论著

文章编号:1000-5404(2007)21-2076-04

基于MRI、CT图像HIFU治疗靶区自动勾画的研究

温海燕,陈文直,王智彪 (重庆医科大学生物医学工程系超声医学研究所,重庆 400016)

提 要:目的 以MRI等图像为基础,进行HIFU治疗靶区的自动勾画研究,其勾画精确度希望达到1 mm以内,为以后的三维成像、HIFU治疗精确控制提供依据,为完整的HIFU治疗计划系统的基础。**方法** 以MRI等原始图像为基础,利用相关的计算机识别技术对靶区组织进行自动识别、勾画,采用点、面结合的组合图像处理技术方案,应用了包括图像分割阈值获取、多项分割技术的联合应用、组织结构提取等方法的原理与具体算法。**结果** 通过试验发现,此技术方案能够对边界相对不模糊的医学图像(MRI、CT等),比较快速、准确的勾画出目标靶区的效果。**结论** 此方案能够比较准确识别诸如MRI类图像中的指定组织结构,能够比较快速、准确的勾画其边界,在HIFU、放射等医学治疗中有助于精确定位,有助于减少并发症发生率及对重要组织结构的保护。

关键词:治疗靶区;图像勾画;图像分割;结构提取

中图法分类号:R312;R445;R730.55 **文献标识码**:A

Automatic drawing on target therapy area in HIFU treatment based on MRI and CT imagings

WEN Hai-yan, CHEN Wen-zhi, WANG Zhi-biao (Department of Biomedical Engineering, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Objective To study automatic drawing on target therapy area based on MRI and CT imagings in order to get the precision less than 1 mm in HIFU treatment. Methods Based on MRI and CT imagings, automatic image was recognized and the frame was extracted by image processing and image segmentation, *etc.*. Results The system of software we are studying can be effectively used to recognize medical automatic images and get target therapy areas' image drawings. Conclusion This system of software will be used in medical precise treatment systems, such as HIFU 3D Treatment Regional Planning System.

Key words: therapy area; image drawing; image segmentation; frame extraction

运用计算机模式识别技术对磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、计算机断层扫描(computerized tomography, CT)等图像进行靶区自动勾画是模式识别在医学图像领域应用中的重要研究课题,在临床精确治疗方面具有十分重要意义。

高强聚焦超声(high intensity focused ultrasound, HIFU),是一种近年发展起来的一种治疗技术,是以对超声波作为治疗源,将体外低能超声波聚焦在体内癌灶处,使肿瘤组织发生凝固、坏死,同时不损伤聚焦区外组织的肿瘤治疗设备。

HIFU治疗技术评价,根据其特点一般来说应包括以下几个方面:①靶区要达到指定的坏死剂量;②靶区以外的误损伤达到最低,不会造成靶区以外重要脏器、结构不可逆的损伤;③HIFU治疗通道选择合理;④要达到适型调强的效果。因此,精确治疗既是HIFU治疗的条件,又是目的。

在肿瘤临床工作中,对放射治疗来说,靶区定位精确度是厘米级,而HIFU治疗精确度则是毫米级的要求。从某种程度看,放射治疗照射靶区一般超过肿瘤实际区域,而HIFU治疗在一些特定部位或区域为了安全,其治疗靶区常常是小于肿瘤实际区域;因此,以精确定位为基础的HIFU精确治疗对提高HIFU肿瘤治疗效果有着十分重要的意义。

以MRI等图像为基础,进行HIFU治疗靶区的自动勾画研究,其勾画精确度希望达到1mm以内,为以后的三维成像、HIFU治疗精确控制提供依据,为完整的HIFU治疗计划系统(HIFU 3D Treatment Regional Planning System, HTRPS)的基础。

1 材料与方法

治疗靶区的自动勾画通常包含5个步骤:①靶区选定;②靶区图像分割;③组织结构追踪;④影响因素清除;⑤靶区边界

作者简介:温海燕(1963-),男,四川省内江市人,博士研究生,主任医师,主要从事临床肿瘤、肿瘤成像技术及图像识别与处理方面的研究,发表论文10余篇 电话:(023)63692010, E-mail:anticancer@cta.cq.cn

收稿日期:2007-03-27;修回日期:2007-09-06

提取与修整。其中靶区图像分割与组织结构追踪是实现靶区精确勾画的关键，本研究将从这 2 个方面进行介绍与讨论。

治疗靶区选定目的是提高图像自动识别效率，尽可能减少后续图像勾画的干扰因素。影响因素清除是指对图像的噪声、一些不需要的组织结构的清除。

本研究是以 Microsoft Visual C + + 6.0 为系统开发软件，分析图像主要来源于重庆医科大学生物医学工程系（SIEMENS）及附属二院（GE）的 MRI 原始图像。涉及影像病例包括子宫肌瘤、肝癌、骨肿瘤等。

1.1　靶区图像分割

靶区图像分割的关键在阈值点的确定。根据医学图像的特点，研究主要采用了本研究改良后的区域图像分割技术方法，以（Cseke I）[1] 靶区组织结构和背景本身的属性为基础，利用图像值在空间位置上的信息进行图像粗分割[2]。

图像分割阈值[3] 获取，我们主要采用：经验获取及治疗医师设定自动获取这两种方法。

1.1.1　经验获取法　　是指较大样本分析得到不同组织结构较为固定或认可的图像值（MRI 值、CT 值或图像灰度值）变化区间，以此作为靶区图像区域分割阈值范围（上限、下限）。

该方法比较适合于 MRI、CT 图像，特别是 MRI 图像[4]。MRI 图像中组织结构的 MRI 值受病人体位、胖瘦等因素影响较小，各种组织结构有相对固定的 MRI 值范围，其靶区图像区域分割阈值范围即可由此获取。

该方法的原理是将阈值范围内的 MRI 值（或像素值等）所代表的视为同一结构组织。是在原始图像为背景的情况下，进行区域图像二值化操作。

区域图像二值化灰度阈值变换函数表达式如下：

$$f(x)=\begin{cases}0 & T_2 \geqslant x > T_1 \\ 255 & x > T_2,\ x \leqslant T_1\end{cases}$$

其中 T_2、T_1 分别为分割阈值的上、下限。T_1、T_2 变化区间根据图像不同而不同，以 16 位 MRI 图像为例它们的变化范围在 0 ~ 4095 之间。

1.1.2　治疗医师设定自动获取　　该方法的原理是由治疗计划医师所视图像靶区区域内选择适当的区域，通过计算机自动统计分析，去掉噪声等影响因素后获得靶区图像区域分割阈值范围值，以此值进行图像分割处理。为了提高图像分割的效果，图像的去噪处理对影响因素尽可能的消除是关键。

影响分割阈范围值的主要因素是治疗计划医师能否在图像上正确认识及选择靶区。此方法的最大优点是适用于各类图像（MRI、CT 及超声灰度图像等），是目前医用图像分割较为常用的方法。

1.2　组织结构追踪

组织结构追踪基于组织结构本身及周边关系的特点，进行结构追踪。类似 DSA 数字减影算法，在经典区域生长算法的基础上，采用图像模板匹配技术进行分析，是一种点面结合[5] 的图像分析策略（图 1）。在整个处理过程中，是以原始图像为追踪的背景，以所对应的区域图像像素值变化为基础的图像分析技术，这部分也是本研究的核心内容。

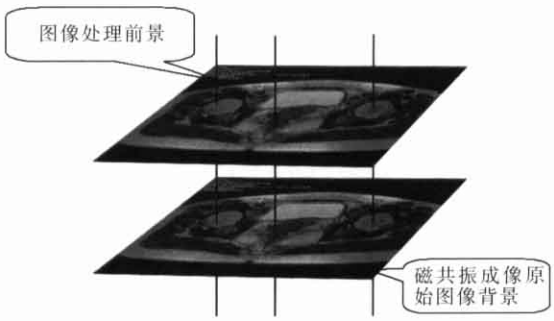


图 1　组织结构追踪原理图

区域生长算法[6]：的基本方法是通过设置一初始种子，将其周围具有相似性质的像素纳入到种子所在区域。本设计中采用的区域生长增长算法是以前面靶区图像分割后的二值图像为前台操作图像，以此图上的黑区域边界为扩张的起点，即种子初始点 s（i，j），结合背景 MRI 或 CT 原始图像，以这个像素点出发向该点的邻域（如 8 邻域）搜索，以规定的阈值（图像值差）来确定是否属同一组织结构，以此类推直到找不到符合规定的像素为止。此方法的优点是计算快速、简单，缺点是对初始种子的依赖和噪声影响较大，因此它须与其他方法联合才能得到更为精确的结果。

图像模板匹配技术的组织结构追踪技术是在区域生长算法的基础上，融入了区域图像综合分析技术，其原理主要是利用图像的像素值突变、相对不同区域边界及像素发展具有一定方向性的特征，结合像素值均衡变化的特点来判断所关心的区域其特征是否属于同一组织结构。

图像模板匹配技术的功能实施是镶插在区域生长算法中进行。其作用主要有两个方面：①模板作用 即利用连续图像前、后帧的组织位置信息来判断指定组织结构是否超出实际边界。此项功能对判定信息比较模糊的结构边界的确定价值较大。②区域图像的综合分析技术。是分别以原始点与追踪点为中心的原始图像中的区域图像比较分析。图像区域的大小可选择为 3 × 3、5 × 5、7 × 7 像素等。分析区域大小的确定，直接影响其分析效率，区域越大，结果更精确，但速度更慢。

此外，为了提高组织结构追踪的效果，结合靶区单一这一特点，我们可以仅指定在所圈定范围内的粗分割的组织区域，为组织结构追踪始发区，这样可以比较明显减少噪声对勾画结果图像的质量影响。

2　结果

以下进行效果演示处理的原图像为重庆医科大学附属二院 MRI 所获得的子宫肌瘤 T_2FRFSE 序列原始图像，图像为 16 位的 512 × 512 像素大小的图像，像素数为 259 588 个，最小 MR 值 0，最大 MR 值 2 728（图 2）。

2.1　靶区图像分割法应用效果

根据前述研究方法所编制的 MR 值分析软件，获得子宫肌瘤在 Ax T_2FRFSE 序列中最小 MR 值为 196、最大 MR 值 1 194，其可信区间 MR 值的范围如表 1 所示。

由于可信区间范围越大，干扰因素越多，因此研究中选择

了50%时的MR变化区间(396~816),作为系统识别子宫肌瘤图像分割的MR值范围。



图2 子宫肌瘤靶区图像(MRI,T2FRFSE序列)

表1 子宫肌瘤HIFU治疗声通道主要组织结构的MR区间参考范围

组织类型	MRI AxT_2FRFSE序列中MR值的区间范围			
	95%	90%	80%	50%
肌肉组织	0~358	80~358	100~340	120~280
子宫组织	100~721	200~720	240~500	260~460
膀胱影像	461~1 440	801~1 421	821~1 141	841~1 081
脂肪组织	116~2 199	656~2 196	696~1 556	716~1 456
子宫肌瘤	196~1 194	316~1 176	356~876	396~816

2.2 组织结构追踪应用效果对比

应用本研究中的组织结构追踪算法,在图像分割处理(图3)的基础上进一步处理后的效果(图4)。



图3 子宫肌瘤经图像分割后效果(50%MR变化区间)



图4 子宫肌瘤区域经组织结构追踪处理后效果

从自图3和图4的对比中可以看到,组织结构追踪处理后黑区域发生了较大变化,相同组织结构融合为一个更大的黑区域,而这个区域似乎更近乎与该结构的真实大小。

2.3 组合操作流程的自动图像勾画

图5中所示,是采用本研究完整算法进行处理所得到的组织结构勾画后与原MRI图像进行自动融合后效果图像。图中所勾画出边界准确率明显超过肉眼所识别,且完成全套技术处理所需时间于普通个人电脑上仅10余秒(图5),对组织结构比较复杂的图像勾画,如盆部肌肉组织(图6)的勾画也只需2~3 min。因此在时间、质量上均是手工技术所无法比拟的。

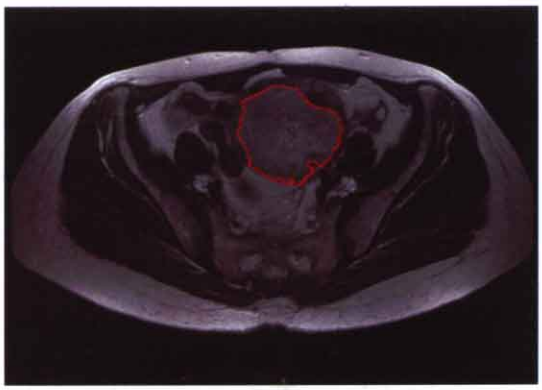


图5 基于MRI的子宫肌瘤区域图像的自动勾画

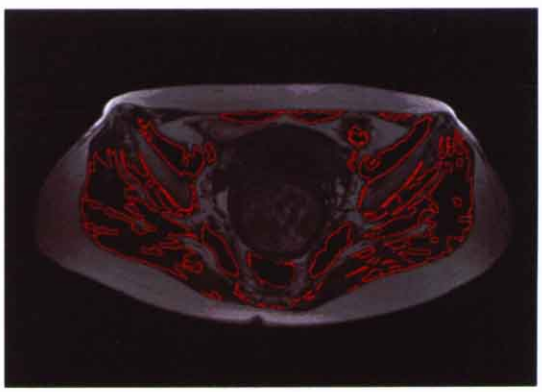


图6 基于MRI的肌肉组织边界自动勾画效果演示

3 讨论

结果提示,没有任何一种技术或算法能够独立完成图像自动勾画的要求,必须借助多种技术共同完成。因此,我们通过反复实验及对比研究分析发现后,采用了组合操作流程的自动图像勾画方案,其中以基于MRI特性的分割阈值为特点的靶区图像分割和以区域生长算法为基础的图像模板匹配技术为本研究中图像组织结构识别技术的核心。

由于HIFU是近年发展起来的新型无创治疗设备,对治疗靶区精确勾画要求高,目前为止国内、外还没有为此所单独开发处理软件,在一定程度影响了HIFU的实际效果,因此,从效果上看本研究将会有助于HIFU的精确定位与治疗,有较大的实际应用价值。

此外,此方案由于在对医学图像(MRI、CT等)进行处理的同时,结合了相关的MRI、CT显像组织结构特性分析技术,可帮助医务人员对一些特定组织结构

的识别，提高相应的诊治水平。其勾画方案，除可应用于HIFU外，也可辅助用于其他一些医学治疗手段中，如三维立体放射治疗、超级γ刀的放射治疗计划系统中，可帮助提高精确定位、减少并发症发生率及重要组织结构的保护作用，对医疗技术的发展与提高有着十分重要的意义。

（致谢：感谢李发琪、周兰老师在HIFU原理与声通道方面的帮助。感谢HIFU研究中心胡政老师、林涛老师、王明胜、刘明江及周昆老师在HIFU、MRI和图像处理编程方面的支持。）

参考文献：

[1] Cseke I. A fast segmentation scheme for white blood cell images[J]. Pattern Recognition, 1992, 3(3):530-533.

[2] Jain A K. Fundamental of digital image processing[M]. NJ:Prentice-Hall, 1989: 342-425.

[3] Wermser D, Haussmann G, Liedtke C E. Segmentation of blood smears by hierarchical thresholding[J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1984, 25(2): 151-168.

[4] Ruan S, Jaggi C, Bloyet D, *et al*. Brain Tissue Classification in MR Image Based on a 3D MRF Model[J]. Proceeding of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medical and Biology Society, 1998, 20(2): 20.

[5] 郭宁宁，曾立波，吴琼水，等. 基于多光谱采集技术的骨髓涂片细胞分割方法[J]. 计算机工程与应用，2005，41(31)：171-174.

[6] 张 雯，郝重阳. 基于区域增长的可视人彩色图像分割[J]. 电子技术应用，2005，(3)：43-44.

（编辑 邓强庭）

文章编号：1000-5404(2007)21-2079-02

个案与短篇

癌症合并糖尿病患者住院期间的营养治疗

李明秀，王 建，樊 荣，姜学英，刘 俊，卿 鑫 （第三军医大学新桥医院营养科，重庆 400037）

癌症患者合并糖尿病(diabetes mellitus，DM)在临床上十分常见，并有逐年增多的趋势。癌症伴糖尿病患者的饮食指导是临床护理工作感到棘手的问题[1]。癌症患者放、化疗期间、围手术期间的DM处理已成为临床各科和内分泌科医生共同面对的难题。现总结近10年来癌症合并DM营养治疗经验，报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集我院1996年10月至2006年10月部分住院患者资料，共155例，其中男性107例，女性48例，年龄12-79.5(平均58.6)岁。分布在肿瘤科、胸外科、呼吸科、普外科、耳鼻喉科等12个科室，涉及肿瘤病种28种。合并中度营养不良79例，轻度营养不良49例，营养正常21例，超重6例。按照1999年糖尿病诊断标准[2]，均诊断为2型DM。入院前确诊DM 52例，DM病程6个月至7年，单纯接受DM饮食治疗15例，饮食加口服降糖药物治疗31例，饮食加胰岛素治疗6例。化疗前确诊DM63例，其余40例为术前检查时发现，且无典型DM症状。本组病例除外了应激性高血糖，155例患者无DM严重并发症。

1.2 营养治疗方法

能自行进食的患者，按其标准体质量给予DM饮食，全天总能量125.5 kJ/(kg·d)，其中蛋白质、脂肪、碳水化合物分别占总能量的15%～20%、20%～25%、55%～60%。热氮比(150～180)∶1。进食量少者，给予部分肠内或肠外营养支持。肠内营养制剂为益力佳(美国雅培公司生产，DM专用营养素)加纽纤素(雀巢公司生产肠内营养素)，剂量各半。按标准配置浓度1 ml约等于4.2 J，全天总能量按标准体重104.6 kJ/(kg·d)计算。开始剂量：危重患者从125 ml/次开始，逐渐增加至需要量。一般患者250 ml/次，每日4～6次。围手术期肠外支持的原则为：无高渗性昏迷或酮症酸中毒，供给总热量为104.6 kJ/(kg·d)，以葡萄糖和脂肪乳剂提供非蛋白质热量，糖120～150 g/d，脂肪乳剂0.6～1.0 g/(kg·d)，氮0.15～0.20 g/(kg·d)。依据血、尿糖的情况，及时调整胰岛素用量，使血糖调控在6～8 mmol/L，尿糖(－)～(＋)。术后继续进行完全胃肠外营养(TPN)或部分肠外支持4～7 d。

1.3 观察指标

能自行进食的患者每天测空腹和餐后2 h血糖各1次，术后患者每6小时测血糖1次，以此调整胰岛素用量。

1.4 统计学方法

结果以$\bar{x}\pm s$表示，两组间均数比较采用t检验。

2 结果

对本组患者经饮食结构调整，肠内或肠外营养支持，同时选用适当的降糖药物，使血糖稳定在6.0～8.0 mmol/L。化疗期间，有3例患者出现血酮升高，尿酮阳性，血pH值轻度下降，经治疗后恢复正常。通过合理的营养支持治疗和对血糖的有效干预，所有患者均能够接受足够疗程化疗、放疗和手术，未出现因身体条件差，DM或其并发症而中断治疗和延误手术的。术中、术后均无DM酮症酸中毒和严重感染。治疗前后血糖水平见表1。

（下转2082页）

作者简介：李明秀(1950－)，女，重庆重人，副教授，主要从事临床营养方面的研究，发表论文40篇。电话：(023)68755635，E-mail：mingxiu_066@yahoo.com.cn

收稿日期：2007-04-05；修回日期：2007-09-04