技术方法

文章编号:1000-5404(2005)23-2388-03

游离肝脏可视化数据获取技术研究

Visible data acquisition of free liver

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

提 要: 目的 建立获取可供计算机可自动识别与三维重建的高精度人体游离肝脏可视化数据集的技术。**方法** 采用多管道搭配灌注法对游离肝脏肝内管道进行分色灌注填充,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,断面图像分辨率为1 100万像素,断面厚度0.2 mm。**结论** 经多管道分色灌注后铣切获取的薄层肝脏断面图像能够较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。

肝内4套管道解剖结构复杂、分支相互交错,在其连续断层图像中,管道纷繁复杂且颜色相近、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[1-4]及肝内多管道分色搭配灌注法,进行肝脏超薄断面铣切,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

选择新鲜成人尸体标本3例,年龄20~40岁,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 影像扫描

采用德国西门子公司MAGNETOM IMPACT 1.5T超导型磁共振成像仪,采用腹部线圈对肝脏标本进行SE T1加权横断扫描,层厚3.0 mm,获取肝脏连续MRI影像数据(TR 600,TE 15.0/1,FOV 281×450,Tra>Sag 2)。

1.3 血管灌注

1.3.1 预处理 用纱布松弛包裹新鲜的游离肝脏,悬置于甲醛溶液中维持其自然形态,细致分离第1肝门和第2肝门处的肝脏管道结构,游离各管道端口并分别插入适宜口径的插管。用5%枸橼酸钠生理盐水由门静脉插管进行肝内管道冲洗,直至肝脏颜色变浅及下腔静脉流出清澈液体为止,同时冲洗肝动脉和胆道系统,连续紧密缝合肝脏的下腔静脉断端[5]。

1.3.2 管道灌注 填充剂采用过氯乙烯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[6]。首次灌注后,每4 h补注1次,共3次。肝静脉由于其管径相对较为粗大且易于追踪,并且避免由于灌注压力不易准确控制而出现灌注不足和灌注变形,故未对肝静脉管道进行灌注,后期处理主要依靠人工识别而加以提取。

1.4 冰冻包埋

1.4.1 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4个角处纵向对称牵拉4条相互平行的透明塑胶管,管径4.0 mm,呈紧张绷直状态,管内充填红色明胶溶液[7,8],作为断面图像的配准标记点(图1)。

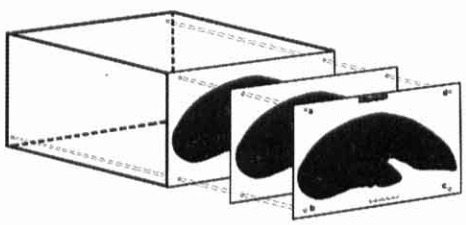


图1 肝脏定标点(a、b、c、d)立体示意图

1.4.2 低温包埋 将待铣切肝脏标本按照解剖学位置,以下腔静脉为主轴,辅以肝脏的膈面裸区为水平面及肝脏右缘矢状切面为垂直面,呈横、冠、矢状位置入模具内,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-25~-20 ℃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

基金项目:国家杰出青年基金资助项目及国家自然科学基金资助项目(39925022, 30270698, 60373112)
Supported by the National Science Fund for Young Distinguished Scholars and the National Natural Science Foundation of China (39925022, 30270698, 60373112)

作者简介:李 恺(1974-),男,重庆市人,博士研究生,助教,主要从事薄层断面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@mail.tmmu.com.cn
通讯作者:张绍祥,电话:(023)68752201

收稿日期:2004-11-16;**修回日期**:2004-12-03

冰体,完成标本的冰冻包埋固定。

1.5　低温铣切

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。

1.5.1　铣切准备　　将冰冻好的明胶标本包埋冰体连同模具从低温冻库中取出拆卸模具后,置于低温实验室的铣床平台上,固定防止移位。在标本铣切前,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。

1.5.2　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。

1.6　数据采集

每 1 层铣切面用数码摄像系统进行数据获取,在标本铣切前,将数码相机置于正对铣切面的平台固定,调节焦距、物距、曝光率等参数值进行试拍摄,至图像质量最清晰为止,并固定参数值。数码相机采用佳能 EOS-1DS(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储存和转换,记录图像摄影参数。

1.7　数据存储

数码相机获取的图像数据格式为:RAW(原始图像数据储存格式),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),使图像数据得到更广范围的共享与交流。

采取将整个数据量以原始压缩格式(RAW),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,在授权的前提下实现数字化图像数据集的共享与交流(图 2)。

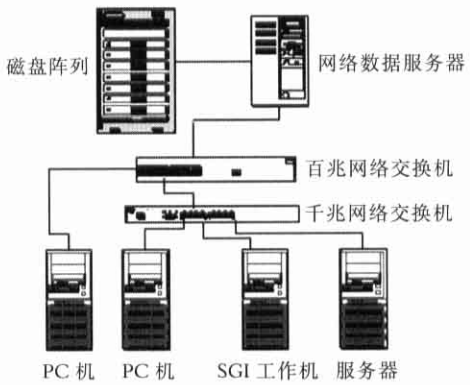


图 2　可视化图像数据管理模式图

2　结果

获得 3 套正常人体肝脏连续薄层断面图像数据集,呈横断位、冠状位和矢状位的游离肝脏图像数据集各 1 套(CVL-1 ~ 3),见表 1。

表 1　游离肝脏连续薄层横断位、冠状位和矢状位断面图像数据集

	间距(mm)	层数	分辨率(dpi)	大小(MB)	数据量(GB)
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 0.2 mm,断面图像有效分辨率为 10 989 056(4 064 × 2 704)像素,图像以 TIFF 格式保存,每个断面图像文件大小 62.9 MB。肝脏断面对位精确,图像结构完整,管道展示清晰明确。

3　讨论

3.1　肝脏标本的管道灌注

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 2 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],使在肝脏断面图像上,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管道进行分色灌注十分必要。肝脏 4 套管道系统,由于其分支结构复杂且相互联系紧密,而未经管道灌注的肝脏断面图像中呈树枝状分布的细小管道截面因对比性差而难以清晰辨认,限制了肝脏可视化研究的进一步深入和拓展。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,便于连续断层图像的进行计算机快速准确地识别和分割。因油画颜料与肝实质和肝内管道壁之间的浸染作用较轻,颜色不会渗出管壁,污染周围组织,选择其作为颜色添加剂有效保证了断面图像的清晰度。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他管径相对较为细小的管道[5,6]。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。

3.2　低温环境内的精细数据获取

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。而美国克罗拉多大学和韩国亚洲大学可视化人体课题组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]，技术设计思路简洁，但存在下列问题：首先，冰冻标本从低温至常温环境的转移，由于40～50 ℃的温差，不可避免地会出现铣切面雾化模糊和冰冻包埋体软化变形，导致数码摄影获取的断面图像质量不清晰和图像数据变形；其次，为防止标本软化，在常温环境进行铣切的时间有限，而反复安装和拆卸冰冻标本势必影响连续断层图像的精确对位，同时也增加了标本转移固定和后期图像对位的工作量。本实验采用课题组自行设计的低温实验室，整个标本铣切过程和每幅断层图像的摄取都在低温环境内进行，避免了冰冻标本软化、变形，保证了数据的完整性、图像的清晰性和连续断层图像间的对位精度，解决了国外同类研究在数据采集过程中存在的上述两个问题。

3.3 运用 PACS 的图像数据管理

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。近年来，新兴一门专为医学图像数据管理而设计的信息技术-PACS（picture archiving and communication system，图像存档与通信系统），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[9]。

可视化肝脏数据集图像具有 RAW、TIFF、BMP 和 JPG 4 种文件格式和一种 DICOM（digital imaging and communication in medicine，医学数字成像和传输）标准，4 种文件格式之间可以进行相互间的格式转换。RAW 格式是一种最原始的文件格式，是将所有的像素依照顺序记录，因此占用容量较大，它的优点是可以方便地在应用程序和计算机系统之间进行文件交换；TIFF 格式适用于不同的应用软件和电脑平台之间进行文件交换的位图格式，信息容量较大；BMP 文件是标准点阵图像文件格式，记录图像的每一个像素信息，保留了图像的全部细节，因此数据容量最大，尤其是彩色图像；JPG 格式是一种破坏性压缩格式，最大特色在于压缩时会舍弃一些肉眼不易辨别的数据，在有限的失真前提下提供高倍率的压缩图像。可见，以 RAW、TIFF、BMP 格式进行肝脏数据集储存的数据量巨大，如何利用有限的数据空间储存更多的资料，就涉及到图像的压缩问题。图像的压缩是减低应用系统成本，提高网络传输率和减少储存空间的一个重要途径，DICOM 作为医学图像与通信的统一格式标准，使数字图像在各数字成像设备之间的相互传输成为现实，实现了数据的数字化存储与网络化传输，既保持数据的原始性，又节省存储空间，并且传输快捷，效地利用了各种设备的影像资源[10]。但不方便的是，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。

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，合理的解决了图像储存和数据传输的问题，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。

关键词：可视化肝脏；肝内管道；灌注；识别

中图法分类号：R319；R322.47 **文献标识码**：B

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(Pt 3): 165－173.

[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，等．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] 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.

[6] 李忠华，王兴海，谭立文，等．解剖学技术[M]．北京：人民卫生出版社，1998．148－151.

[7] 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.

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

[9] 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.

[10] 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)：392－395，420.

（编辑 陈聪连）