

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_内部

学号: 23020061152461

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# 基于 CT 图像的肝段体积测算模型研究

Research on Volume Calculation of Liver

Segment Based on CT Dataset

侯晓丽

指导教师姓名: 王博亮 教授

专 业 名 称: 计算应用技术

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩时间: 2009 年 5 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2009 年 5 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

肝脏是人体最大的消化器官，肝脏疾病直接影响人的健康和生存。我国是肝癌高发地区，晚期肝癌患者的治疗多采用肝移植手术。虽然目前我国肝脏移植的数量已经达到一定的规模，但执行肝移植手术仍然存在较大的风险，其中肝脏功能测算是事关于手术成功和供受体存活的一个关键问题。因此如果能在术前无创地计算出肝脏“五叶八段”的体积，对于评估手术可行性，预测手术效果有相当重要的意义，将有助于肝脏外科手术计划的制定。

作为虚拟肝脏手术计划系统的组成部分，本文主要是针对肝脏 CT 图像序列的自动分割和肝段体积测算模型进行了研究。首先，本文针对肝脏 CT 图像序列的特点，提出了一个混合自动分割算法，提高了系统性能。其次，本文研究了肝脏的肝段体积测模型，实现了肝脏“五叶八段”的划分，通过划分肝门静脉各主分枝的供血区完成了体素的分类，并据此计算出各肝段的体积。这对于评估手术风险以及预测手术效果有非常重要的意义，有助于制定合理的个体化手术方案，降低手术风险。

本文的研究工作内容及创新主要包括以下几点：

1. 在分析了肝脏 CT 图像序列的特点的基础上提出了一种基于几何形变模型快速分割算法，能从 CT 图像序列中自动提取肝脏区域，基本上不需要人工的交互操作，并具有较好的分割效果。
2. 根据肝内管道树的特点，提取管道的骨架，并根据管道的走行与空间拓扑结构识别管道树的各分支子树。
3. 提出以管道树和分支子树为依据，通过估算各分支子树的供血区对体素进行分类的分段方法，完成除尾状叶外的肝段的划分。较平面划分方法有更高的临床意义。

关键词：序列图像分割；肝段；体积

## Abstract

Liver is the largest digestive organ, which disease directly influences the existence and health of mankind. China is an area with high-disease of liver cancer, and living donor liver transplantation is a main method of curing advanced liver cancer. Although the amount of this kind of surgery in China has reached a large size, there is still rather high risk in the operation. It would be helpful for making necessary measures and hepatic surgery plans that if the irregular lesion shape and the important vessel configurations could be presented and the process of the operation could be simulated in advance.

As a part of research on virtual liver and surgery planning system, the thesis focused on automatic segmentation of serial CT liver images and Volume Calculation of liver segment based on CT Dataset. First, according to the characteristics of serial CT liver images, a hybrid segmentation method is proposed, making the system more efficient. Second, this thesis studied the Couinaud's classification, completed voxel classification by distinguishing the supplied territory of the branch of the portal, and calculated the volume of liver segments based on it. This could help to present the risk of getting hypohepatia, make reasonable individual surgery schemes and reduce the surgery risk.

The main contributions of this thesis are mainly lied in the following aspects:

- 1、 After analysis the characteristics of serial CT liver images, a fast segmentation method based on geometric active contour model was presented, which was used to segmentation the regions of interest from the image sequence.
- 2、 According to the features of intrahepatic vessels ,an algorithm based on the route of the vessels was put forward to extract the skeleton of them and identify every branch of the vessels.
- 3、 The liver segments determined according to the supplied territory of the branch



of the portal vein. Using this method the division of liver segments is completed except the caudate lobe. Compared with plane division, this method has more clinical significance.

Key words: Serial Images Segmentation; liver segments; volume

厦门大学博硕士学位论文摘要库

# 目录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 课题的背景和意义 .....	1
1.2 本文的研究工作及创新之处 .....	5
1.3 本文的组织结构及章节安排 .....	6
<b>第二章 CT 图像分割常用算法</b> .....	<b>7</b>
2.1 图像分割算法综述 .....	7
2.2 常见的基于边界的分割算法 .....	8
2.3 常见的基于区域的分割算法 .....	13
2.3.1 阈值分割法.....	13
2.3.2 区域生长法.....	14
2.4 基于变形模型的分割方法 .....	19
2.4.1 水平集方法.....	19
2.4.2 快速行进法(Fast Marching Method) .....	21
2.4 本章小结 .....	24
<b>第三章 肝脏 CT 序列图像的自动分割</b> .....	<b>25</b>
3.1 肝脏 CT 图像的特点 .....	25
3.2 序列自动分割的实现 .....	25
3.2.1 图像的预处理.....	26
3.2.2 FMM 分割肝实质 .....	27
3.2.3 边缘修正.....	30
3.2 本章小结 .....	33
<b>第四章 肝脏分段和体积测算模型</b> .....	<b>34</b>
4.1 肝段的划分标准及其意义 .....	34
4.2 基础数据及预处理 .....	37
4.2.1 肝内管道分割.....	38
4.2.2 构造门静脉骨架.....	39
4.3 划分分支子树 .....	41
4.4 基于供血区的肝段划分 .....	43
4.5 体积测算 .....	46
4.6 本章小结 .....	48

第五章 总结和展望 .....	49
参考文献.....	51
攻读硕士学位期间发表论文及科研情况 .....	54
致谢.....	55

厦门大学博硕士论文摘要库

# CONTENTS

<b>Chapter 1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background and Significance of Project.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Research and Innovation.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Structure of Thesis .....</b>	<b>6</b>
<b>Chapter 2. General Method of Segmentation.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Introduction of Segmentation .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 General Edge Based Segmentation Algorithms .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 General Region Based Segmentation Algorithms .....</b>	<b>13</b>
2.3.1 Thresholding Method .....	13
2.3.2 Region Growing Method .....	14
<b>2.4 Deformable Model Method .....</b>	<b>19</b>
2.4.1 Level Set Method.....	19
2.4.2 Fast Marching Method.....	21
<b>2.4 Deleting of Geometric Elements .....</b>	<b>24</b>
<b>Chapter 3. Automatic Segmentation of Serial CT Liver Images .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Characteristics of Serial CT Liver Images .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Automatic Segmentation fo Serial Images.....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Image Pretreatment .....	26
3.2.2 Segmente Liver Parenchyma using FMM .....	27
3.2.3 Correcte Boundary .....	30
<b>3.2 Deleting of Geometric Elements .....</b>	<b>33</b>
<b>Chapter 4 . Couinaud's Classification and Volume Calculation .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Significance.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Fundamental Data and Pretreatment .....</b>	<b>37</b>
4.2.1 Segment of Intrahepatic Vessels Extration.....	38
4.2.2 Construct Skeleton .....	39
<b>4.3 Determine Branch.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4 Division of Liver Segments Based on Supplied Territory .....</b>	<b>43</b>

4.5 Volume Calculation.....	46
4.6 Deleting of Geometric Elements .....	48
<b>Chapter 5. Conclusion and Prospect.....</b>	<b>49</b>
<b>References .....</b>	<b>51</b>
<b>Achievements.....</b>	<b>54</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>55</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 第一章 绪论

现代科学技术的发展越来越体现多门学科的交叉和渗透，医学虚拟现实和仿真技术是其中的典型代表，它涵盖了医学、计算机技术、物理学、电子学等多个学科领域。

21 世纪被认为是生物世纪，以人体科学为中心的科学技术将以前所未有的速度发展。传统上医药学研究依赖于大量动物和人体实验的做法将在很大程度上由计算机模拟所取代。从这个方面来看，人体的数字化模型至关重要。利用信息技术实现人体从微观到宏观的结构和机能的数字化、可视化，最终达到人体的整体精确模拟，将对医学生物学及人体相关学科的发展起到难以估量的影响。随着信息获取和处理技术的进步、数据采集精度的提高，将在越来越精确和广泛的程度上模拟人体的功能和行为，并促进形成新一代医疗高新技术产业，大大加速我国医学教育和临床的现代化。

### 1.1 课题的背景和意义

肝脏是人体最大的消化器官，也是最大的实质性脏器，被人们称为“人体第三生命中枢”。它是人体的解毒器、贮藏室、加工厂，又是激素代谢、胆汁形成的重要场所，还参与免疫功能和凝血因子的制造以及蛋白质的合成。原发性肝癌在我国是最常见的恶性肿瘤之一，高发于非洲东南部和东南亚，在我国东南沿海一带发病率尤高，其发病近年来有逐渐上升的趋势。目前在我国的恶性肿瘤发病中居第二位，每年有 11 万人死于肝癌。

肝脏移植是临床治疗急性肝衰竭和终末期肝病的重要手段，也是拯救终末期肝病患者的唯一有效治疗方法。20 世纪 70 年代以来，供肝匮乏一直是影响肝移植深入发展的世界性难题。在欧美国家，由于供肝来源严重不足，每年只能有 1/5~1/4 的患者能获得移植的机会；在尚未制定“脑死亡法”的国家，供肝缺乏的矛盾更加突出，每年数以万计的患者在等待供肝的过程中死亡或病情加剧。活体肝移植 (Living Donor Liver Transplantation, LDLT) 在这种背

景下应运而生。它是自 20 世纪 90 年代才兴起的，鉴于儿童供肝来源较成人更加困难的现实，活体肝移植的最初设想是应用于不能及时获得脑死亡者供肝的儿童患者。由于活体肝移植技术的迅速发展，小儿供肝不足问题得到一定程度的缓解，而成人肝脏的供、需矛盾更加尖锐，如何尽快开展成人间的活体肝移植技术迫在眉睫。日本的 Makuuchi 等于 1993 年成功地施行了首例成人间左叶 LDLT。1996 年，香港大学玛丽医院施行了世界上首例成人活体右半肝移植，并获得成功。随后，美国、西欧、亚洲一些国家在充分确认其安全性和必要性后，相继开展这一技术。2000 年以来，LDLT（包括成人间 LDLT）普及趋势更加明显，西班牙、意大利及沙特阿拉伯等国家相继报道。国内 LDLT 手术开展较早，1995 年 1 月南京医科大学第一附属医院成功完成一例临床活体供肝肝移植。2001 年成功实施首例有血缘关系的亲体原位部分肝移植，患儿术后康复理想。2001 年至 2003 年间国内四所医院采用 LDLT 手术的 45 例中，1 年存活期和 3 年存活期的总体比例分别高达 93.1% 和 92.0%<sup>[1]</sup>。2005 年 4 月，“中国活体肝脏移植研究所”在江苏省人民医院（南京医科大学第一附属医院）成立。迄今为止，活体肝移植技术在中国大陆的南京、上海、西安、杭州、成都、北京、河北等省市相继开展，总例数超过 50 例。迄今全球已完成 LDLT 2000 余例，受体 1 年生存率超过 90%，2 年生存率超过 85%，成为挽救生命、解决日益尖锐的供肝需求矛盾最为有效方法之一。

LDLT 是肝移植手术的一种，是指从健康人身上切取部分肝脏作为供肝，移植给患终末期肝胆疾病患者，具有供肝来源广、供肝质量高、免疫排异反应小、成功率高、预后好、费用低等优点。

肝脏切除后能在较短时间内代偿性增生，健康人只要有  $1/3 \sim 1/4$  肝脏就可维持生命及正常生活。例如临床上患者经常因病情需要切除肝脏的  $2/3 \sim 3/4$ ，仍能顺利恢复并正常生活和工作。患者所需的肝脏重量应占自己体重的 1%，如成年患者体重为 65 千克，就需要 650 克肝脏。而正常成年人的肝脏重量为 1200~1500 克，所以正常人切除部分肝脏可救活一个病人，而对自己并不会危及生命。

活体部分肝移植包括供体手术和受体手术两部分。LDLT 现有术式主要为：肝左外叶移植、肝左叶移植（不包括肝中静脉）、扩大肝左叶移植（包括肝中

静脉)和肝右叶移植术。供肝的大小和术式和选择根据受体的年龄和体重估计。目前 LDLT 手术过程一般是先对供受体进行一系列测试和评估,所有指标合格并与受体相符后,同时进行手术。肝脏功能测算是事关手术成功和供受体存活的一个关键问题,肝脏功能测算不仅包括肝功与生化测试,肝脏体积也是其核心部分,是一个重要的肝脏储备功能指标,可以直观地反映肝脏容量和肝细胞数量,间接反映肝脏和血流灌注和代谢能力,因此术前计算切取移植物的体积与重量至关重要。同时还要明确肝内血管走向,特别是肝左静脉和肝中静脉的关系及肝左中静脉合干汇入下腔静脉合干处的解剖,以确定肝切除线。术前精确辨认一些来自肝五叶和八段的横跨分支,了解这些分支的走行,有利于保护重要的血管结构,从而使失血量达到最小。

此外,肝脏切除手术是治疗可切除肝癌的主要方法,但因为肝癌患者多合并有慢性肝炎或肝硬化,在治疗中不能片面追求扩大切除范围,以免造成肝功能重创,严重时甚至出现失代偿。另外,手术过程中控制出血量也是一个重要的问题,切面应尽量避免大血管。因此,肝脏切除术通常是以肝段为本进行切除。Couinaud 肝段划分(即将肝脏划分为“五叶八段”)是目前比较公认的肝段划分标准,它是一种功能性分段方法,使得每个肝段都有其单独的管道系统,可以作为一个外科切除单位,其准确性和实用性已被大量的实践所证实。

若能在手术前无创地计算出“五叶八段”各部分的体积,结合根除肿瘤所需切除的肝段,就能预估出术后残余肝脏体积。这是肝脏功能测算模型的核心部分,对于评估手术可行性和预测手术效果有相当重要的意义,可以为医生制定手术计划提供重要参考,减少术后肝功能不全的发生率。

由于半肝移植是最常见的术式,通过医学影像确认肝中静脉的走行和准确评估肝左叶和右叶的体积尤为重要。肝脏内部极为复杂的管道系统及其生理和病理变异,决定了肝脏外科手术的难度<sup>[2]</sup>。目前外科医生主要是通过计算机层成像(Computed Tomography,简称 CT)或磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging,简称 MRI)掌握肝内管道系统。随着 3D 虚拟现实技术和快速发展,计算机三维重建可视化技术,弥补了二维图像的不足,该技术能仿真显示肝内的解剖结构,提供全方位的肝脏立体信息。

虚拟手术具有任意性、可重复性等优点。医生可以通过虚拟手术法仿真系



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库