

Research of medical image fusion based on data set of digital visible human

SHAN Jin-lu^{1,2}, WANG Ge¹, WANG Dong¹, LEI Xin¹, TAN Li-wen², ZHANG Shao-xiang^{2*}

(1. Cancer Center, Daping Hospital and Research Institute of Surgery, the Third Military Medical University, Chongqing 400042, China; 2. Department of Human Anatomy, Lab of Compute Medical Science of Chongqing, the Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

[Abstract] **Objective** To provide integrated technical project and process code parameter for clinical application of data set of digital visible human. **Methods** The pelvic cavity structures of Chinese Virtual Human (CVH) data set were segmented using image transparency method and each image was smoothed by eroding and dilating, then fused successfully with CT of the same sample. **Results** The CVH color cross-sectional images of female pelvic cavity were transformed to DICOM 3.0 images with Amira 4.1 and Matlab software. A data set of female pelvic DICOM files from CVH was set up to apply in radiation therapy system. **Conclusion** The digital model of female pelvic cavity with important organs segmented can well reflect the exposure doses of patients, so it is of important value to get target therapy areas, forecast radiotherapy side effects, optimize radiotherapy plan and improve curative effect. It can help to promote clinical application of digital visible human.

[Key words] Chinese visible human; Sectional anatomy; Medical image fusion; Digital radiotherapy model

基于数字化可视人的医学图像融合研究

单锦露^{1,2}, 王 阁¹, 王 东¹, 雷 新¹, 谭立文², 张绍祥^{2*}

(1. 第三军医大学附属大坪医院野战外科研究所肿瘤治疗中心, 重庆 400042;
2. 第三军医大学基础部解剖教研室, 重庆市计算医学研究所, 重庆 400038)

[摘要] **目的** 为数字化可视人体数据应用于临床影像设备提供完整的技术方案和程序代码。**方法** 通过数字化可视人体分割数据与标准 DICOM 3.0 数据格式的转换, 对中国可视化人的彩色分割图像与 CT 图像进行融合。**结果** 建立了一套符合临床放射治疗系统数据要求的标准 DICOM 3.0 中国可视化人体数据源女性盆腔数据。**结论** 为妇科肿瘤放射治疗过程中靶区勾画、治疗方案优化和剂量评估提供了具有重要器官分割特性的数字模拟计算模型, 有助于数字化可视人体数据的临床推广应用。

[关键词] 中国可视化人体; 断层解剖; 医学图像融合; 数字放疗模型

[中图分类号] R814.42; TP317.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2009)01-0141-04

数字化可视人体数据采用常规的图像存储格式, 不符合临床影像数据存储与传输的标准。这在一定程度上限制了数据集的临床运用范围。为此, 本实验拟利用数字化人体数据的高清晰度、高分辨率、高识别率的优势, 结合中国数字化可视人 (Chinese Visible Human, CVH) 的 CT 数据, 探讨不同数据源与标准医学数字影像与传输 (digital imaging and commu-

nications in medicine, DICOM) 数据转换的方法, 建立一套融合 CVH 分割数据和 CT 数据特性的标准的 CVH 的 DICOM 数据, 使低识别率的 CT 数据具有高识别率的特性, 并能符合临床医疗设备的运用条件。同时利用转换的 CVH 数据构建临床上通用的数字化盆腔放射治疗数字模型, 以期通过数字模型在计算机上实现对妇科肿瘤放射治疗中肿瘤靶体积和重要器官剂量的放射治疗计划的优化设计和评估, 对建立完整的人体数字化辐射模型库的方法进行初步探索。

1 资料与方法

1.1 数据准备 彩色解剖断面数据来源于第 2 例 CVH 数据集盆腔段的数据, 将断面数据进行配准后裁切、分割, 得到大小为 2231 × 1461 pixels, 像素解析度为 0.167 mm × 0.167 mm, 层间距为 0.50 mm 的分割数据集。将分割图像在

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目 (60771025), 国家 863 课题 (2006AA01Z310), 国家支撑计划子课题 (2006BAI23B04)。

[作者简介] 单锦露 (1976 -), 女, 云南宣威人, 博士, 主治医师。研究方向: 肿瘤放射治疗图像处理及临床治疗。E-mail: lulu7476@sina.com

[通讯作者] 张绍祥, 第三军医大学基础部解剖教研室, 重庆市计算医学研究所, 400038。E-mail: zhangsx@mail.tmmu.com.cn

[收稿日期] 2008-06-24 **[修回日期]** 2008-09-26

Photoshop 图像处理软件中批量调整为 512×355 像素大小图像,重采样参数设为“邻近插值”,经计算求得解析度为 $0.727 \text{ mm} \times 0.727 \text{ mm}$,层间距为 0.50 mm 。按上述的图像调整方法将图像进一步调整为 512×512 像素大小的灰度图像。

影像数据为第 2 例 CVH 女性盆腔的 CT 数据。在原始的第 2 例 CVH 数据集中,盆腔段数据包含在 3 个 CT 扫描序列段中,各序列段之间为无间隔扫描,即在 Z 方向上的图像是连续的,第 1 段与第 2、3 段之间病人床位参数有差距,图像向左侧偏移 2 个像素。根据 DICOM 3.0 数据格式的规范说明,将第 1 段的序列图像中与序列有关的参数作相应的调整,如床位、序列号、断层序号等参数,同时将第 1 序列段的图像向右移动 2 个像素,使原本 3 个序列段的 CT 数据合并成一个连续的 CT 数据集。

1.2 数据处理

1.2.1 分割数据处理 根据临床放射治疗中对 CT 数据的要求,首先将图像大小在 Photoshop 中批量调整为 512×355 像素,重采样参数设为“邻近插值”,经空间解析度换算求得新生成图像的解析度为 $0.727 \text{ mm} \times 0.727 \text{ mm}$ 。

在不改变分割图像空间解析度和宽高比例的前提下,将缩小后的分割图像大小调整为 512×512 像素,而分割的数据区则调整至新图像的中间位置。

用 Matlab 软件实现将分割图像大小由 512×355 像素转换为 512×512 像素,其程序核心代码如下:

```
B = imread(source_gray_file);
for ni = (y2 - y1)/2 : ((y2 - y1)/2 + y1)
    for nj = 1 : y2
        I(ni, nj) = B(ni - (y2 - y1)/2, nj);
    end
end
imwrite(I, tar_gray_file);
```

其中 I 为 512×512 像素大小的 8 位灰度图像,数据区的初始灰度值全为“255”,y1 是图像调整前的高度值,y2 是图像调整后的高度值,其中 $y1 < y2$ 。

1.2.2 分割数据的 DICOM 格式转换 按照本实验设计的需求,从分割数据集中提取部分欲进行计算的器官结构,将其标注的 RGB 值首先转换为指定的灰度值,并将图像大小调整为 $512 \times 512 \text{ pixels}$ 。根据灰度图像转 DICOM 格式的思路采用 Matlab 软件进行数据格式转换。首先将 8 位的灰度图像转换为 16 位整型的数值矩阵,将矩阵中所有分割类指定的灰度值替换为相应的 CT 值,再在数值矩阵的基础上添加标准的 DICOM 文件头,并分割数据的断层参数填写到都文件中,使生成的文件既有标准的 DICOM 数据格式,又包含分割的数据信息,如层间距、解析度、分割数据等。

灰度图像转换为 DICOM 数据格式的核心代码:

```
f = dicominfo(CVH2 盆腔 CT 数据的起始 DICOM 数据文件);
f.RescaleIntercept = -1024;
B = imread(source_gray_file);
I = int16(B); % 转 16 位
```

```
for ni = 1 : Height1 % 灰度值转 CT 值
for nj = 1 : Wigth % 行
    for j = 1 : SegmentationNumber
        p = [A(j,1) A(j,2)]; % A 为灰度值与 CT 值的对照
```

表

```
    if(B(ni, nj) = p(1))
        I(ni, nj) = p(2);
        continue;
    end
end
end
end

I = flipr(I); % 图像上面观转下面观
f.SliceThickness = Thickness;
f.PixelSpacing(1,1) = PixelSpacing;
f.PixelSpacing(2,1) = PixelSpacing;
f.PatientID = '2007120901';
f.PatientName.FamilyName = 'pelvis seg';
f.SliceLocation = startLocation - Thickness * k;
    f.InstanceNumber = k; % 当前图像序号
    f.SeriesNumber = n; % 总断层数
    f.ImagePositionPatient(3,1) = startLocation - Thickness * k;
    dicomwrite(I, tar_dcm_file, f, 'CreateMode', 'Copy');
```

1.3 数据融合 建立女性盆腔重要器官结构分割数据的灰度值与 CT 值表,将 CT 图像中相应坐标位置的 CT 值替换为指定的 CT 值,便于后期在放射治疗系统中进行基于精确阈值的自动图像分割。数据叠加采用 Matlab 软件实现,其核心源代码如下:

```
for ni = 1 : 350
    for nj = 1 : 350
        for j = 1 : nu
            p = (A(j,1) A(j,2));
            if(B(ni, nj) = p(1)) % p(1) 为灰度值
                I(ni + 110, nj + 81) = p(2); % p(2) 为 CT 值
            continue;
        end
    end
end
end
dicomwrite(I, targ_file, f, 'CreateMode', 'Copy')
```

2 结果

2.1 CVH 女性盆腔 DICOM 格式分割断层数据获取 从分割的女性盆腔数据集中提取实验研究的感兴趣器官,通过 Amira 4.1 软件和 Matlab 软件将断层图像转换为 DICOM 3.0 的图像数据格式,建立 DICOM 数据的信息头,得到 386 层图像大小为 $512 \times 512 \text{ pixels}$,符合临床影像系统的标准 DICOM 3.0 中国可视化人体数据源女性盆腔数据集 1 套(表 1)。

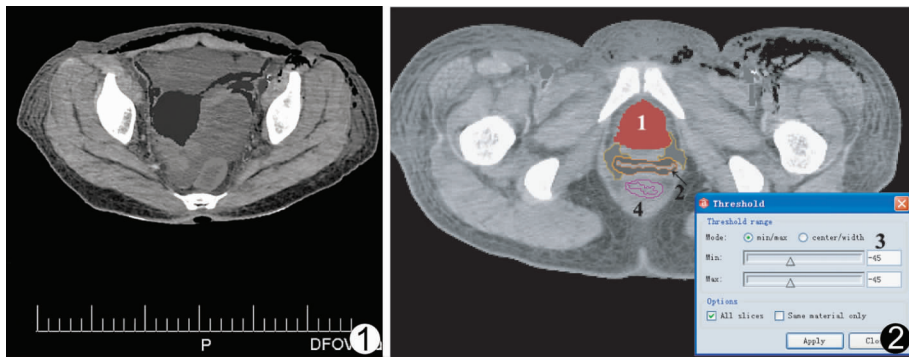


图 1 具有分割标识的断层图像 DICOM 数据 图 2 融合图像的器官分割数据快速提取

1. 膀胱; 2. 阴道; 3. 分割数据快速提取操作界面; 4. 直肠

表 1 盆腔内主要组织结构及其 CT 对照表

结构	灰度	CT 值偏移量	赋予 CT 值
动脉	10	1004	-20
输尿管	20	984	-40
静脉	30	994	-30
卵巢	60	974	-50
输卵管	70	964	-60
子宫	80	969	-55
直肠	90	1064	40
膀胱	110	979	-45
阴道	120	959	-65
尿道	130	999	-25
静脉丛	160	989	-35
神经	230	1094	70
肌肉	240	1074	50

2.2 图像配准与数据融合 根据基准图像的对位关系,以 CT 数据为标准,将分割数据集的断层坐标体系与 CT 数据进行了配准。经过断层图像的配准和基准图像的校正,使女性盆腔的 2 个不同数据源的盆腔内脏器具有相同的坐标体系,即在 X、Y、Z 三个坐标方位保证了器官结构的空问一致性。根据 2 个数据源的坐标位置关系,成功将分割图像上具有分割标记的数据信息替换为 CT 数据图像上相应坐标位置的数据,完成了从冰冻断层图像到临床 CT 数据的图像融合。图 1 为子宫和直肠的分割结构。

经过图像融合后使原来来自临床 CT 机扫描的断层图像中的盆腔器官具有特定的 CT 值,能在肿瘤放射治疗机上采用阈值分割的方法自动提取出来,其他部位的组织结构具有原始的 CT 值。通过这种方法,一方面使得关键部位脏器的位置能够准确确定,弥补了 CT 图像上软组织的显示不如 MRI 和某些组织不能显示的缺陷,利用分割组织的特征信息,可以快速地对一些感兴趣区域进行快速、准确提取;另一方面由于其他组织具有原始的 CT 值,使得照射源的能量分布与实际治疗方案相同。由于医学影像 CT 值能够量化地反映各种人体组织与射线之间的相互作用这一特性,融合后的图像数据可以直接用于剂量计算,建立了具有分割标识的数字放射治疗模型,图 2 为经图像融合后的其中一幅断面图像,图中膀胱、阴道、直肠等重要器官可通过阈值分割自动快速提取。

3 讨论

3.1 CVH 数据的运用格式 医学图像数据的格式多种多样, CVH 数据作为 CT、MRI 等人体解剖医学图像数据的重要参考,要在医学上的运用扩展开来,就不得不面对目前医学图像数据的传输和存储等问题。DICOM 是医疗设备的国际标准通信协议,是医学图像和相关数字信息在计算机间通信的一个工业标准^[1]。在我们的前期研究中, CVH 的图像格式已经涉及了 tiff、bmp、jpg、png 等格式^[2],但是,要把 CVH 的图像数据导入目前的医疗

设备中,就必须遵从目前医学影像设备的图像格式标准,因此将 CVH 的数据与目前医学影像常用的图像格式间进行转换,以便于许多常用医疗设备的图像处理工具进行 CVH 图像的显示。本研究首次对 CVH 图像数据进行 DICOM 图像数据转换做了初步的研究和探讨。

3.2 放射治疗模型的数据特点及意义 在肿瘤三维精确放射治疗过程中,治疗计划的精确剂量计算是计划设计和肿瘤放疗成败的前提,其精确放疗剂量计算的允许误差小于 3%^[3]。要达到如此高的剂量计算精度,除需要精确的放疗设备和准确的剂量算法,还需要对放疗结果进行评估。目前人体组织剂量计算方法基本上可以分为两大类,第一类是常用的方法即确定性方法;另一类就是蒙特卡罗方法,因为其处理复杂问题的能力而成为一种不可替代的方法^[4]。放射治疗的剂量检测和评估无法真实获得真人体内的实际照射剂量,目前国内外学者大多应用体模进行检测和剂量评估^[5-6]。由于人体结构复杂,人体组织为各向异性,应用体模也难以真实反映人体的实际情况^[7-8]。

美国徐榭博士在美国数字化可视人体的基础上建立了用于辐射剂量计算的数字模型——VIP Man,在此模型的基础上应用蒙特卡罗算法获得了较精确的人体辐射剂量的模拟计算与评估^[9-11]。由于 VIP Man 模型是在 VHP 数据集分割数据的基础上建立的体素模型,对标注的体素赋予组织的密度值,然后应用辐射剂量模拟计算方法进行辐射剂量的模拟计算。该数据不符合中国人的体性特征,其密度值采用组织的平均密度,且数据格式不是标准的 DICOM 3.0 数据格式,不能直接应用临床的放射治疗系统,难以进行肿瘤放射治疗的方案设计和剂量模拟计算。本实验研究采用中国数字化可视人体数据集,在女性盆腔重要器官分割结构的基础上,融合了真实盆腔 CT 数据,建立了具有分割标识的 CT 放疗计算模型。这种计算模型为标准的 DICOM 3.0 数据格式,可直接应用于临床的放射治疗计划系统,通过简单的阈值提取即可建立符合临床需求的放疗计算模拟,使不同的放疗计划系统中具有相同的模型参数,确保不同的计算方法下具有相同的形态参数,可进行不同放疗模拟计算的结果的对比。特别是具有分割标识的 CT 放疗计算模型,重要器官采用该组织的平均 CT 值,周围组织结构采用实际的 CT 值,在进行剂量模拟计算时,其

人体结构的仿真程度更接近真实的人体,可作为标准的女性盆腔放射治疗模型,替代真实的人体进行放射治疗模拟仿真,以便探讨最优的放射治疗方案的设计和内部组织器官的剂量分布,是肿瘤三维精确放射治疗模拟仿真的保障,有助于临床放疗计划系统的进一步完善和改善肿瘤放射治疗的疗效。

[参考文献]

[1] Xu C, Wu Y, Jia KB, et al. Import standard of digital imaging and communications in medicine-DICOM standard. Chin J Med Imaging Technol, 2002, 18(9):952-954.
徐嵩,吴勇,贾克斌,等.数字医学影像与通信的重要标准-DICOM标准.中国医学影像技术,2002,18(9):952-954.

[2] Zhang SX, Heng PA, Liu ZJ, et al. The Chinese Visible Human (CVH) datasets incorporate technical and imaging advances on earlier digital humans. J Anat, 2004, 204(pt 3):165-173.

[3] Hu YM. Radiotherapy physics for malignant tumour. Beijing: Atomic Energy Press, 1999:487-615.
胡逸民.肿瘤放射物理学.北京:原子能出版社,1999:487-615.

[4] Wang L, Chu IC, Kapur A, et al. A patient specific Monte Carlo dose calculation method for photon beams. Med Phys, 1998, 25 (6): 867-878.

[5] Cai MQ, Lin DQ, Guo ZD, et al. China radiation anthropomorphic phantom and mathematical models of human body organs. Chin J Med

Imaging Technol, 2005, 21(9):1464-1467.
蔡敏芹,林大全,郭祚达,等.中国人辐照仿真人体模型及人体器官数学模型.中国医学影像技术,2005,21(9):1464-1467.

[6] Li CX, Lin DQ, Wang YP, et al. Development and medical application of digitized virtual human and anthropomorphic phantom. Chin J Med Imaging Technol, 2005, 21(11):1764-1766.
李彩霞,林大全,王远萍,等.数字化的虚拟人体和仿真人体模型的发展及医学应用.中国医学影像技术,2005,21(11):1764-1766.

[7] Wijesooriya K, Bartee C, Siebers JV, et al. Determination of maximum leaf velocity and acceleration of a dynamic multileaf collimator: implications for 4D radiotherapy. Med Phys, 2005, 32(4):932-941.

[8] Vedam S, Docef A, Fix M, et al. Dosimetric impact of geometric errors due to respiratory motion prediction on dynamic multileaf collimator based four-dimensional radiation delivery. Med Phys, 2005, 32(6):1607-1620.

[9] Xu XG. Dose conversion coefficients for 0.1 - 10 MeV electrons calculated for the VIP-Man tomographic model response to Zankl and Petousi-Henss. Health Phys, 2002, 82(2):255-256.

[10] Xu XG, Chao TC, Bozkurt A. A male radiation worker model developed from transverse color images of the Visible Human Project. Colorado: Proceedings of the Fourth Visible Human Conference, 2002.

[11] Xu XG, Chao TC. Calculations of specific absorbed fractions for GI-tract using a realistic whole body tomographic model. Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals, 2003, 18(3):431-436.

书 讯

由韩新巍教授主编、联合国内数十位介入专家教授参编的《介入放射学丛书——介入治疗临床应用与研究进展》于 2008 年 12 月 18 日由郑州大学出版社出版面向全国发行,首次出版发行 5000 册。全书共 6 章约 38 万字,书中介绍了介入放射学基础知识,规范了介入放射学的学科技术分类;较为全面的概括了介入能够治疗的疾病范畴与类别,临床常见疾病介入诊疗的细则,涵盖了各系统病变介入诊疗的适应证、治疗方法、术前准备及术后注意事项(特别是对一些常见疾病如气道病变、食道病变、胆道病变、Budd-Chiri 综合征等介入治疗的独到见解)。同时体现了河南省和郑州大学(原河南医科大学)介入治疗的特色与发展历程,向国内外同道展示了该团队在介入领域做出的科研成果。

该书编者在介入放射学领域尤其在非血管性疾病介入诊疗方面具有许多创新。全书内容丰富、实用性及普及性强,能很好地指导临床工作。本书的出版,不仅使广大医务人员知道如何进行介入治疗,而且使病友和患者家属知道该怎样接受介入治疗;同时也为医学院校师生,尤其是从事介入诊疗的医师提供一本非常实用的参考书。

本书编辑秘书和联系人 郑州大学第一附属医院放射科 马骥
电话 13526407374