论著

文章编号:1000-5404(2008)01-0008-03

基于中国数字化可视人体喉区细小结构分割数据集的建立

谭立文[1],张绍祥[1],冉 旭[2],宋 林[1],胡 南[3] (第三军医大学基础医学部:[1]人体解剖学教研室,重庆市计算医学研究所,[2]计算机教研室,重庆 400038;[3]重庆大学生物工程学院,重庆 400030)

摘 要:**目的** 建立数字人体喉区细小解剖结构的分割数据集。**方法** 利用Photoshop图像处理软件提供的磁性套索和多边形选择对中国数字化可视人体喉区数据的细小器官和结构进行数据分割,建立喉区解剖结构的分割数据集;分割数据集经图像格式转换后,在Amira 4.1软件中利用域值分割方法自动提取分割区域,进行三维显示,并通过三维结果来验证分割数据。**结果** 对喉软骨、喉肌、声带等细小解剖结构进行了分割,建立了基于数字人体的喉区数据集,基于分割数据建立三维模型真实、可信。**结论** 喉区的分割数据准确、完整,为喉区精细模型的建立奠定了数据基础,同时提供了实用的彩色图像分割方法。

关键词:图像分割;喉;可视化人体

中图法分类号:R319;R322;R323.1 **文献标识码**:A

Establishment of segmentational data set of larynx based on Chinese visible human

TAN Li-wen[1], ZHANG Shao-xiang[1], RAN Xu[2], SONG Lin[1], HU Nan[3] ([1]Department of Anatomy, [2]Department of Computer, College of Medicine, Third Military Medical University, Chongqing 400038; [3]College of Bioengineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Objective To establish a digital segmentational data set of larynx based on Chinese visible human (CVH). Methods Magnetic lasso and polygon tools of Photoshop were used to segment the small organs and structures of larynx of CVH to establish the segmentational data set of larynx. After conversion of the image format, the segmentational structures were extracted automatically with Thresholding Method and presented 3-D visualized, and then were checked up by its result of 3D reconstruction with Amira 4.1 software. Results Many small structures of larynx were segmentated, such as laryngeal cartilage, laryngeal muscles, vocal cords and so on. Then the segmentational data set of larynx based on CVH was established, which can be used to 3-D reconstruction accurately. Conclusion The segmentational data set of larynx is accurate and integrated, which is helpful to establish the elaborate model of larynx and can provide the method of color image segmentation.

Key words: image segmentation; larynx; visible human

随着数字人体研究和开发的深入[1-4],需要建立完整数字人体的解剖模型。喉是重要的呼吸器官,结构细小,在中国数字化可视人体(chinese visible human, CVH)[3]断层数据上所占比例较小,有的结构在断面上只有几个像素值,如声带、环甲膜等。要建立基于完整人体的喉的精确模型,必须将这些细小的解剖结构从原始数据集中分割出来,建立分割数据集,确保数字人体模型的完整性。具有解剖学知识的人已经能够识别这些数据信息[5-8],但目前尚没有一种分割算法能自动提取像喉区那样结构细小、特征值不明显的彩色数据信息。阈值分割方法能自动提取特定灰度值的图像信息,大多数可视化软件中提供了此分割功能[3]。为此,本研究拟根据灰度图像的阈值分割的特点,结合Photoshop的图像处理功能,以人工识别方法将喉区各结构的彩色区域转换为特定的灰度值,建立喉区细小解剖结构的分割数据集。

1 材料与方法

1.1 数据获取

从第2例中国数字化可视人体数据集中选取下颌角至甲状腺最低点之间的水平连续断层,共计244层,利用图像上的配准标记点进行配准,并将背景在Photoshop软件中填充为纯黑色。按0.5 mm等间距提取预处理后的连续断层图像,共计

基金项目:国家自然科学基金面上项目(604773128);国家高技术研究发展计划("863"计划)((2006AA01Z310)
Supported by the General Program of the National Natural Science Foundation of China (604773128) and the National "863 Key Research Project of China" (2006AA01Z310)

作者简介:谭立文,男,重庆市人,高级实验师,主要从事断层解剖及计算医学方面的研究。电话:(023)68753708, E-mail:tanliwen@mail.tmmu.com.cn

通信作者:张绍祥,电话:(023)68752005, E-mail:zhangsx@mail.tmmu.com.cn

收稿日期:2007-06-01;修回日期:2007-09-07

191 层。

1.2　图像分割步骤

将断层图像导入 Photoshop 软件中，并设置为背景图层。建立欲分割结构的 RGB 颜色表，为每个分割结构指定一个固定的 RGB 分量值。用磁性套索或多边性选择工具选取感兴趣的结构，如甲状软骨、左侧杓状软骨等，选取指定的颜色值，在羽化参数为“0”和消除锯齿参数为“否”的前提下将选择区域填充为指定的颜色。每一个分割结构均独占一个图层，对相同的处理步骤建立动作，并应用于未分割的断层图像。进行嵌套结构的分割时，将内部结构的图层置于外部结构的上方。对于相邻结构的分割则充分利用选择区的增加、相减等功能。

分割完成后，利用动作统一去除背景图层，合并所有图层，将 Photoshop 的数据格式转换为无损压缩的 PNG 数据格式，建立只有分割数据的数据集。

1.3　分割数据的格式转换

图像分割数据转换的目的是将彩色图像转换为灰度图像，以便其他三维可视化软件（如 Amira、Minics、3D-Doctor 等）能自动识别。用 Access 数据库建立欲转换的分割结构库，库中包含结构名称和结构的 RGB 颜色分量值。用 Visual C#编写数据格式转换软件，软件中先统计数据库中欲转换结构的数量，当结构数超过 254 个时，则将数据库拆分为多个少于 254 个分割结构的数据项，将每个数据项中的 RGB 颜色值与指定的灰度值（1～254）进行映射，其中 0 和 255 为特定含义的灰度值。同时，软件中设定感兴趣区域的范围，在转换数据结构的同时，裁切感兴趣的区域图像，生成一新的连续断层图像，图像格式为分割后的灰度图像。

1.4　分割数据验证

将分割后的灰度图像序列导入 Amira 4.1 软件中，在分割窗口界面选择阈值分割（Threshold），按指定的灰度值自动分割感兴趣的解剖结构，在对象池中采用面绘制的方法生成可视模型，从不同角度观察模型并判断模型的完整性、独立性和准确性。修改错误的分割类，重新验证，直至满意为止。

2　结果

2.1　分割结构

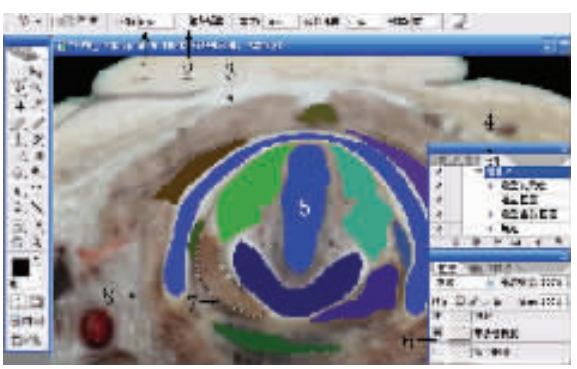
在本实验中对喉区的重要结构，如甲状软骨、环状软骨、喉肌、咽、食管、甲状腺等结构进行了分割，并建立了相应结构的分割数据集。各分割结构的 RGB 颜色分量表对应的灰度值（表 1）。

2.2　分割方法

在分割过程中，仅涉及 Photoshop 的选取、填充、动作设置、添加图层等操作，操作简单（图 1）。除在新结构出现时需要设置填充、添加图层等操作外，其余相同结构的分割仅涉及分割结构的选取和执行动作等步骤，时间的消耗主要在分割结构的选取上，区域操作可忽略不计。喉区的解剖结构细小，除软骨和部分结构与周围结构的边界较清晰外，其余结构的边界不太明显，如胸骨舌骨肌肉前部与深筋膜之间边界较清晰，磁性套索工具能识别其边界；咽下缩肌外侧与深筋膜之间的界限不明显，磁性套索的自动边界点常不准确，但利用解剖知识可以判断其确定的边界。在磁性套索勾选过程中，其控制点常不确定，需强制选择控制点来确定分割结构的边界。

表 1　喉区主要分割结构及其 RGB 值、灰度值

结构名称	R	G	B	灰度	结构名称	R	G	B	灰度
会厌软骨	0	255	141	5	杓横肌	56	226	0	85
会厌	0	113	141	10	左咽下缩肌	85	0	0	90
会厌软骨茎	0	255	255	15	右咽下缩肌	85	0	141	95
甲状软骨	28	0	255	20	环甲膜	85	28	0	100
环状软骨	28	28	113	25	左甲状舌骨肌	85	56	0	105
左杓状软骨	28	85	0	30	右甲状舌骨肌	85	56	141	110
右杓状软骨	28	85	141	35	舌骨	85	85	56	115
左楔状软骨	28	113	0	40	声带	85	85	28	120
右楔状软骨	28	113	113	45	甲状腺	85	85	0	125
左小角软骨	28	144	0	50	甲状旁腺	85	113	0	130
右小角软骨	28	141	255	55	气管	85	113	85	135
左环杓后肌	56	0	0	60	喉腔、气管腔	0	0	255	140
右环杓后肌	56	0	141	65	食道、咽	0	85	0	145
左环甲肌	56	85	0	70	食管	141	141	56	150
右环甲肌	56	85	141	75	食道、咽	0	85	0	155
左甲杓肌	56	170	0	80	动脉管道	255	0	0	160

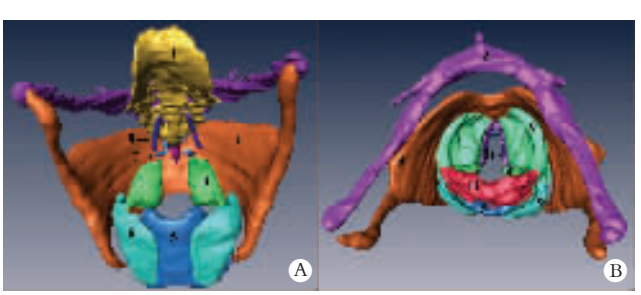


1：羽化，0；2：消除锯齿，无；3：胸骨舌骨肌边界；4：动作设置；5：喉腔分割区；6：图层设置；7：环杓后肌选择区；8：咽下缩肌边界

图 1　图像分割操作界面

2.3　三维重建结果

在 Amira 软件中，利用阈值分割功能可按指定灰度值将分割结构自动提取出来，无漏分割和错分割的现象。将提取的分割信息经三维重建后，可清晰分辨各分割结构的三维立体图像（图 2A），图像光滑、逼真，可见完整的细小结构，如小角软骨、声韧带、会厌软骨茎等解剖结构。声韧带在断面图像上的宽度只有 1～3 个像素，图 2B 中仍能观察到完整的声韧带模型。



A：后面观，B：上面观　　1：会厌软骨；2：舌骨；3：甲状软骨；4：杓状软骨；5：环状软骨；6：环杓后肌；7：小角软骨；8：楔状软骨；9：甲杓肌；10：声韧带；11：杓横肌

图 2　基于 Amira 软件重建的喉模型

3 讨论

数字化可视人体模型包括完整人体的空间形态结构[1-3]，有大的器官，如肝，也有小的器官，如喉等。这些结构在按解剖分类进行逐级分割过程中，其分割结构越来越小，分割难度也随之增大。在分割数据集中既要包含大的分割结构，又要包含小的分割结构。为此，在建立分割数据集过程中，所有的解剖结构均应在统一的坐标体系中进行分割。本研究采用在原始断层图像的基础上对喉区小结构进行图像分割，然后提取分割的数据进行三维重建，并验证分割结构，保证了分割数据的准确性和正确性，确保了喉的分割数据集与完整人体分割数据集的一致性。在指定分割结构的颜色时，对于少量的局部解剖结构的可直接填充为灰度值，减少灰度值的转换过程。当分割结构较多时，断面图像上的分割类不易区分，也无法分类。完整数字人体分割数据集的分割类应用彩色值进行区分，确保分割的结果应用于不同的需求。

图像分割是将整个图像区域分割成若干个互不交叠的非空子区域的过程，每个子区域的内部是连通的，同一区域内部具有相同或相似的特性，这里的特性在图像上可以是灰度、颜色、纹理等，在人体结构中则是一个特定的功能单位。根据医学上对人体结构的分类方法的不同，功能单位在图像上具有不同的几何区域。这些几何区域在断层上呈现一定色彩或灰度，由于人眼对颜色的敏感度远远超过对灰度的反应，彩色图像含有更为丰富的信息，因而研究日益广泛。彩色图像分割方法可分为：基于直方图、基于区域、边缘检测、模糊方法、基于物理的方法等[9]。部分彩色图像分割方法可以自动检测出部分具有特定特征的图像，但都设定了特定的数据源和特定数据结构，无法实现所有彩色图像的自动分割[7-12]。通过对连续断层图像的观察（图1），除骨、软骨、肌等结构在图像上有较明显的界限外，其余结构与周围结缔组织之间在色彩、纹理等特性方面区别较小，或没有区别，层与层之间相同结构边界的过渡也不完全相同，很难通过现有的分割算法来将这些结构区分开来。通过本实验证明，采用解剖专家识别和判断的方法能分辨出较细小的结构及其边界，确定的结构边界准确、可信。所以，在解剖专家的指导下，采用人工识别的方法来分割彩色图像是目前医学图像分割最直接、最可信的方法。

Photoshop 图像处理软件的磁性套索功能能在结构的边界具有一定色差的情况下准确确定其边界，并在边界确定过程中进行曲线拟合。在图像分割过程中，能将一些相同的操作步骤组合成动作，除选取流程外，其余步骤均可组合在动作中，整个分割过程可精简为打开图像、选择目标区域、1 个或几个动作就可完成一个分割结构在多个断层上的分割。Photoshop 软件提供了磁性套索、魔术棒、多边形、选择区的组合等多种选择工具，充分利用这些工具能快速、准确地分割出所需的结构。本实验通过对喉区结构的图像分割发现，除局部区域需要人工确定边界外，磁性套索能区别出大部分器官结构的边界，经三维可视化验证，其分割精度和准确性较高（图2）。所以，Photoshop 可以作为彩色图像的经典分割方法。

在图像分割过程中易出现漏、错等现象，Photoshop 缺乏有效的检查方法，需反复进行验证。对于大数据量的图像分割可采用分段、分部位进行验证，以减少验证时间；采用整体规划、多层次分割的方法将大数据量降为中、小规模数据量，便于分割数据的管理和验证。

参考文献：

[1] Spitzer V M, Whitlock D G. The Visible Human Dataset: the anatomical platform for human simulation[J]. Anat Rec, 1998, 253(2): 49-57.

[2] Schiemann T, Freudenberg J, Pflesser B, *et al*. Exploring the Visible Human using the VOXEL-MAN framework[J]. Comput Med Imaging Graph, 2000, 24(3): 127-132.

[3] Zhang S X, Heng P A, Liu Z J. Chinese visible human project[J]. Clin Anat, 2006, 19(3): 204-215.

[4] Chung M S, Kim S Y. Three-dimensional image and virtual dissection program of the brain made of Korean cadaver[J]. Yonsei Med J, 2000, 41(3): 299-303.

[5] 林开颜，吴军辉，徐立鸿. 彩色图像分割方法综述[J]. 中国图象图形学报，2005，10(1)：1-10.

[6] 王泽兵，杨朝晖. 彩色图像分割技术研究[J]. 电视技术，2005，(4)：20-24.

[7] 杨晓强，李 斌，魏生民. 基于解剖知识模型的医学图像分割方法研究[J]. 航天医学与医学工程，2005，18(1)：62-65.

[8] 刘国栋. 基于多重模糊属性的彩色图像分割[J]. 浙江大学学报 理学版，2006，33(1)：36-40.

[9] Cheng H D, Jiang X H, Sun Y, *et al*. Color image segmentation: advances and prospects[J]. Pattern Recognition, 2001, 34(12): 2259-2281.

[10] Gomez D, Montero J, Yanez J, *et al*. A graph coloring approach for image segmentation[J]. Omega, 2007, 35(2): 173-183.

[11] 杜 娟，李文锋. 基于金字塔连接算法的彩色图像分割[J]. 武汉理工大学学报，2006，28(1)：112-114，122.

[12] Imelinska C, Downes M S, Yuan W. Semi-automated color segmentation of anatomical tissue[J]. Comput Med Imaging Graph, 2000, 24(3): 173-180.

[13] 宋 林，张绍祥，谭立文，等. 原位牙的连续横断层解剖与可视化研究[J]. 第三军医大学学报，2003，25(7)：583-587.

（编辑 王 红）