文章编号:1000-5404(2008)22-2103-04

论著

三维数字虚拟人体肝脏系统的建立及其应用

陈 刚[1],晋 云[1],谭立文[2],刘光久[2],李 恺[2],张绍祥[2],董家鸿[1] (第三军医大学:[1]西南医院全军肝胆外科研究所,[2]基础医学部解剖学教研室,重庆市计算医学研究所,重庆 400038)

摘 要:目的 建立基于中国可视化人(Chinese visible Human, CVH)的三维虚拟肝脏系统。**方法** 选取CVH的腹部断层图像数据,利用三维可视化技术,联合运用表面重建与体积重建的方法,建立数字虚拟肝脏系统,并赋予该系统多种交互功能,利用该系统对肝脏解剖进行研究。**结果** 成功建立数字虚拟肝脏系统。该系统具有任意移动、旋转、缩放、切割和多种多重显示等功能;具备多种测量功能和一定的虚拟手术功能,可准确揭示尾叶及肝外门、腔静脉间隙的解剖情况。**结论** 数字虚拟肝脏系统能真实展示肝内外重要结构的解剖特征,为肝外科虚拟手术的发展提供可视化平台。

关键词: 可视人;肝脏;三维重建;可视化;虚拟手术
中图法分类号: R319;R322.47 **文献标识码:** A

Reconstruction and application of 3D digitized human liver on Chinese Visible Human

CHEN Gang[1], JIN Yun[1], TAN Li-wen[2], LIU Guang-jiu[2], LI Kai[2], ZHANG Shao-xiang[2], DONG Jia-hong[1] ([1]Institute of Hepatobiliary Surgery, Southwest Hospital; [2]Department of Anatomy, College of Medicine, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To build a 3D digitized visible model of liver to provide anatomical structure for surgical plans of hepatic operation. Methods Transverse sections of abdomen were chosen from the Chinese Visible Human dataset. The liver was reconstructed at 3D level with surface rendering combined volume rendering reconstruction. Many interactive functions were added. The established system was used to carry out a virtual anatomy for liver structure. Results Accurately segmented images of the main structures of liver were completed. The reconstructed structures can be displayed singly, in small groups or as a whole and could be continuously rotated in 3D space at different velocities. The profound areas, such as caudate lobe and extrahepatic portacaval space, could be shown clearly. Conclusion The reconstructed liver is realistic, which demonstrates the natural shape and exact position of the structures. It provides an accurate model for the training of the hepatic operation.

Key words: Visible Human; liver; three-dimensional reconstruction; visualization; virtual operation

随着肝尾状叶(caudate lobe, CL)切除、活体肝移植以及劈离式肝移植等高难度手术的逐步开展,对肝脏解剖的研究也越来越深入,对于临床肝脏解剖的精确性、明确性、实用性等要求也更迫切。而传统的解剖研究方法并不能很好地解决临床的一些疑难问题。我们在中国可视化人1-5(Chinese visible Human, CVH 1-5)数据集的基础上,利用三维虚拟技术成功建立了三维虚拟肝脏系统,旨在为临床诊断治疗提供正常的解剖形态学理论依据,为进一步研究肝脏解剖和肝外科虚拟手术提供平台。

基金项目: 国家自然科学基金(60473128)
Supported by the National Natural Science Foundation of China(60473128)
作者简介: 陈 刚,男,江苏省南京市人,博士,主治医师,主要从事肝脏外科方面的临床研究。电话:(023) 68753708,E-mail: cgang997@163.com
通信作者: 董家鸿,E-mail:dongjh@163.com
收稿日期: 2008-03-20;**修回日期:** 2008-04-11

1 材料与方法

1.1 一般资料

1.1.1 腹部断层图像的基本情况 选取CVH 1-5数据集上腹部连续断面图像。CVH 1-5数据集来源于无器质性病变的青壮年人体标本5例(男性2例,女性3例;年龄21~35岁),CVH1-5数据集腹部断层图像的基本情况见表1。所有标本均获准用于医学研究。

表1 CVH1-5数据集腹部断层图像的基本情况

CVH数据集	年龄(岁)	性别	身高(mm)	体质量(kg)	层距[a](mm)	图像大小(MB)	分辨率	肝脏断层数目
CVH 1	35	男	1 700	65.0	1.0	36.0	3 072×2 048	1 629~1 807
CVH 2	22	女	1 620	54.0	0.5	36.0	3 072×2 048	2 230~2 577
CVH 3	21	男	1 820	66.0	0.1	62.9	4 064×2 704	4 933~6 998
CVH 4	25	女	1 620	57.5	0.5	62.9	4 064×2 704	1 288~1 650
CVH 5	25	女	1 700	59.0	0.2	62.9	4 064×2 704	2 155~3 135

a:腹部横断层的间距

1.1.2 CVH 1-5 数据集的采集 标本经20%红色明胶动脉灌注后,用5%蓝色明胶包埋,置入模具容器内于 -30 ℃冰库中冰冻1周;然后将标本移至 -25 ℃低温实验室中,利用改进的TK-6350型数控铣床(铣切精度为0.001 mm)从头至足逐层铣切,数码相机(Canon,EOS-1Ds,1 100万像素)摄像,存储入图形工作站,建立人体数据集[1]。

设定层间距1.0 mm,选取CVH 1-5中的上腹部断层图像。应用Photoshop 9.0软件进行图像配准及图像格式的转换,得到上腹部数据集,命名为CVH-abdo 1-5。

1.2 方法

1.2.1 图形工作站(HP xw 9300)的配置 硬件配置:中央处理器:5.0 GB AMD Hyper Transport™;显示卡:Quadro FX 4500双显卡;物理内存:16.0 GB。操作系统:Windows XP。软件:Amira (Version 4.1; TGS, USA)大型三维虚拟系统,Photoshop 9.0图像处理软件,VTK图形库,VC++ 6.0集成开发环境等。

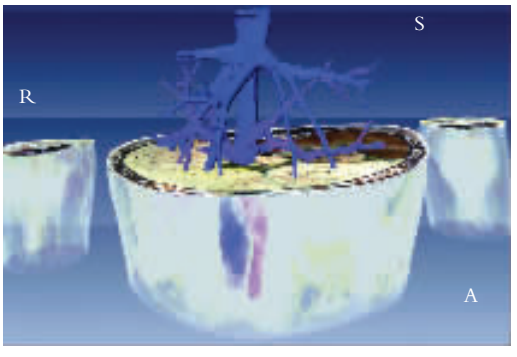
1.2.2 建立三维虚拟肝脏系统 将CVH-abdo 1-5导入Amira中,经过转换、裁切、重采样等处理,对重要结构进行有效分割;然后进行表面重建(surface modeling)与体素重建(volume modeling),建立数字虚拟肝脏系统,赋予其任意放大缩小、移动旋转、切除或切取,以及多种测量等功能。

1.2.3 肝脏的三维解剖研究 利用三维虚拟肝脏系统,对肝脏进行虚拟解剖,并对感兴趣的区域进行连续追踪、观察、测量。我们利用该系统对肝脏尾叶与肝外门、腔静脉间隙进行了追踪观测。

2 结果

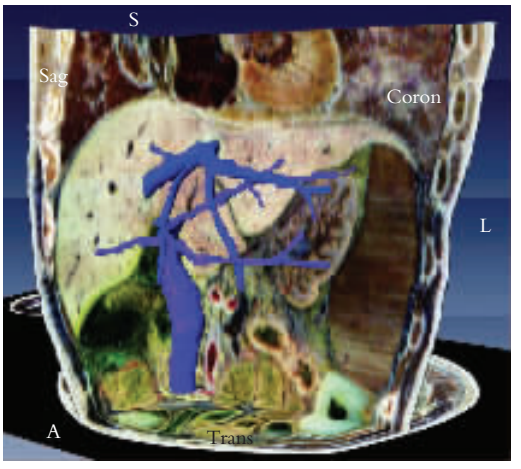
2.1 三维虚拟肝脏系统的建立

结合三维表面重建与三维体积重建的方式,实现三维表面重建与体积构建的有机结合,建立了中国人体三维数字虚拟肝脏系统(图1)。所重建的结构可单独或共同显示,可任意移动或旋转、放大缩小、平面切割,可透明或半透明显示。重建效果准确、逼真、生动,可应用于解剖教学与临床肝脏外科。该系统可提供单独或联合显示的功能,可显示任意方向、平面的断层或同时联合显示任意数量、种类的断层图像(图2)。该系统具有三维测量功能,可利用二维或三维测量工具对选择的区域进行平面或空间距离、角度、体积等数据的测量。



紫色:门静脉;蓝色:肝静脉与肝后段下腔静脉 S:上;R:右;A:前 三维体积重建呈半透明显示

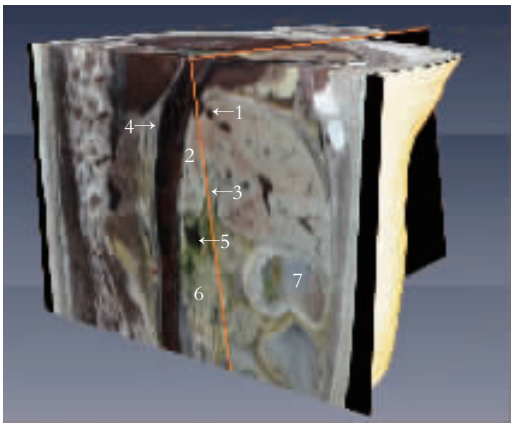
图1 融合显示三维体积重建的肝实质与表面重建的肝内血管



紫色:门静脉;蓝色:肝静脉 Coron:冠状面;Sagi:矢状面;Trans:横断面;L:左

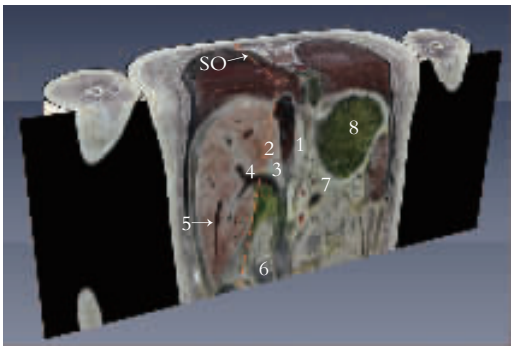
图2 肝内血管与肝脏横断面、冠状面、矢状面的联合显示

该系统还具有虚拟解剖功能和一定程度的虚拟手术功能,可定义任意方向或角度对该虚拟解剖模型进行切割,显示任意切面,切除后残余肝脏或切除的肝组织,切面所包含的血管情况,以及该切面涉及的肝外组织器官情况(图3~5)。



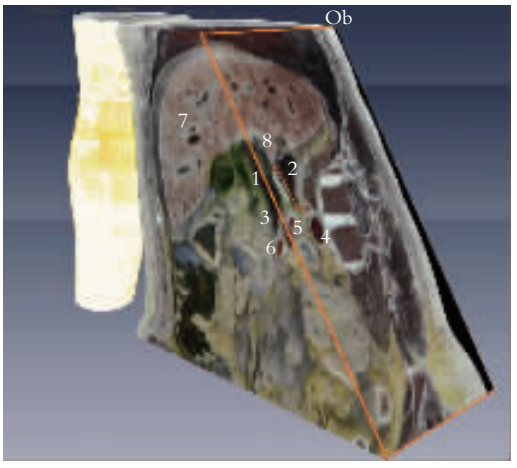
1:肝左静脉(LHV);2:Spiegel叶(肝脏CL左侧部);3:肝蒂;4:下腔静脉(IVC);5:门静脉主干(MPV);6:胰腺;7:胃

图3 经过肝蒂的肝脏尾叶矢状切面断层情况



1:Spiegel叶(肝脏CL左侧部);2:腔静脉旁部(PP);3:尾状突(CP);4:门静脉(PV)右支;5:肝中静脉(MHV)属支;6:十二指肠;7:胰腺;8:胃;9:脾 SO:矢状斜断面,即相对的肝脏CL右缘边界

图4 经过下腔静脉前壁的肝脏尾叶在冠状切面的断层情况



1：门静脉主干(MPV)；2：下腔静脉(IVC)；3：肠系膜上静脉(SMV)；4：腹主动脉；5：脾动脉(SA)；6：肠系膜上动脉(SMA)；7：肝右叶；8：尾状突(CP)　L：尾状突(CP)下缘至胰体的上缘的门静脉主干(MPV)纵轴长度；Ob：平行 MPV 走行方向的斜断层

图 5　联合显示沿门静脉主干走行方向的斜切面与经过门静脉主干的冠状切面

2.2　肝脏尾叶与肝外门、腔静脉间隙区域的解剖揭示

通过对肝脏尾叶与肝外门、腔静脉间隙区域的追踪、观察，大体明确了他们的解剖特点、境界、内部的结构以及与周围毗邻组织器官的关系等(肝脏尾叶见图 3～4；肝外门、腔静脉间隙见图 5)。利用该系统的多种交互功能，对肝脏尾叶与肝外门、腔静脉间隙区域进行了虚拟剖切，以更好地揭示他们的解剖情况，并模拟了该区域的手术操作。

3　讨论

迄今为止，大多数有关肝脏的解剖研究是建立在铸型模型和断层解剖的基础上的。利用肝脏铸型标本进行研究具有许多优势，如可以完全显示肝内的管道结构，建立三维解剖概念；对肝脏 CL 这样深入的部位尤其适合，可以观察到肝脏 CL 纤细的血管，胆管等结构，明确肝脏 CL 的血管，胆汁回流等情况。但是铸型模型也具有难以弥补的缺陷：铸型模型多为体外制作，只能显示离体器官的内部结构，而且在制作过程中，还涉及到器官会有不同程度的变形，不能完全代表原位解剖的状况；此外铸型模型只能揭示单独器官的内部结构，对其周围毗邻部位无法包括；难以模拟真实的解剖环境。断层研究的优势在于可按研究需要切削不同方位、水平的断层，进行针对性研究，从不同方向、角度提供研究目标的内部断层结构，从而拓宽解剖内涵，有利于更全面地掌握局部解剖。其缺陷在于标本可重复性差，无法提供同一标本的不同断层，给研究带来不便，一旦断层制作完成，也无法修改等。因此，利用以上方法并不能很好地解决一些临床应用解剖的现实问题。

目前广泛应用的 CT、MRI 可以提供不同方向、水平的肝脏(上腹部)断层灰度图像。对于临床医师来说，通过断层图像来判断出肝内结构的准确空间位置及其相互间的关系，显然是比较困难的，而通过建立病例的三维影像，则大大有助于临床医师对以上情况做出准确判断，减少术中损伤，降低手术风险[2,3]。随着三维可视化技术在临床影像中的应用[4,5]，目前有必要建立适当的三维解剖模型，以揭示空间解剖关系，为影像诊断、临床治疗提供参照与参考。

一些学者[6,7]在临床影像资料的基础上对肝脏结构的三维重建进行了研究，取得了一些进展。但是由于肝脏内部解剖关系复杂，各结构间联系紧密，而且影像资料分辨率较低，完整的肝脏重建模型尚未建立，重建效果仍有待进一步提高，也难以在临床诊断、治疗中提供参考作用。目前，对肝脏内部结构及其外部毗邻组织器官进行三维构建是三维可视化研究中的一个焦点，也是难点所在。

鉴于数字虚拟肝脏对于医学临床、教学、训练的重要意义，Marescaux 等[8]曾利用 VHP(Visible Human Project, VHP)[9]的图像建立了虚拟的肝胆系统，并得到应用，但仅仅包含 1 个个体，图像并不具有很好的代表性，而且也不适合我国人体的特点。目前，在 CVH 数据集的基础上，我们已建立了一些人体器官组织的三维模型，如脑、胰腺等，并已初步应用于临床，效果良好[10,11]。因此，建立基于我国人种特征的、具有自主知识产权的三维数字虚拟肝脏系统，对于指导临床诊断、治疗，进行科研教学等显得尤为紧迫。

我们在已建立的 CVH 1-5 数据集的基础上，选取其中高质量的上腹部断层图像，利用先进的可视化技术，通过 Amira 三维可视化平台，建立了基于我国人体特征的三维数字虚拟肝脏系统。该系统可以三维展示肝脏自身及其周围毗邻器官组织的结构及它们之间的相互关系，显示效果直观逼真，细节丰富，更接近于人体真实情况；具备多种交互功能；具有任意剖切功能，具备一定的虚拟手术功能。该虚拟三维系统的建立为研究肝脏解剖，尤其是疑难部位的解剖提供了一个便利、准确、交互与可重复的平台，具有操作简便，准确全面、虚拟性强等特点，可弥补铸型、断层等其他解剖研究方法的不足，同时也为肝脏解剖研究提供了一种有前景的新方法，对脾脏外科临床实践、科学研究与教学具有较高价值。

参考文献：

[1] Zhang S X, Heng P A, Liu Z J, *et al*. The Chinese Visible Human (CVH) datasets incorporate technical and imaging advances on earlier digital humans[J]. J Anat, 2004, 204(3): 165－173.

[2] Herfarth C, Lamade W, Fischer L, *et al*. The effect of virtual reality

and training on liver operation planning[J]. Swiss Surg, 2002, 8(2): 67 - 73.
[3] Lang H, Radtke A, Liu C, *et al*. Extended left hepatectomy--modified operation planning based on three-dimensional visualization of liver anatomy[J]. Langenbecks Arch Surg, 2004, 389(4): 306 - 310.
[4] Uchida M, Ishibashi M, Abe T, *et al*. Three-dimensional imaging of liver tumors using helical CT during intravenous injection of contrast medium[J]. J Comput Assist Tomogr, 1999, 23(3): 435 - 440.
[5] Harms J, Bartels M, Bourquain H, *et al*. Computerized CT-based 3D visualization technique in living related liver transplantation[J]. Transplant Proc, 2005, 37(2): 1059 - 1062.
[6] Hiroshige S, Nishizaki T, Soejima Y, *et al*. Beneficial effects of 3-dimensional visualization on hepatic vein reconstruction in living donor liver transplantation using right lobe graft[J]. Transplantation, 2001, 72(12): 1993 - 1996.
[7] Simone M, Mutter D, Rubino F, *et al*. Three-dimensional virtual cholangioscopy: a reliable tool for the diagnosis of common bile duct stones[J]. Ann Surg, 2004, 240(1): 82 - 88.
[8] Marescaux J, Clement J M, Tassetti V, *et al*. Virtual reality applied to hepatic surgery simulation: the next revolution[J]. Ann Surg, 1998, 228(5): 627 - 634.
[9] Spitzer V, Ackerman M J, Scherzinger A L, *et al*. The visible human male: a technical report[J]. J Am Med Inform Assoc, 1996, 3(2): 118 - 130.
[10] 李七渝, 张绍祥, 谭立文, 等. 数字化人体大脑坐标系的建立及三维测量[J]. 第三军医大学学报, 2007, 29(8): 688 - 690.
[11] 晋 云, 陈 刚, 张绍祥, 等. 胰腺及其周围结构的多方位断层解剖研究[J]. 第三军医大学学报, 2007, 29(23): 2271 - 2273.

(编辑 张 维)

我校举行第二届博士研究生学术论坛

2008 年 10 月 10 - 11 日,第三军医大学第二届博士研究生学术论坛在第一教学馆隆重举行。本次论坛邀请了中国科学院赵国屏院士、第二军医大学曹雪涛院士、清华大学程京教授、天津大学赵学明教授等专家,就微生物基因组学、免疫学、生物芯片、合成生物学等前沿领域及新兴学科的探索与进展举行了专题报告会。论坛共收到博士研究生学术论文 150 余篇,内容涵盖学校研究生培养的各个学科专业,10 名经过单位推荐、专家评审、擂台选拔赛等诸多环节精心遴选出来的博士研究生大会报告了自己的科研工作。10 篇论文获优秀论文奖,21 篇获优秀论文提名奖。军事预防医学院、医学检验系(药学院)、西南医院、研究生管理大队、学员五队和七队等 5 个单位获优秀组织奖。

我校博士研究生学术论坛从 2007 年开始举办,每年举办 1 届。论坛以新领域、新发现、新成果为选题,鼓励研究生以自主报告的形式广泛开展学术交流,同时设立生命科学前沿讲坛,邀请知名专家来校讲学,旨在为博士研究生搭建高起点、多学科的学术交流平台,使他们在名师名家的指导下,在轻松而热烈、自由而严谨的氛围中,丰富前沿知识,拓宽学术视野,激发学术热情,启发科学思维,促进博士研究生创新思维的形成,进一步提高广大研究生,尤其是博士研究生的创新能力。

优秀论文奖名单

序号	作者	论文题目	指导教师(培养单位)
1	尚小云	Rational Optimization of the Tumor Epitope NY-ESO-1157-165 with TCR Contact Residue Substitution Using In Silico Analysis	吴玉章教授(基础医学部)
2	梅 峰	Plasticity of Interstitial Cells of Cajal Involves Proliferation and Transdifferentiation to a Smooth Muscle Phenotype in Adult Guinea pigs and Mice	周德山教授(基础医学部)
3	邓 均	Mesenchymal Stem Cells Mobilized by Granulocyte Colony-stimulating Factor Promotes Tissue Repair in Serious Craniocerebral Traumas	粟永萍教授(军事预防医学院)
4	晏泽辉	Regulatory Polymorphism in the Promoter of IL-10 Gene and Hepatitis B-related Acute Liver Failure in Chinese Population	王宇明教授(西南医院)
5	汤旭东	小鼠肝素酶 CTL 表位对荷瘤小鼠的免疫保护和免疫治疗效应研究	杨仕明教授(西南医院)
6	王永权	膀胱 ICC 细胞在豚鼠逼尿肌不稳定中的作用研究	宋 波教授(西南医院)
7	李 懿	Changes in Genomic Imprinting and Gene Expression Associated with Transformation in a Model of Human Osteosarcoma	郭乔楠教授(西南医院)
8	胡 荣	Upregulation of ASIC1a Contributes to Secondary Injury Following Spinal Cord Injury	冯 华教授(西南医院)
9	姜 巍	元情绪能力训练对特种新兵情感状态的影响研究	郑 健教授(新桥医院)
10	郭瑞威	STIM1 基因沉默抑制血管平滑肌细胞增殖	黄 岚教授(新桥医院)

(吴 强 供稿)