维普资讯 http://www.cqvip.com

局解手术学杂志 2008年第17卷第1期
J Regional Anat & Operative Surg, 2008, Vol. 17, No. 1

·论 著·

原位及游离肝脏可视化数据集获取技术研究

李 恺,张绍祥,谭立文,刘正津 (第三军医大学基础医学部人体解剖学教研室,重庆市计算医学研究所,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 建立可供计算机自动识别与三维重建的高精度人体原位肝脏和游离肝脏可视化数据集。**方法** 采用管道灌注法对肝脏进行灌注填充,经数控机床逐层铣切,完成断面图像数码摄影。**结果** 获取无缺损的连续薄层横、冠、矢状断面可视化肝脏图像数据集。**结论** 经灌注后铣切获取的薄层肝脏断面图像能够更好地展示肝内管道系统的断面解剖学数据,有利于计算机准确而快捷地识别与完成肝内管道系统的三维重建。

[关键词] 可视化肝脏;肝内管道;灌注;解剖学
[中图分类号] R322.47;R319 [文献标识码] A [文章编号] 1672-5042(2008)01-0003-03

A study on data acquisition of liver of visible human

LI Kai, TAN Li-wen, ZHANG Shao-xiang, LIU Zheng-jin (Department of Anatomy, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To establish more detailed digitized dataset of original and free liver which were automatic recognized and 3D reconstructed by computer easily. **Methods** After intrahepatic vessels perfusion with appropriate perfusate, the liver was shaved off by numerical control milling machine. **Results** The series free hepatic datum set with transverse, coronal and sagittal planes were obtained. The datum set is acquired from the serial sections of the cadaver without any loss of data. **Conclusion** The perfusion methods of the intrahepatic vessels offer unique insights into the complex intrahepatic structures and its adjacent structures, and avail to computer automatic recognition for 3D reconstruction accurately.

Keywords: visible liver; intrahepatic vessels; perfusion; anatomy

肝内四套管道解剖结构复杂、分支相互交错,在其连续断层图像中,管道颜色相近、形态相似而不易识别,难以准确地完成树状物样肝内管道的计算机三维重建。我们采用数字化可视人体数据获取技术[1-5]及肝内管道灌注法,对原位和游离肝脏进行超薄断面铣切,并采用数码相机摄取断面图像,获得对位准确、图像清晰的肝脏连续断面图像数据集。

1 材料与方法

1.1 标本选择

1.1.1 原位肝脏标本选择 选择体形匀称、非器质性病变死亡的成人自愿捐献的新鲜尸体标本5例,经计算机断层扫描和核磁共振检查,排除具有肉眼可见器质性病变和形态结构变异的肝脏标本[6]。

1.1.2 游离肝脏标本选择 选择成人自愿捐献的新鲜尸体标本3例,在死亡10 h之内剪断肝圆韧带、镰状韧带和左右三角韧带,尽量远离肝门结扎并切断肝蒂,以保留足够长的肝外管道,于右肾蒂水平切断肝脏下方的下腔静脉,沿膈肌腔静脉裂孔结扎并切断肝脏上方的下腔静脉,连同膈肌游离出肝脏,观察肝脏无破损及肉眼可见的病变和形态变异。

1.2 血管灌注

1.2.1 原位肝脏动脉灌注 ①预处理:将尸体平卧,钝性分离右侧股动脉或右颈总动脉,游离所选取的动脉管道上、下端口,分别双向置入适宜口径的动脉插管并予以固定。②灌注液配制:取医用明胶颗粒150 g,倒入1 000 mL温水中配成浓度为15%的明胶溶液,水浴恒温,并加入适量红色球膜颜料至明胶溶液呈深红色。③动脉灌注:将动脉内遗存液体抽出后,分别朝向心和离心方向进行动脉灌注,维持一定的压力。右侧股动脉向心端灌注约2 000 mL,离心端灌注约600 mL,右颈总动脉向心端灌注约2 500 mL,离心端灌注约200 mL。随后,拔除插管,结扎动脉,缝合皮肤并清理切口。

1.2.2 游离肝脏管道灌注 ①预处理:游离肝脏悬置于4%甲醛溶液中维持其自然形态,分离第一肝门和第二肝门处的肝脏管道结构,各管道端口插管。用5%枸橼酸钠生理盐水冲洗肝内管道,直至肝脏颜色变浅及下腔静脉流出清澈液体为止,连续紧密缝合肝脏的下腔静脉断端[6]。②管道灌注:填充剂采

[基金项目] 国家杰出青年基金资助项目(39925022),国家自然科学基金资助项目(30270698,60373112)

[作者简介] 李 恺(1974-),男,重庆市人,讲师,博士,主要从事断层影像解剖学及计算机三维可视化方面的研究。电话:(023)68753708,E-mail:likai@tmmu.edu.cn
[通讯作者] 张绍祥,教授,博士生导师

[收稿日期] 2007-09-20 [修回日期] 2007-11-15

维普资讯 http://www.cqvip.com

用过氯乙烯 20 g + 乙酸乙酯 100 mL，配制成 20% 的塑料灌注溶液，分别加入颜色值差异显著的红、绿、黄油画颜料进行颜色调配。经插管分别进行多管道分色灌注，依次灌注肝动脉、胆管和肝门静脉[7]。首次灌注后，每 4 h 补注 1 次，共 3 次。

1.3 冰冻包埋

1.3.1 模具制作 根据标本的实际体积和铣床平台的承载要求，设计特制的铝制模具用于容纳解剖标本与包埋剂，保持标本在铣切过程中的稳定性。在模具容器内的顶底两面的四个角处纵向对称牵拉四条相互平行的透明塑胶管，原位肝脏标本模具的管长 200 cm，游离肝脏标本模具的管长 80 cm，管径 4.0 mm，呈紧张绷直状态，管内充填红色明胶溶液[8-9]，作为断面图像的配准标记点。原位肝脏标本模具的体积为 195 cm × 50 cm × 50 cm。游离肝脏标本模具的体积为 75 cm × 30 cm × 30 cm。

1.3.2 低温包埋 将待铣切标本按照解剖学体位置入模具内正中位置，周围以蓝色明胶冰块固定，使标本摆放准确、对称、稳定。缓缓加入蓝色明胶包埋液，至液面超过容器内的上定标线即可。标本容器整体置于低温速冻库中，保持明胶液面水平，维持冻库 -20 ~ -25 ℃的工作温度，密闭冰冻 1 周至明胶包埋液完全冻结为明胶立方冰体，完成标本的冰冻包埋固定。

1.4 低温铣切

1.4.1 铣切准备 在相对密闭、-25 ℃恒温的低温实验室中，采用 TK-6350 型数控卧式镗铣床进行铣切，铣切精度可达 0.001 mm。将冰冻明胶标本包埋冰体拆卸模具后，固定于低温实验室的铣床平台上。预先调整原点坐标，确定铣刀初始位置，使铣切面与铣切刀盘所在面平行，并保持 5 ~ 8 cm 的初始距离。

1.4.2 标本铣切 运行铣床，进行标本断面铣切。每个断面铣切完成后，清洁铣削断面，将标本定位并进行数码摄像，在下一次铣切前，修改标本铣切的进位值，如此循环，直至完成整个标本的全部铣切工作。

1.5 数据采集和存储

每一层铣切面用数码摄像系统进行数据获取。采用佳能 EOS-1DS 数码相机（1 100 万像素数码相机，摄影分辨率为 4 064 × 2 704 像素），通过数据线与低温实验室外的摄像操控电脑相连，进行数码图像获取的操作，完成标本断面图像的数字化格式的储存和转换，记录图像摄影参数。获取的图像数据格式为 RAW（原始图像数据储存格式），将整个数据通过宽带局域网络传输到拥有 2.2 TB（1 TB = 1 000 GB）数据容量空间的 ACCSTOR DS 8400 磁盘阵列机中，进行数据储存和资料管理。磁盘阵列机通过网络数据服务器连接于局域网络，构成一个网络图像资源的中心数据库。RAW 图像格式经格式转换为无数据压缩的 TIFF 图像格式（标签图像文件格式）后，再由 TIFF 转换为应用广泛的 BMP 格式（位图文件格式），在授权的前提下实现数字化图像数据集的共享与交流。

2 结果

获得 5 套正常人体原位肝脏连续薄层横断面图像数据集（CVH-1 ~ CVH-5）和 3 套正常人体游离肝脏连续薄层断面图像数据集（CVL-1 ~ CVL-3），呈横断位、冠状位和矢状位数据集各 1 套，见表 1。

表 1 原位及游离肝脏连续薄层断面图像数据集

	间距(mm)	层数	分辨率(dpi)	图像大小(MB)	数据量(GB)
CVH-1	1.0.	180	3 072 × 2 048	36.0	6.48
CVH-2	0.5	312	3 072 × 2 048	36.0	11.23
CVH-3	0.1	1 987	4 064 × 2 704	62.9	124.98
CVH-4	0.5	346	4 064 × 2 704	62.9	21.76
CVH-5	0.2	958	4 064 × 2 704	62.9	60.26
CVL-1	0.2	646	4 064 × 2 704	62.9	40.63
CVL-2	0.2	290	4 064 × 2 704	62.9	18.24
CVL-3	0.2	1 282	4 064 × 2 704	62.9	80.64

可视化肝脏数据集层间距为 0.1 ~ 1.0 mm，断面图像有效分辨率最大为 10 989 056（4 064 × 2 704）像素（图 1），图像以 TIFF 格式保存，每个断面图像文件大小最大为 62.9 MB。肝脏断面对位精确，图像结构完整，管道结构展示清晰明确。

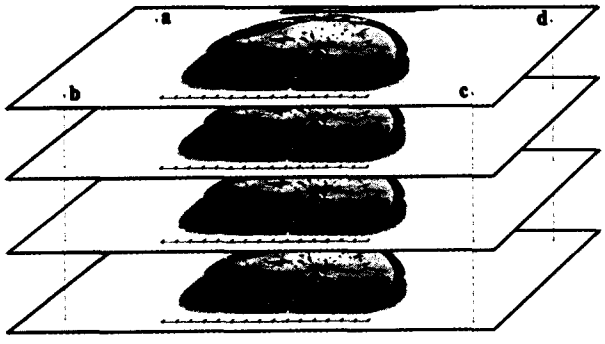


图 1 肝脏断面定标点（a、b、c、d）立体示意图

3 讨论

3.1 肝脏管道的精细数据获取

可视化人体肝脏建模是计算机技术、图像处理技术和人体形态学研究相结合的新课题，对肝脏的肝内管道灌注提出了更高的要求。而此前美国的两例可视化人体数据集和韩国的 1 例可视化人体数据集均未对血管系统作前期灌注处理[8,10]，在肝脏断面图像上，动、静脉血管因管道断面颜色相近而不易区分，也不利于后期管道结构图像的分割和三维重建。为了便于在后期计算机图像处理过程中加强对肝内管道断面信息的准确识别，并减少人工手动分割的工作量，选择适宜的填充剂对肝内四套管道进行分色灌注十分必要。

本实验针对游离肝脏的肝内管道分别选择 RGB 颜色值相差显著油画颜料填充剂进行管道灌注，使肝

维普资讯 http://www.cqvip.com

脏断面图像中的各管道断面相互间更易于分辨并与周围组织区别明显。肝内管道灌注顺序按照管径先细后粗依次填充,避免管径较大的管道因预先灌注而压迫其它管径相对较为细小的管道[6-7]。灌注压力保持均匀适度,避免肝内管道的变形、破裂,确保清晰的断面图像质量,便于计算机图像软件在后期的图像处理过程中快速、准确地自动识别。

标本铣切技术的精确度和稳定性是可视化肝脏数据获取的关键环节,本实验采用自行设计制作的低温实验室,将人体肝脏包埋标本、高精度数控铣床和数码摄像系统均设置于其内,保证了高质量的肝脏连续断层解剖图像数据的采集。而国外采用将包埋标本在低温冻库中冰冻后,再移至常温下的机械铣床进行断面铣切的实验方法[8,10],存在下列问题:①冰冻标本转移时存在40~50 ℃的温差,使铣切面雾化模糊和包埋体软化变形,导致断面图像不清晰和图像数据变形;②反复安装和拆卸冰冻标本影响连续断层图像的精确对位。本实验采用的低温实验室解决了上述问题,保证了图像数据的完整性、清晰性和连续断层间的对位精度。

3.2 肝脏断面图像数据管理

科学计算可视化运用计算机图形学和图像处理技术,将科学计算过程中产生的图像数据及计算结果转换为图形或图像并显示出来,把隐藏于大量计算数据集中的物理信息转化为有组织结构显示的视觉信号集合。面对大量的图像数据,需要进行有效的资料管理,使其发挥效能。图像存档与通信系统(picture archiving and communication system,PACS)是专为医学图像数据管理而设计的系统,包括图像获取、处理、储存和显示的软硬件系统,是医学图像、数字化技术、计算机技术和网络通信技术相结合的产物,计算机网络是其主要部分[11]。

可视化肝脏数据集图像具有RAW、TIFF、BMP和JPG四种文件格式和一种医学数字成像和传输标准(digital imaging and communication in medicine,DICOM),四种文件格式之间可以进行相互间的格式转换。DICOM作为医学图像与通信的统一格式标准,实现了原始图像数据的数字化存储与网络化快捷传输。DICOM标准有效地利用了各种设备的影像资源,而不必考虑图像存储格式[12]。但DICOM图像不能被常用的图像处理软件所识别,因此必须对DICOM图像进行文件格式转换之后,再进行后期的图像处理(图2)。

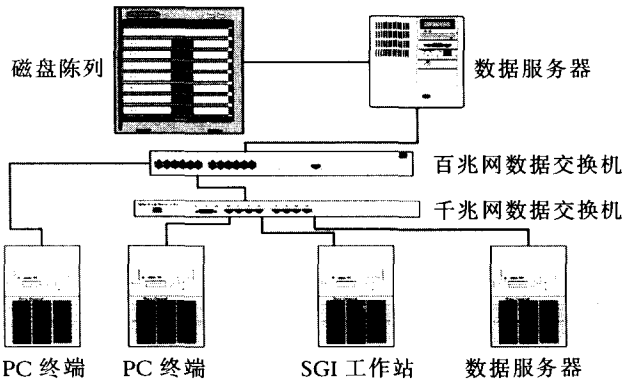


图2 可视化肝脏图像数据管理模式图

本实验获取的肝脏数据通过局域网络传输到ACCSTOR DS 8400磁盘阵列中进行储存,应用网络数据服务器实现对肝脏数据集的管理和共享,采用计算机网络终端进行数据的后期处理。因此,在图像数据管理过程中,以DICOM标准进行数据统一的管理、传输,以RAW格式进行原始数据的储存,以TIFF和BMP格式进行图像数据的后处理,以JPG格式进行压缩数据的浏览,实现了对肝脏数字化图像数据获取、传输、储存、处理和显示的有效管理。

[参考文献]

[1] Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ, et al. Creation of the Chinese visible human data set[J]. Anat Rec B New Anat, 2003,275(1):190-195.

[2] 张绍祥,刘正津,谭立文,等.首例中国数字化可视人体完成[J].第三军医大学学报,2002,24(10):1231-1232.

[3] 张绍祥,刘正津,谭立文,等.首例中国女性数字化可视人体数据集完成[J].第三军医大学学报,2003,25(4):371.

[4] 张绍祥,王平安,刘正津.首套中国男、女数字化可视人体结构数据的可视化研究[J].第三军医大学学报,2003,25(7):563-565.

[5] 张绍祥,刘正津,谭立文,等.第三例中国数字化可视人体数据集采集完成[J].第三军医大学学报,2003,25(10):794-796.

[6] 李忠华,王兴海,周克强,等.肝内管道铸型标本设计与肝外科的关系[J].中国临床解剖学杂志,1990,8(2):75-78.

[7] 李忠华,王兴海,谭立文,等.解剖学技术[M].第2版.北京:人民卫生出版社,1997.148-151.

[8] Chung MS, Park HS. Another trial for making serially sectioned images (Visible Korean Human)[A]. 数字化可视人体国际研讨会论文集[C]. Chongqing: International Workshop on Visible Human, 2003.2-9.

[9] 宋 林,谭立文.冰冻连续断层标本的定标方法[J].局解手术学杂志,2003,12(2):134.

[10] Spitzer V, Ackerman M, Scherizinger A, et al. The visible human male: a technical report[J]. J Am Med Inform Assoc, 1996 3(2):118-130.

[11] 吴国胜.PACS的基本构成及实施过程中的若干技术问题的探讨[J].中外医用放射技术,2004,(1):6-8.

[12] 段会龙,张金艳,吕旭东.DICOM服务器的设计与实现[J].中国医疗器械杂志,2003,27(6):392-395.

(编辑:余汇洋)