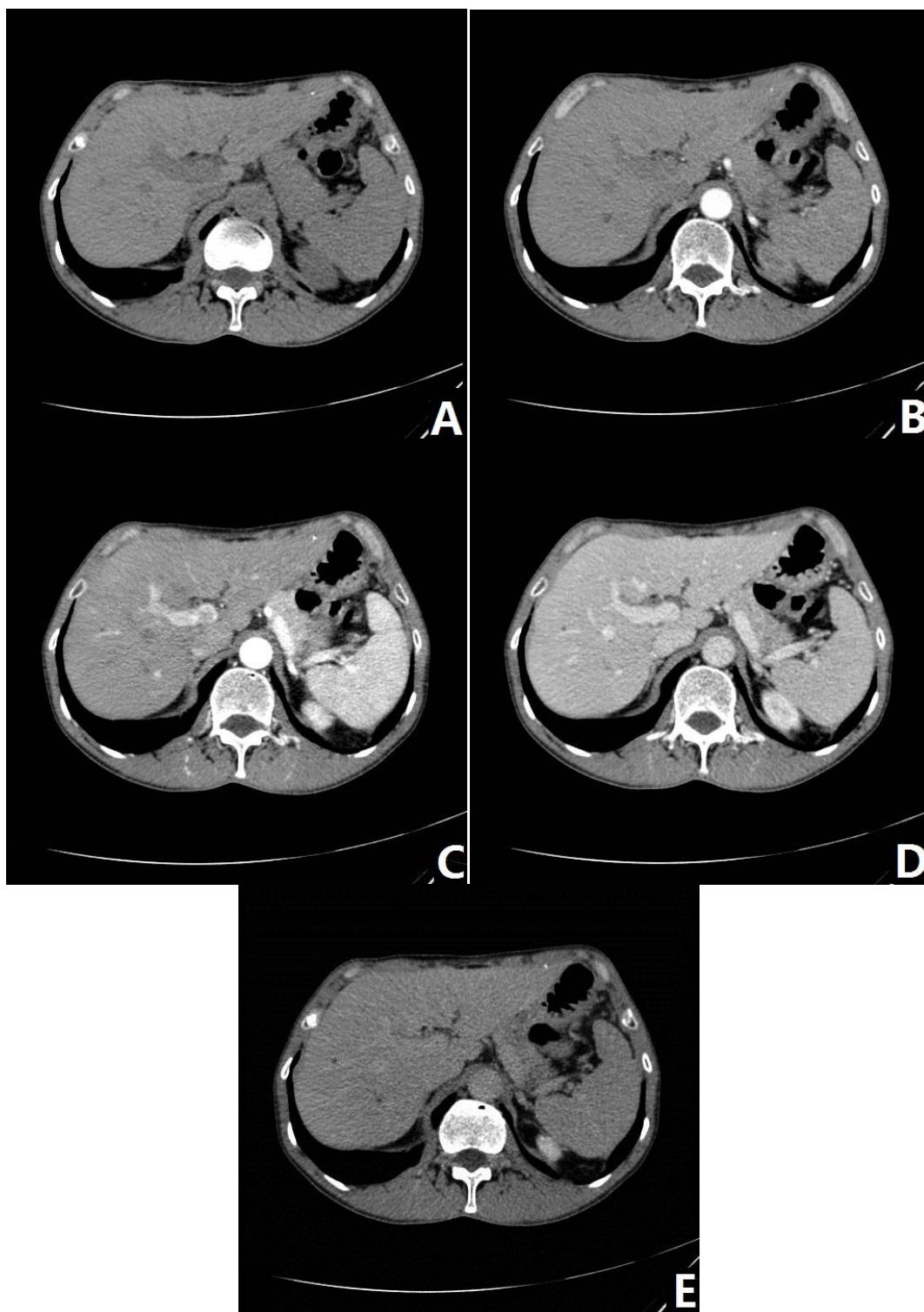
原始图像数据的采集在广州市第一人民医院放射科的东芝 320 排螺旋 CT 扫描仪上完成。扫描方式为动态增强 CT 扫描;扫描范围从横膈到髂前上棘,范围应覆盖整个肝脏组织;扫描参数为涡轮体数据扫描,重建层厚为 2 mm;扫描时相为平扫期、动脉早期、动脉晚期、门脉期、延迟期共五期。采集扫描数据时,要求一个平扫期与四个不同时相的增强期的扫描起始点、终结点相同,扫描顺序相同,扫描层数相同。扫描方式与参数为:患者取仰卧位,头足方向,扫描范围由膈顶至肝脏下缘。扫描时管电压 120 kV、管电流 100 mA、增强时造影剂注射速度 4 ml/s。图 1 为某一层 CT 扫描的五个不同扫描时期的图像。

### 2.2. 图像预处理

在图像采集过程中由于外界环境的干扰、设备的限制以及扫描过程中可能出现的呼吸及不自主运动,都会对图像数据产生一定的影响,因此,必须在图像的分割和重建之前进行图像的预处理,包括去除背景与无关结构组织、位置匹配、灰度直方图归一化等过程。图 2 即是对图像进行一系列预处理之后得到的某一断层层面各扫描时期的 CT 图像。

### 2.3. 提取感兴趣区

在图像预处理工作完成之后,CT 扫描仪采集到的平扫期与四个不同时相增强期的五组图像在空间位置与灰度的动态范围上实现了对应统一,这为下一步感兴趣区的提取工作提供了可能。根据不同血管在不同时相期的显影程度不同,对不同时相期的数据组进行四则运算,可以得到不同的感兴趣区。在本文所述的研究中,对五个时相的图像进行了两两相减运算,通过对相减的结果图像进行比较,发现采用以下图像



**Figure 1.** The CT scan images on same slice at different scanning time: (A) Unenhanced CT scanning, (B) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 18 seconds, (C) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 35 seconds, (D) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 75 seconds, and (E) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 5 minutes

**图 1.** CT 扫描获得的不同时期的一个断层扫描图像，分别为：(A) 平扫期；(B) 延时 18 秒动态增强扫描期；(C) 延时 35 秒动态增强扫描期；(D) 延时 75 秒动态增强扫描期；(E) 延时 5 分钟动态增强扫描期



**Figure 2.** The background cut CT scan images on same slice at different scanning time: (A) Unenhanced CT scanning, (B) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 18 seconds, (C) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 35 seconds, (D) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 75 seconds, and (E) Dynamic contrast enhanced CT scanning delayed for 5 minutes

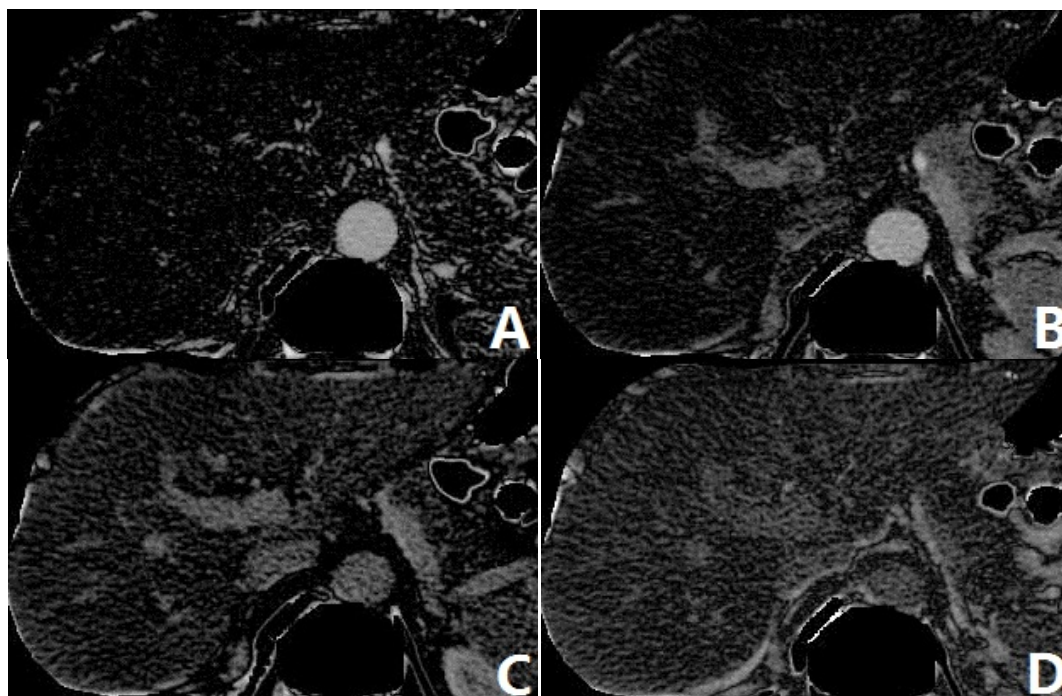
**图 2.** 去除无关组织与背景之后的各期图像的一幅断层图像，分别为：(A) 平扫期，(B) 延时 18 秒动态增强扫描期，(C) 延时 35 秒动态增强扫描期，(D) 延时 75 秒动态增强扫描期，(E) 延时 5 分钟动态增强扫描期

相减可以得到对比度较好的感兴趣组织图像：动脉早期图像减平扫期图像得到较好的肝动脉图像；动脉晚期图像减平扫期图像得到较好的肝门静脉图像；门脉期图像减平扫期图像可得到较好的肝门静脉与肝静脉图像；延迟期图像减平扫期图像可得到较好的肝脏组织图像。图 3 显示了上述相减运算后得到的结果图像。

初步提取感兴趣区之后，绝大部分无关成分已被削弱减少，只需采用简单的图像二值化处理即可将感兴趣部分与其余部分区分开来，图 4 是对图 3 中的图像进行二值化处理后的结果显示。

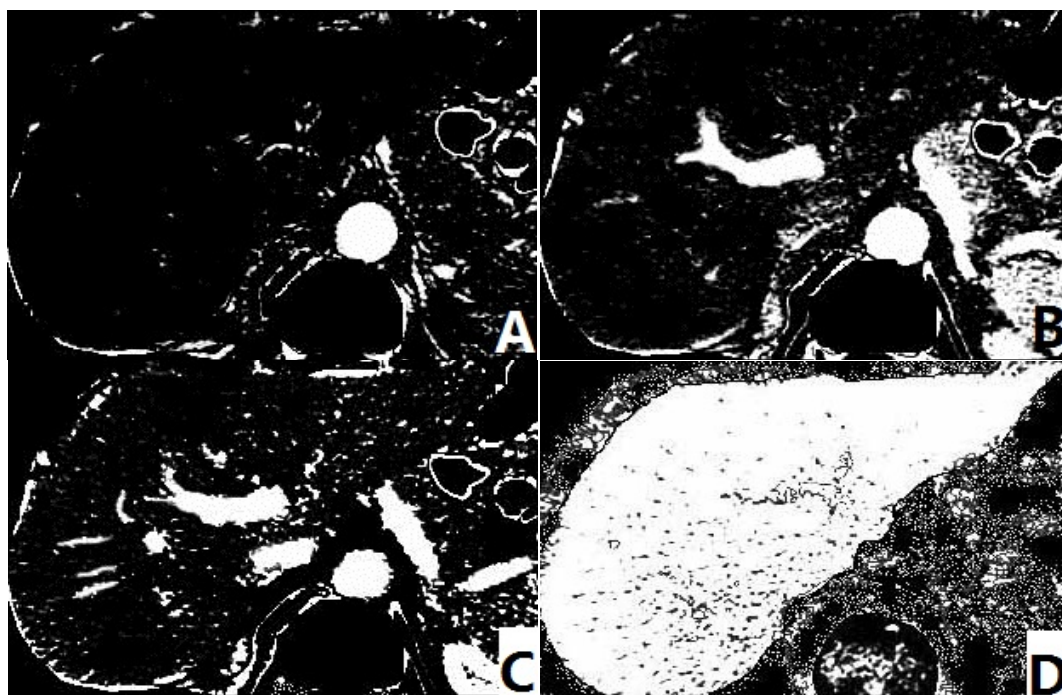
#### 2.4. 三维可视化

图像三维可视化方法主要有两大类，分别是体绘制法与表面绘制法。本研究中所应用的 3Dslicer 三维可视化软件[3]使用的是表面绘制法中具有代表性的 Marching Cubes 算法[4]。图 5 所示的 3Dslicer 三维可视化软件提供了友好开发界面与强大的图形绘制功能。经过提取感兴趣区，可以分别得到肝脏、肝动



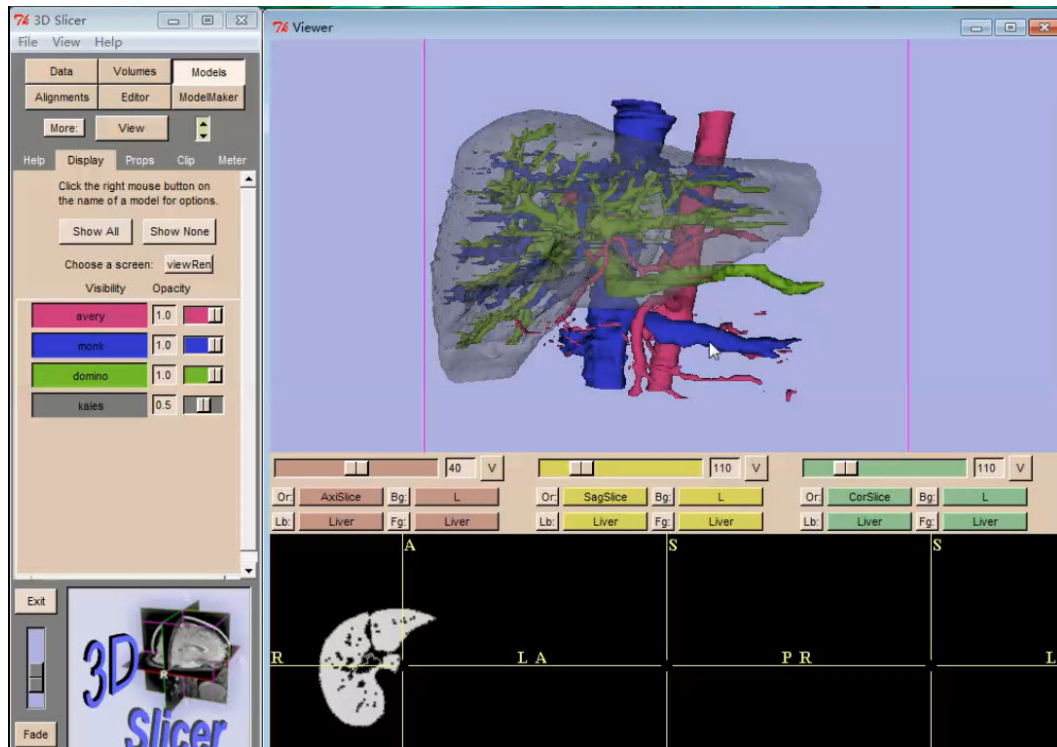
**Figure 3.** The image subtraction results on same slice: (A) the first multi-phase dynamic contrast enhanced CT scanning image minus the unenhanced CT scanning image, (B) the second multi-phase dynamic contrast enhanced CT scanning image minus the unenhanced CT scanning image, (C) the third multi-phase dynamic contrast enhanced CT scanning image minus the unenhanced CT scanning image, and (D) the last multi-phase dynamic contrast enhanced CT scanning image minus the unenhanced CT scanning image

**图 3.** 通过相减运算得到的感兴趣区图像，分别为：(A)动脉早期减平扫期图像、(B)动脉晚期减平扫期图像、(C)门脉期减平扫期图像、(D)延迟期减平扫期图像



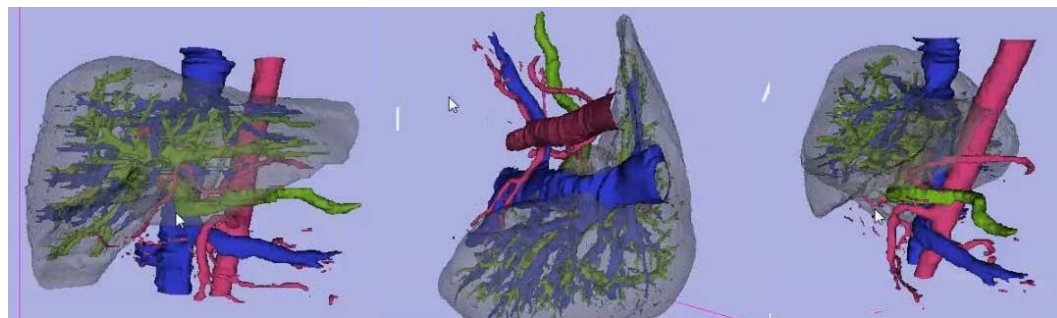
**Figure 4.** The binaryzation results of the images in Figure 3

**图 4.** 对图 3 中的图像进行二值化的图像



**Figure 5.** The 3D Slicer viewer of the liver noted by grey color (50% transparency) and its vascular systems including the hepatic artery noted by rose color, the hepatic portal vein noted by green color and the hepatic vein noted by blue color

**图 5.** 通过 3D slicer 软件显示的肝脏组织血管系统的三维可视化结果图，其中红色血管为肝动脉、蓝色血管为肝静脉、绿色血管为肝门静脉，肝脏组织采用灰色透明度为 50% 显示



**Figure 6.** The 3D visualization of the liver (50% transparency) and its vascular systems from different directions

**图 6.** 从不同角度对肝脏组织(50%透明度)与血管之间的毗邻关系进行三维显示

脉、肝门静脉、肝静脉的二值容积数据。为了融合显示信息，更好地定位空间位置，方便使用者观察，我们对提取到的不同组织结构的感兴趣区采用不同灰度值进行标记。

### 3. 结果

基于 CT 图像，建立了肝脏及其内部血管系统的三维表面模型，如图 6 所示可以直观地从不同角度进行旋转和缩放交互式操作来观察不同感兴趣区之间的毗邻关系。

### 4. 讨论

CT 扫描已经成为肝脏检测的重要手段，但是仅仅通过观察大量二维高分辨率图像来准确地确定病变

的空间位置、大小、几何形状以及与周围组织的空间关系是比较困难的。图像处理和三维重建技术的运用可以将医疗影像数据的真实感官效果展示给诊断人员,使其可以对病人的影像数据进行多方位、多层次的观察,减少主观判断和临床经验不足对诊断结果造成的影响。通过医学图像处理和三维重建还可以辅助医生对病人已经病变的组织进行定性或者准确的定量分析,从而将医疗影像设备输出的数据的利用价值得到最大程度的发挥,提高诊断的准确性[5] [6] [7]。而基于螺旋 CT 扫描后处理的肝脏及肝内血管系统三维重建影像有助于临床手术时的操作,有助于肝脏及肝内血管系统的解剖学临床教学,可以有力地促进解剖学教学数字可视化的进程,有力地推动肝脏外科的发展[8] [9]。

然而,从实用角度来看,本研究还存在以下一些缺陷:

首先,肝脏在人体中的位置会随着呼吸运动以及膈肌的升降而改变,因此即使是对于配合良好的屏气扫描病人,每次屏气的程度不同,扫描的范围也会略有不同,这给预处理阶段的配准工作带来了一定的难度,本研究中对于呼吸运动产生的错层现象只是简单的通过肉眼观察,选定每个扫描期的扫描范围,该范围起止层面的确定依据为有肝脏组织。而更精准的层面配准问题需要采用层间形态插值等方法来更好的解决。鉴于本研究尚处在初级阶段,这部分的研究将在下一步的工作中尝试解决。

其次,每个人的循环速度存在个体差异,因此对于动脉、门静脉、肝静脉与肝脏的提取所用到的各个时相的采集数据并不是一成不变的,本研究中五个时相的每两个时相的扫描数据都进行了相减运算,再通过目测结果决定选取哪个结果作为相应感兴趣区的提取结果,这无疑增加了人为干涉的因素,降低了结果的一致性,因此,在下一步的工作中,我们将尝试将这部分工作通过计算机计算比较来完成。

## 5. 结论

肝脏动静脉管系统可视化模型能准确反应肝脏内部血管系统的解剖结构与空间毗邻关系,不但可以为临床诊断提供可靠的影像解剖资料,还可以为虚拟手术提供重要的指导。

## 基金项目

本课题得到广州市医药卫生科技一般引导项目(20161A011006)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 陈铁军,唐云强,唐辉,江鹏. 3D 技术指导下个体化肝静脉分型及其在肝脏肿瘤切除中的应用[J]. 世界华人消化杂志, 2013(32): 3479-3485.
- [2] 晁凡,沈若武,张景利,赵成,管文敏,周宇石,刘方圆,谷方. 肝和肝血管三维重建的临床应用[J]. 中国当代医药, 2013, 20(23): 4-6.
- [3] <http://www.slicer.org>
- [4] Lorensen, W.E. and Cline, H.E. (1987) Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm. *Computer Graphics (SIGGRAPH 87 Proceedings)*, **21**, 163-170. <https://doi.org/10.1145/37402.37422>
- [5] 黄展鹏,易法令,鲍苏苏. 肝脏的三维可视化及切除术模拟研究[J]. 北京生物医学工程, 2010, 29(4): 336-339.
- [6] 方驰华,李克晓,范应方,鲍苏苏,钟世镇. 医学图像三维可视化系统在精准肝切除中的应用价值[J]. 中华消化外科杂志, 2011, 10(1): 29-32.
- [7] 范应方,项楠,蔡伟,方驰华. 三维可视化技术在精准肝切除术前规划中的应用[J]. 中华肝脏外科手术学电子杂志, 2014, 3(5): 8-11.
- [8] 娄丽,刘树伟,赵振美,王平安,汤煜春,谢永明,徐严滨,李振平. 基于冠状面数据的肝静脉和肝内门静脉的三维重建[J]. 解剖学杂志, 2007, 30(6): 685-688.
- [9] 刘本菊,周庭永,钱学华,张琳,李彦彦,王剑华,吕发金. 肝及肝血管的三维重建及可视化[J]. 解剖学杂志, 2011, 34(3): 362-365.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjbm@hanspub.org](mailto:hjbm@hanspub.org)