

# 一种基于临床 CT 影像的肝内血管体积测量方法

符晓珠, 黄绍辉, 陈艺清, 王博亮

(厦门大学信息科学与技术学院 计算机科学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 肝脏血管体积不仅可以为临床疾病诊断提供重要参考, 还对肝脏供血能力和肝脏储备功能的评估具有重要参考价值。本研究提出一种血管体积测量方法, 利用置信连接和 ITK-SNAP 分割出肝内门静脉并进行空洞填补后, 通过体素数目换算得到血管体积。该方法可快速、准确的计算出肝内门静脉的体积。实验采用 10 套不同规格的肝脏 CT 图像进行肝内门静脉血管体积测量, 并选取 3 套数据与基于手工测量得到的血管体积进行对比。实验结果表明, 通过本研究方法测量得到的体积与手工测量结果基本一致, 利用统计学方法得到的肝内门静脉的体积为  $(11.316 \pm 1.080)$  mL。

关键词: 血管体积测量; 门静脉; 血管分割  
中图分类号: R322.4+7

文献标识码: B

随着 CT 技术广泛应用于临床, 无创性活体血管系统成像成为可能, 为外科手术计划和血管疾病的诊断等方面提供许多至关重要的信息。例如肺动脉及其分支的长度、体积、直径等解剖参数可为肺血管性病变及引起肺动脉形态改变的疾病的诊断提供参考, 同时为评价肺动脉发育情况和复杂先天性手术的选择提供帮助<sup>[1]</sup>。在肝切除、肝移植等手术计划中, 术前测算肝脏体积、评估肝内管道以及进行虚拟手术, 能够促进临床医师对肝脏空间结构的了解和对手术方案的评估, 进一步提高了手术的准确性和安全性。术前对肝内管道的评估, 不仅需要立体显示内部管道结构的位置、形态及其与周围大血管等结构的解剖关系, 评估有无血管变异, 同时对于各管道管径的测量及血管流域分析亦有一定的要求。肝脏血管容积可作为肝脏供血能力的参考, 对评价肝脏的储备功能有很大的意义。目前国内外对肝脏体积测量、血管形态变异的研究较为深入, 而对肝脏血管的体积测量研究较少。因此, 本研究提出一种基于临床 CT 影像的血管体积测量方法, 实现了对肝内门静脉血管体积快速、准确的测量。

有像素灰度的平均值和标准差, 通过一个给定控制亮度范围大小的乘法因子乘以标准差来定义相似灰度的范围, 即  $I(\bar{x}) = [m-l, m+l]$ ; 其中,  $\bar{x}$  是图像  $I$  中的像素点,  $m$  和  $l$  分别是当前区域灰度的平均值和标准差; 相邻像素点的灰度值在这个范围内的将被包含到当前区域中, 然后对包含在当前区域内的所有像素点再次计算其灰度值平均值和标准差, 从而定义一个新的灰度范围, 用来查看当前区域的邻域中灰度值落在该范围内的像素点, 并将其包含进当前区域。重复这个过程, 直到没有新的像素加进来或者达到指定的最大迭代次数。置信连接依赖于种子点的选取, 宋晓等<sup>[9]</sup>根据图像直方图的物体统计特性, 提出一种基于置信连接的肝脏自动分割方法。最后, 采用二值迭代空洞填补滤波器填补置信连接中产生的空洞, 改善分割效果, 见图 1。

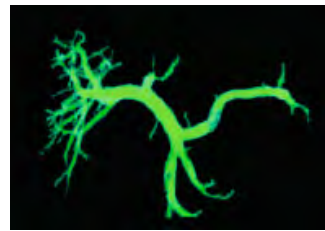


图 1 门静脉

## 1 肝内门静脉体积测量预处理

计算肝内门静脉体积之前, 需要从肝脏 CT 图像中把肝脏门静脉血管系统分割出来并进行血管空洞填补, 然后截取肝内门静脉血管, 最后通过体素换算求得血管体积。

### 1.1 门静脉血管分割

血管图像分割<sup>[2]</sup>主要包括基于区域的分割方法、基于边界的分割方法和基于特定理论和工具的分割方法。基于区域的分割方法利用血管图像性质的相似性和空间的相邻性进行分割, 包括置信连接、模糊理论等<sup>[3]</sup>。基于边界的分割方法利用血管边界像素特征的不连续性, 即边界两侧的像素存在差异进行分割, 包括 Active Contour<sup>[4]</sup>、Level Set<sup>[5-6]</sup>、Fast Marching<sup>[7]</sup>等。基于特定理论和工具的分割方法主要利用新的理论和方法与血管图像分割相结合进行分割, 包括基于数学形态学的分割、基于人工智能的分割和基于神经网络的分割等。区域生长算法<sup>[8]</sup>是一种被广泛应用的图像分割算法, 在先验知识不足情况下的分割具有良好的效果。其基本方法是从被分割对象中选取的种子点开始, 检查相邻像素和种子点是否具有相似性质, 以决定是否把相邻像素合并到种子点所在区域; 然后对合并入区域像素的邻近像素进行类似检查, 直到没有新的像素被合并到区域中来。

本研究采用置信连接算法对肝脏门静脉进行分割。置信连接算法是基于当前区域简单统计上的生长方法<sup>[9]</sup>。首先, 利用种子点周围的一个小邻域计算包含在此区域中的所

### 1.2 肝内门静脉截取

为准确计算出肝内门静脉的体积, 需要去除门静脉血管系统中肝脏以外的血管, 这一部分本文借助 ITK-SNAP 软件实现。ITK-SNAP 是由宾夕法尼亚大学图像计算与计算科学实验室 (PLCSL) 同犹他州大学计算科学与成像研究所 (SCI) 经过数十年开发的应用软件, 是一个免费获取、开放源码、多平台的三维医学图像处理工具。ITK-SNAP 提供三维医学图像导航、手工划分目标区域以及使用主动轮廓法的图像自动分割。由于 ITK-SNAP 能处理多种医学图像数据以及简便的交互式操作, ITK-SNAP 被广泛应用于医学图像分析。

在原始 CT 图像中, 沿着肝实质的轮廓线逐层提取门静脉进入肝脏前的血管段, 从而将肝内门静脉与肝外门静脉区别开来。结果如图 2(a) 所示, 从左至右三种颜色标识的血管段分别表示肝脏内门静脉、门静脉入肝脏前血管段及门静脉剩余血管段。在此基础上, 对肝内门静脉进行二次分割。选取肝内门静脉区域内的像素为种子点, 利用区域生长法分割出肝内门静脉血管, 结果如图 2(b) 所示。

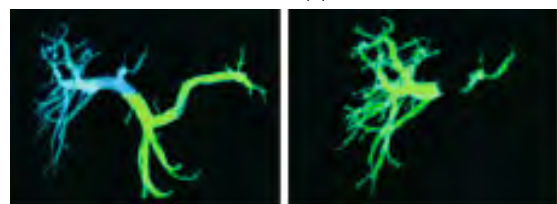


图 2 A. 门静脉; B. 肝内门静脉

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61001144, 61271336, 61327001)

通信作者: 黄绍辉, E-mail: hsh@xmu.edu.cn

收稿日期: 2015-03-19

### 2 肝内门静脉体积测量

通过上述预处理步骤后得到肝内门静脉。通过累加得到门静脉的体素个数 num，进而由等式  $\text{volume} = \text{voxel size} \times \text{num}$  计算得到血管总体积，对 10 套临床数据进行肝内门静脉体积的测量，得到的血管体积如表 1 所示。根据统计学分析方法，得到肝内门静脉血管平均体积为  $(11.316 \pm 1.080)$  mL。

表 1 肝内门静脉体积测量结果

数据	Voxel size	Num	体积 (ml)
1	0.671*0.671*1	21783	9.807
2	0.702*0.702*1	21228	10.461
3	0.677*0.677*1	23352	10.703
4	0.637*0.637*1	32065	13.011
5	0.61*0.61*1	34787	12.944
6	0.782*0.782*1	17423	10.654
7	0.663*0.663*1	23665	10.402
8	0.702*0.702*1	24280	11.965
9	0.782*0.782*1	20079	12.278
10	0.668*0.668*1	24512	10.938

为了验证结果的正确性，需要与手工测量结果进行对比。使用 ITK-SNAP 逐层分割出门静脉血管后，利用上文中门静脉入肝脏前血管段去除肝脏外的血管，获取手工分割的肝内门静脉，结果如图 3 所示。

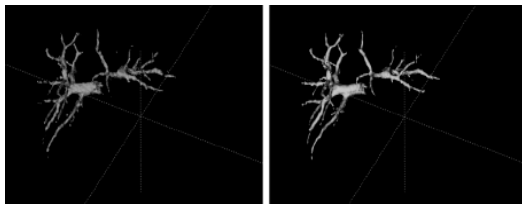


图 3 A. 手工分割结果; B. 算法分割结果

针对 3 套不同的数据，将基于本研究方法测量得到的结果与手工分割后进行测量的结果进行对比，结果如表 2 所示。实验结果表明，通过本文方法测量的体积与手工测量的体积基本一致。

(上接第 157 页)

类似物等。

型糖尿病患者其胰岛功能出现进行性下降，且主要以餐后血糖升高为主，故临床治疗以基础胰岛素治疗和降低餐后血糖为主。瑞格列奈属非磺脲类胰岛素促分泌剂，是一种新型的餐时血糖调节剂，是一种氨基甲酸酯类衍生物，作用于细胞上磺酰脲类药物受体，引起  $K^+$  通道关闭和  $Ca^{2+}$  通道开放，最终促进胰岛素的分泌，其优势在于能模拟餐时正常胰岛素分泌模式，降低餐后血糖水平，对餐后血糖控制较好，且低血糖反应少。甘精胰岛素，是一种新型的长效人胰岛素类似物，其在酸性环境下为澄清溶液，皮下注入机体后，在机体的中性环境下可形成微粒体，而微粒体又能缓慢稳定均匀的释放，维持 24 h 的平稳、无其峰值作用，能模拟机体胰岛素分泌，提供类似胰岛素泵的基础胰岛素作用，避免空腹和餐前低血糖，而且每天只需用药一次，药量少，方便灵活，患者依从性更高。实验中对照组使用药物诺和灵 30 R，其含 30% 可溶性速效人胰岛素、70% 低精蛋白锌中效人胰岛素预先混合剂，使用时需要餐时提前 30 min 使用，其中效、短效均有高峰，容易导致午餐前及夜间低血糖和午餐后 2 h 血糖不易控制，且长期使用可明显增加体重，

### 3 讨论

本研究提出了一种基于 CT 图像的肝脏门静脉的体积测量方法。在预处理阶段，利用置信连接算法分割得到门静脉血管并进行空洞填补。然后利用 ITK-SNAP 作为辅助截取门静脉进入肝脏前的血管段，将肝脏内和肝脏外门静脉进行区分。然后二次分割得到肝内门静脉，并计算得到肝内门静脉体积。本文提出的方法对人体其他部位的血管体积测量具有参考价值。通过本研究方法得到的体积准确性高，并且省时、简便，具有较高的临床应用价值。

表 2 手工测量结果与本文测量结果的比较

数据	Voxel size	手工测量体积 (mL)	本文方法测量体积 (mL)
5	0.61*0.61*1	11.736	12.944
8	0.702*0.702*1	13.613	11.965
9	0.782*0.782*1	13.640	12.278

### 参考文献

- [1] 周仁鹏, 陶晓晓, 赵琦峰. 数字化肺动脉三维模型的建立及解剖学测量 [J]. 医学研究杂志, 2011, 40(7): 95-97.
- [2] 主海文, 刘有军, 曾衍钧. 血管图像分割技术的研究进展 [J]. 北京生物医学工程, 2005, 24(2): 155-158
- [3] 李翠芳, 聂生东. 基于模糊数学的医学图像处理与分析方法 [J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(4): 2750-2753
- [4] Kass M, Witkin A, TerzoPoulos D. Snake-active contour models [J]. International Journal of Computer Vision, 1987, 1(4): 321-331.
- [5] Osher S, Sethian J. Fronts propagating with curvature dependent speed [J]. J Comput Phys, 1988, 79: 12-49.
- [6] Yu Qian Zhao, Xiao Hong Wang, Xiao Fang Wang, et al. Retinal vessels segmentation based on level set and region growing [J]. Pattern Recognition, 2014, 47: 2437-2446
- [7] Sethian J. A Fast marching methods [J]. SIAM Review, 1999, 41(2): 199-235
- [8] Lu Jiangfeng, Lin Hai, Pan Zhigeng. Adaptive region growing algorithm in medical images segmentation [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(10): 2168-2173
- [9] 宋晓, 程明, 王博亮, 等. 置信连接的自动肝脏分割方法 [D]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2012, 24(9): 1188-1192

体重增加与胰岛素剂量呈正相关。本研究通过比较两组的疗效显示，治疗组给予瑞格列奈联合甘精胰岛素治疗显效率为 70%、总有效率为 90%，皆高于对照组单独使用精蛋白人胰岛素的 27.5%、72.5% ( $P < 0.05$ )；治疗组患者空腹血糖、餐后 2 小时血糖及糖化血红蛋白皆低于对照组 ( $P < 0.05$ )；两组低血糖反应发生率治疗组明显低于对照组 ( $P < 0.05$ )。

综上所述，瑞格列奈联合甘精胰岛素能全面降低型糖尿病患者的血糖，且低血糖反应发生率低，疗效确切，提高了型糖尿病患者的生活质量，值得临床推广应用。

### 参考文献

- [1] 马国富. 甘精胰岛素联合瑞格列奈治疗型糖尿病的疗效观察 [J]. 吉林医学, 2010, 31(30): 5316.
- [2] 中国型糖尿病防治指南 (2010 年版). 中国医学前沿杂志 (电子版), 2011, 6: 54-109.
- [3] 中国医学会糖尿病学分会. 中国型糖尿病防治指南 (2013 年版) [J]. 中国糖尿病杂志, 2014, 22(8): 2-42.
- [4] 高玉斌. 瑞格列奈联合甘精胰岛素治疗型糖尿病临床观察 [J]. 中国当代医药药物与临床, 2009, 16(24): 62-63.