

基于CT图像的 肝脏管道变异类型分析

黄荔丽 王博亮 黄晓阳

关键词 肝静脉类型 肝动脉类型 门静脉类型

摘要 在术前预现肝脏管道结构,分析管道分支的变异情况,能降低活体肝脏移植手术过程的风险。以肝脏管道系统包含的肝静脉、肝动脉与门静脉的主要分支变异类型为理论依据,在实现这三种肝脏管道三维重建的基础上,针对不同的结构特征,使用基于长度和阈值的方法分别设计相应的算法分析其分支变异类型。

Variation Type Analysis of Hepatic Duct Based on CT Image / HUANG Li-li, WANG Bo-liang, HUANG Xiao-yang // China Digital Medicine. -2008 3(6): 26 to 29

Keywords hepatic vein type, hepatic artery type, portal vein type

Abstract Preoperative display of hepatic duct structure and analysis of the variation of duct branches enables to reduce the operation risk of living liver transplantation. Taking the variation types of major branches of hepatic vein, hepatic artery and portal vein included in the hepatic duct system as the theoretical basis, after finishing the three-dimensional reconstruction of these three hepatic ducts, it uses methods relying on length and threshold to respectively design the corresponding algorithm analysis and branch variation types by targeting different structure features.

Corresponding author Computer Science Department of Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P.R.C.
Fund project Project Funded by National Natural Science Funds (60371012, 60601025); Joint Fund Project of Chinese Ministry of Health (WKJ2005-2-001)

1 引言

肝癌是我国最常见的恶性肿瘤之一。活体肝脏移植手术在肝癌治疗中的作用极其重要。肝脏移植手术中,了解动脉和静脉分支的变异情况,有利于保护重要的血管结构,从而使失血量达到最小,也可为肝脏疾病的影像学诊断和肝段外科手术方案选择提供形态学依据,对制定手术计划,特别是肝切除手术、活体肝移植及肝肿瘤超选择介入治疗等都有重要意义。

2 肝脏管道系统研究的临床意义

肝脏管道系统包括Glisson系统和肝静脉系统^[1]。前者包括门静脉、肝动脉和肝管,三者在肝内的行径一致,被共同的血管周围纤维囊所包裹;因此可以由门静脉的分布来代表,称门静脉系统。清楚地了解肝静脉、门静脉和肝动脉的正常、变异及病理情况,了解肝脏管道系统的走行及变异,对肝疾病的诊治有积极意义。

2.1 肝静脉 肝静脉主干结构包含肝左静脉、肝中静脉和肝右静脉。肝中静脉位于正中裂中,肝右静脉位于右叶间裂中,肝

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60371012, 60601025);卫生部联合基金资助项目(WKJ2005-2-001)

厦门大学计算机科学系, 361005, 福建省厦门市曾厝垵西路海韵校区科研二号楼310室

左静脉位于左叶间裂中，三者呈“W”型排列。见图1。

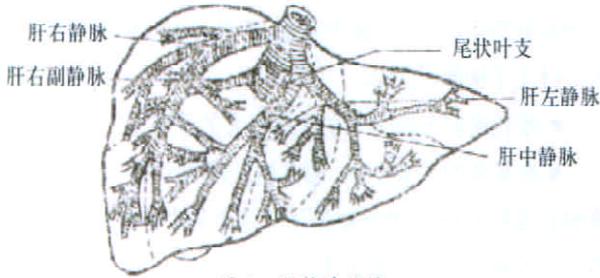


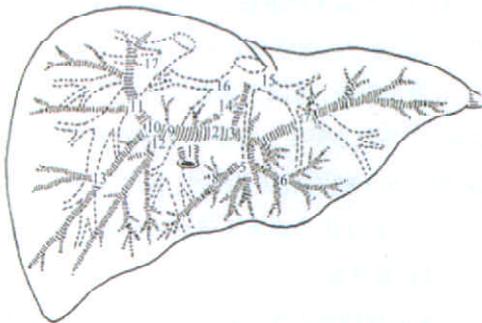
图1 肝静脉系统

肝静脉的解剖变异较大，其分支形式有10种类型^[2]。一般来说，左、中、右三个属支直接开口于下腔静脉。肝静脉汇入下腔静脉方式有三种类型：类型Ⅰ，肝右静脉单独汇入下腔静脉，肝左静脉、肝中静脉合并后汇入下腔静脉；类型Ⅱ，肝右静脉、肝中静脉和肝左静脉单独汇入下腔静脉；类型Ⅲ，粗大的右后下静脉。

2.2 肝内动脉 肝固有动脉在肝内的分支和行径基本上与门静脉一致^[3]，其在肝门静脉前方、胆总管左侧上行至肝门，发出肝左动脉和肝右动脉入肝。肝固有动脉在肝门处的变异较多，常可出现肝中动脉、迷走动脉和肝副动脉^[4]。肝中动脉可由肝左动脉、肝右动脉或肝固有动脉等发出。根据国人解剖统计，有肝中动脉者占70.3%^[5]。肝中动脉的起源主要可分为三类：类型Ⅰ，肝中动脉起自肝右动脉；类型Ⅱ，肝中动脉起自肝左动脉；类型Ⅲ，肝中动脉起自肝固有动脉。

肝内动脉的这些变异对移植肝供肝劈离、肝叶切除及准确肝动脉灌注化疗或栓塞都有很大影响。

2.3 肝内门静脉 Glisson系统中，门静脉管径最粗，分支恒定，变异少。门静脉在肝横沟内分为左右支：左支分左上支、左外下支和左内支，分别到Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ段；右支长分右前支和右后支，右前支在垂直平面呈弧形向前，分为升支和降支，分别到Ⅳ、Ⅴ段，右后支在水平面呈弧形向后外，分为升支和降支，分别到Ⅵ、Ⅶ段。见图2。



1. 门静脉主干；2. 横部；3. 解部；4. 矢状部；5. 囊部；6. 左外叶下段支；7. 左外叶上段支；8. 左内叶支；9. 右主支；10. 右后叶支；11. 右后叶上段支；12. 右前叶支；13. 右后叶下段支；14. 尾状叶支；15. 肝左静脉；16. 肝中静脉；17. 肝右静脉

图2 肝内门静脉系统

肝内门静脉变异类型主要有四种^[6]：类型Ⅰ，门静脉主干直接分出三个分支，即门静脉左支、门静脉右前支、门静脉右后支；类型Ⅱ，门静脉右前支起自门静脉左支主干；类型Ⅲ，门静脉右后支起自门静脉左支主干；类型Ⅳ，缺乏门静脉左支。

在术前充分了解门静脉走行与变异，可避免术中误伤或误扎所造成的部分肝组织的肝门静脉灌流不足。

3 管道分析前准备

该研究所使用的数据来源活体肝脏CT图像来自厦门市第一医院，在对肝脏管道进行分析前，需要从一系列活体的胸腹腔CT图像中把肝实质、肝静脉、肝内动脉与肝内门静脉分割出来，并分别对其进行三维重建，在系统中立体显示肝脏管道（见图3）。肝动脉与肝门静脉分别包含肝内外动脉与肝内外门静脉，结合数据来源的特征与项目开发的需要，所研究的肝动脉与肝静脉仅是肝内动脉与肝内门静脉部分。

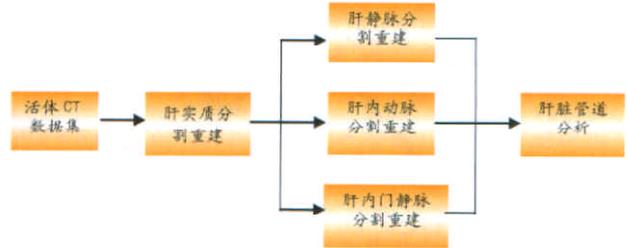


图3 数据处理流程图

肝实质、肝静脉与门静脉的分割图像可以从同一序列的门静脉期活体CT图像中获得，而肝动脉的分割图像需要从另一序列的动脉期活体CT图像中提取。采用项目组已编写好的半自动医学图像分割程序来处理，再对提取出的一系列分割图像进行三维重建，可以将肝实质、肝静脉、肝动脉与门静脉在系统中显示出来。分别见图4、图5和图6。

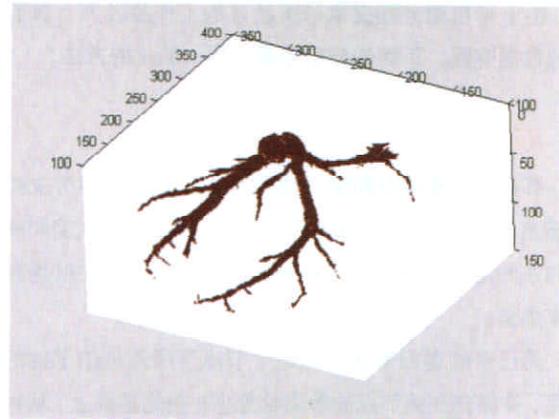


图4 肝静脉三维图像

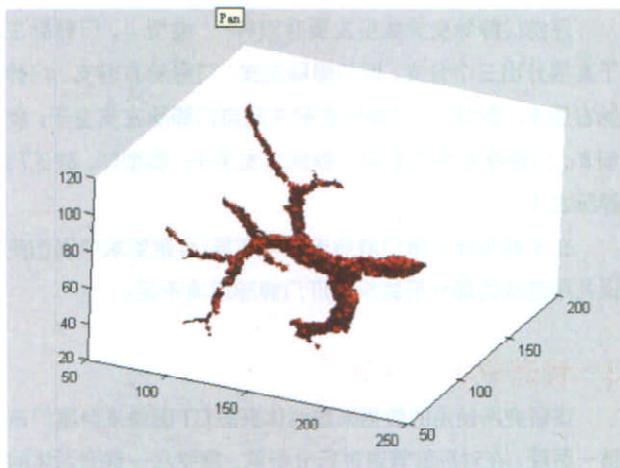


图5 门静脉三维图像

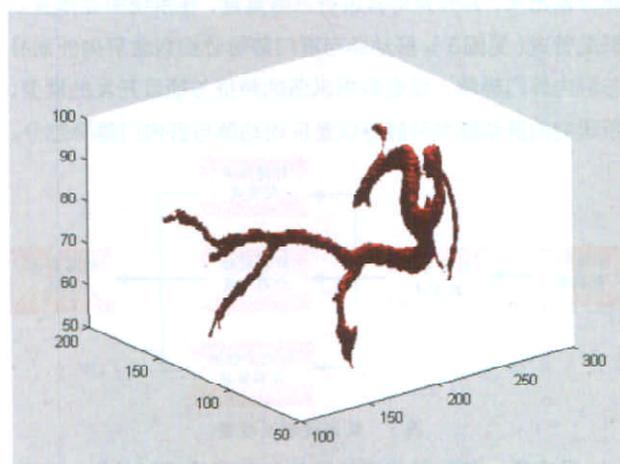


图6 肝动脉三维图像

利用已设计好的程序对管道进行细化分级，得到肝静脉树、门静脉树和肝动脉树中心线的信息，这些信息以图的一般形式，即节点集和边集的方式提供，再用已有程序将其转换成树的形式保存，方便后续计算。

由于半自动分割提取肝脏信息的工作量较大，目前得到的数据有限，下面的分析尽量采用一般化的方法。

4 肝脏各管道分支类型判定

4.1 肝静脉分支类型判定 根据2.1对肝静脉主要分支类型的描述，结合项目组已有的研究成果，使用基于长度和阈值的方法判定肝静脉树有几棵分支子树，即可判定肝静脉的分支类型。

用已有的递归算法计算每个节点下所连接的子树的总长度，并保存在该节点的节点信息中；在此基础上，从根节点出发（直径最大的节点）分析肝静脉的分支类型，寻找肝

静脉树分支子树的根结点。具体算法如下：

从根节点出发，找到第一个子节点数目大于1的结点作为当前节点，记录下这个节点，它是分支子树的实际根节点，分支子树数设为0。

找到当前节点下子树长度最大的子节点。

在其余的子节点中，若子树长度大于某一阈值（如整棵树长度的1/12），则判断该子节点为某个分支子树的起始节点，并将分支子树数加1。

若分支子树数为1，则将分支子树数设为2，表示包含长度最大的子树当前节点有两棵分支子树，肝静脉树分支类型属于类型；若分支子树数为2，则将分支子树数设为3，表示当前节点有三棵分支子树，肝静脉树分支类型属于类型；将子树长度最大的子节点判断为某个分支子树的起始节点，结束。

这一算法在寻找肝静脉树分支子树的同时，判定肝静脉的前两种分支类型，从根节点出发沿长度最大的子节点方向一路搜索标记大分支，具有一般性，在肝静脉数据基本完整的情况下都能给出正确结果。临床上分支类型的肝静脉较为少见，在此不做判定。

使用这一算法对图4所示的肝静脉实验数据进行分析，结果判定其属于分支类型：肝右静脉单独汇入下腔静脉，肝左静脉、肝中静脉合并后汇入下腔静脉。

4.2 肝动脉分支类型判定 根据2.2对肝动脉主要分支类型的描述，肝动脉在肝脏内发出左动脉和右动脉，因此肝动脉树有肝左动脉和肝右动脉两棵分支子树。若肝动脉发生变异，肝中动脉缘起于两支中的任一支，需先分析这两棵分支子树的类型，再进一步确定分支子树中是否还存在一棵较大的分支（根据长度和阈值来确定），即可判定肝动脉的分支类型。

同样，先计算每个节点下所连接的子树的总长度，并保存在该节点的节点信息中。由于肝右动脉子树的分布范围通常相对较大，长度也较大，可以先判断总长度最大的分支子树为肝右动脉树，并找出肝左、右动脉子树的根结点。在此基础上，从两棵分支子树的根结点出发，找出分支子树的第一个分支节点，判定以此节点为根节点的分支子树是否为肝中动脉树，具体算法如下：

从分支子树的根结点出发，找到第一个子节点数目大于1的结点作为当前节点，记录下这个节点，它是分支子树的实际根节点，分支子树数为0。

找到当前节点下子树长度最大的子节点。

在其余的子节点中,若子树长度大于某一阈值(如当前这棵分支子树长度的1/6),则判断该子节点为某个分支子树的起始节点,并将分支子树数加1。

若分支子树数数目为1,则如果这棵子树在肝右动脉树上,判定肝动脉属于变异分支类型,在肝左动脉树上,判定肝动脉属于变异分支类型;若分支子树数数目为0,则判定肝动脉主干不存在变异分支。

由于肝固有动脉主要存在于肝实质外,因此这里不对变异类型进行判定。

使用这一算法对图6所示的肝动脉实验数据进行分析,结果判定其属于变异分支类型:肝中动脉起自肝左动脉。

4.3 肝门静脉分支类型判定 据中国人体质调查,研究统计肝门静脉主支的分类主要为正常和变异类型,变异类型、仅占4%左右^[7]。根据项目组获得的CT图像来源数据特征,在判定肝门静脉分支类型的过程中,将变异类型、归结为正常情况进行分析。一般情况下,分类结果不会影响后续对肝门静脉主干走行和拓扑结构的分析。

变异类型的肝门静脉有三个分支,正常情况有两个分支;变异类型的肝门静脉左支缺失,仅有一个分支。理论上,只需判定肝门静脉树的根节点有几棵子树,即可对其进行分类。但实际上,通过寻找直径最大的节点作为树的根节点,未必就是分支子树的起始节点,需要找到第一个出现分支的节点作为树的实际根节点为。在利用长度和阈值对分支进行判定时,由于肝左门静脉的分布范围通常相对较小,长度也小,可能接近肝右门静脉某些分支的长度,因此会发生误判。可以利用已有的肝脏“五页八段”的位置信息,确定树的节点是否经过左半肝,即可解决这个问题。具体算法如下:

从根结点出发,找到第一个子节点数目大于1的结点作为当前节点,记录下这个节点,它是分支子树的实际根节点,分支子树数为0。

找到当前节点下子树长度最大的子节点。

在其余的子节点中,若子树长度大于某一阈值(如整棵树长度的1/12),则判断该子节点为某个分支子树的起始节点并将分支子树数加1。

若分支子树数目等于2,则将分支子树数设为3,说明肝门静脉树有三棵分支子树,判定肝门静脉分支为变异类型;若分支子树数目等于1,则将分支子树数设为2,利用肝脏“五页八段”的位置信息,判定这棵非长度最大的子树的根节点是否在左半肝,如果是,则判定肝门静脉分支

正常,不是,则判定肝门静脉分支为变异类型。

肝门静脉和肝动脉的管道分布大体上相一致,肝右门静脉的分布范围相对较大,长度也较大,因此同样通过长度可以确认肝右门静脉分支。

使用这一算法对图5所示的门静脉实验数据进行分析,结果判定其属于变异分支类型:缺乏门静脉左支。

5 结论

按临床医学研究对肝脏管道的分支变异类型,对肝静脉、肝动脉与肝门静脉进行变异类型的分类。根据重建出的三棵管道树各自的数据特点,分别设计相应算法,通过实验判定肝静脉属于以下两类分支类型中的哪一类:肝右静脉单独汇入下腔静脉,肝左静脉、肝中静脉合并后汇入下腔静脉(类型);肝右静脉、肝中静脉和肝左静脉单独汇入下腔静脉(类型)。也判定了肝动脉属于以下三类分支类型中的哪一类:正常肝动脉;包含肝中动脉且肝中动脉起自肝右动脉(变异类型);包含肝中动脉且肝中动脉起自肝左动脉(变异类型)。最后判定肝门静脉属于以下三类分支类型中的哪一类:正常肝门静脉;门静脉主干直接分出三个分支(变异类型);缺乏门静脉左支(变异类型)。CDM

参考文献

- [1]朱明德,方驰华.肝脏管道系统变异在活体肝移植中的意义[J].肝胆外科杂志,2005,13(6):473-475.
- [2]Soyer P,Blumenfeld DA,Choti MA,et al.Variation in the intrahepatic portions of the hepatic and portal veins: Findings on helical CT scans during arterial portography[J].AJR Roentgenol,1995,164(1):103-108.
- [3]丁家明,李惠君.肝动脉的应用解剖[J].解剖科学进展,2000,6(4):350-351.
- [4]Lee SS, Kim JK, Byun JH, et al. Hepatic arteries in potential donors for living related liver transplantation: Evaluation with multidetector row CT angiography[J]. Radiology, 2003, 227(2): 391-399.
- [5]陈孝平,陈汉.肝胆外科学[M].北京:人民卫生出版社,2005.
- [6]Deshpande RR, Heaton ND, Rela M. Surgical anatomy of segmental liver transplantation[J]. Br J Surg, 2002, 89(9): 1078-1088.
- [7]金武男,杨香,车成日.门静脉的解剖与变异[J].中国临床解剖学杂志,2006,24(2):157-159.

【收稿日期:2008年5月4日】

(责任编辑:赵士洁)