

# 上胸椎前方入路重要解剖结构的三维重建与可视化研究

黄义星<sup>1</sup>, 金联洲<sup>2</sup>, 池永龙<sup>1</sup>, 章华真<sup>3</sup>

(1. 温州医学院附属第二医院骨科, 浙江 温州 325000; 2. 温州医学院解剖学教研室; 3. 温州市龙湾区第一人民医院外科)

**【摘要】** 目的: 建立上胸椎前方入路重要解剖结构的三维可视化模型, 为学习此区域的解剖和制定术前计划提供帮助。方法: 采用第三军医大学提供的首例中国女性数字化可视人体数据集, 选取 T<sub>1</sub> 椎体上缘到 T<sub>5</sub> 椎体下缘层面的连续断面图像, 导入 Photoshop CS 中进行自动化批处理裁切后转变为 JPEG 图像。然后再分别导入 3D Doctor 3.5 和 Amira 4.0 两个软件程序中进行表面重建和体积重建。结果: 表面重建模型可以旋转至任何角度, 各解剖结构可单独或同时显示, 可以从任何视角观察。体积重建模型可以提供横断面、冠状面、矢状面和任意斜切面的二维图像, 能提供丰富的内部细节。结论: 上胸椎前方入路重要解剖结构的三维可视化模型, 能清晰地显示各个重要解剖结构的大体形态、空间位置和毗邻关系, 十分有助于学习这一复杂区域的解剖和术前计划的制定。

**【关键词】** 胸椎; 骨科手术方法; 成像, 三维; 解剖学

**Study on the three-dimensional reconstruction and visualization of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine** HUANG Yi-xing\*, JIN Lian-zhou, CHI Yong-long, ZHANG Hua-zhen. \*Department of Orthopaedics Surgery, the Second Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To establish the three-dimensional (3D) visible models of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine (UTS) for anatomic study and preoperative planning of the UTS. **Methods:** Sectional images from the superior margin of the first thoracic vertebral body to the inferior margin of the fifth thoracic vertebral body were acquired through the Chinese Visible Human Female (VCHF) database which was collected by the Third Military Medical University. These images were imported into Photoshop CS, cut automatically and converted into a JPEG format. Surface and volume reconstruction were performed by 3D Doctor 3.5 and Amira 4.0 software programs on an ordinary personal computer respectively. **Results:** The surface reconstruction model could be rotated at any angle and observed from any direction. And the reconstructed structures of the anterior approach to the UTS could be displayed individually or as a composite with any other selected structure. The volume reconstruction displayed abundant internal details of the reconstructed images in transverse, coronal, sagittal, and random oblique sections. **Conclusion:** Three-dimensional visible models of the anatomical structures of the anterior approach to the UTS based on the sectional images of VCHF can clearly display the morphology, spatial orientation and adjacent relationship of every structure. These models are very helpful to the anatomy study and preoperative planning of this complex anatomic region.

**Key words** Thoracic vertebrae; Orthopaedics operative methods; Imaging, three-dimensional; Anatomy

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2009, 22(12):927-929 www.zggszz.com

上胸椎前路手术一直是脊柱外科手术的难点之一。上胸椎前方的大血管、神经、淋巴管等重要解剖结构错综复杂, 如: 主动脉弓及其 3 大分支、左右头臂静脉、喉返神经、迷走神经、胸导管、膈神经等, 一旦损伤后果将十分严重, 甚至危及生命。

本研究将采用中国可视人体数据集中的相关数据, 利用计算机软件重建上胸椎前方入路重要解剖结构的三维可视化模型, 旨在帮助医学生和年轻的医生学习此区域复杂的解剖,

并为手术医师制定术前计划提供参考, 减少手术并发症。

## 1 材料与方法

**1.1 数据来源** 采用第三军医大学提供的首例中国女性数字化可视人体数据集, 选取从 T<sub>1</sub> 椎体上缘到 T<sub>5</sub> 椎体下缘层面的连续断面图像, 共计 178 张图像, 每张图像分辨率为 3 072×2 084 像素, 大小为 36 MB (TIFF 格式)。该部位断面铣切层厚为 0.5 mm。

**1.2 二维图像的裁切** 将 178 张图像导入 Photoshop CS 中进行自动化批处理裁切, 裁切的宽度为 598 像素, 高度 926 像

素,此裁切范围确保上胸椎前方入路各重要解剖结构均能在所有断面图像上显示(图1)。裁切后的图像以 JPEG 格式保存,大小约为 85 kB。裁切和格式转化的目的是为了使图像文件所占的内存减小,以便较快地进行三维重建。

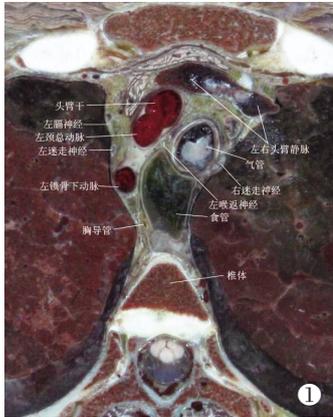


图1 裁切后的首例中国女性数字化可视人体横断面图像,显示迷走神经、喉返神经、胸导管等重要结构

Fig.1 One sectional image of the Chinese Visible Human Female after cutting showed some vital anatomic structures such as the vagus nerves, recurrent laryngeal nerves, thoracic duct, etc

1.3 三维重建

在普通个人计算机上,分别使用 3D Doctor 3.5 和 Amira 4.0 两个软件进行表面重建和体积重建。

1.3.1 表面重建 将 178 张 JPEG 图像导入 3D Doctor 3.5 中,在勾画时将图像尽可能放大,并在连续断面图像上对各重要解剖结构进行逐层追踪,然后利用 3D Doctor 自带的工具手工勾画各解剖结构的断面轮廓,被勾画和定义的解剖结构有主动脉弓及其 3 大分支、左右头臂静脉、上腔静脉、奇静脉、迷走神经、喉返神经、气管支气管、食管、胸导管、第 1-5 胸椎体等。勾画完成后,使用 Surface rendering 命令进行表面重建。

1.3.2 体积重建 将 178 张 JPEG 图像导入 Amira 4.0 中,使用 OrthoSlice 命令,重建任意冠状面、矢状面和横断面的二维图像;使用 ObliqueSlice 命令,重建任意切面的二维图像。

1.4 观察指标与方法

1.4.1 使用 3D Doctor 观察表面重建模型 根据需要可将其旋转至任何角度和任何方向,从不同的视角观察上胸椎前方入路各重要解剖结构的大体形态、空间位置和毗邻关系。而且各个解剖结构可以被定义为各种不同的颜色,使空间立体感增强。

1.4.2 使用 Amira 4.0 观察体积重建模型 使用 OrthoSlice 和 ObliqueSlice 命令,观察上胸椎前方入路各重要解剖结构任意横断面、矢状面、冠状面和斜切面的二维图像。此外,可以利用软件自带的测量工具测量长度、角度等。

2 结果

2.1 表面重建模型 可以从任意视角清楚地观察上胸椎前方入路各重要解剖结构的大体形态、空间位置和毗邻关系,十分有助于理解这一复杂解剖区域的空间位置关系(图 2-4)。

2.2 体积重建模型 可以提供任意横断面、矢状面、冠状面和斜切面的二维图像,这些图像可以单独显示或与其他重建的二维图像同时显示,提供了丰富的内部细节,从而可以在这些图像上详细地研究不同的血管、神经间隙入路<sup>[1-2]</sup>(图 5-7)。对于斜切面图像而言,可将其旋转至感兴趣解剖结构的最佳显示切面,从而对该结构进行细致地观测与研究。

3 讨论

3.1 三维重建的方法 目前,医学三维重建方法的主要有两种:表面重建和体积重建。

表面重建是通过勾画物体的断面轮廓来重建其三维表面图像<sup>[3-4]</sup>。其勾画方式分为自动勾画、半自动勾画和人工勾画。自动勾画和半自动勾画通常难以精确地勾画<sup>[5]</sup>。本研究采用人工勾画的方法,尽管此法比较费时,但是由熟悉解剖知识的医学专业人士进行人工勾画则能保证勾画的准确性。人工勾画也有不足之处,一些解剖结构如迷走神经、喉返神经、胸导管等,由于其断面轮廓很小,而且在横断面图像上与周围结缔组织非常接近,因此十分难以识别与勾画。此外,人工勾画可能会引入操作误差。例如在勾画胸导管时,我们曾把它的属支之一(左颈干)当作胸导管来重建,重建的结果与已知的解剖知识不相符,经过反复地断面追踪观察分析后,最终才准确地完成胸导管的重建。

体积重建则以体积像素作为最基本的建模单位来进行重

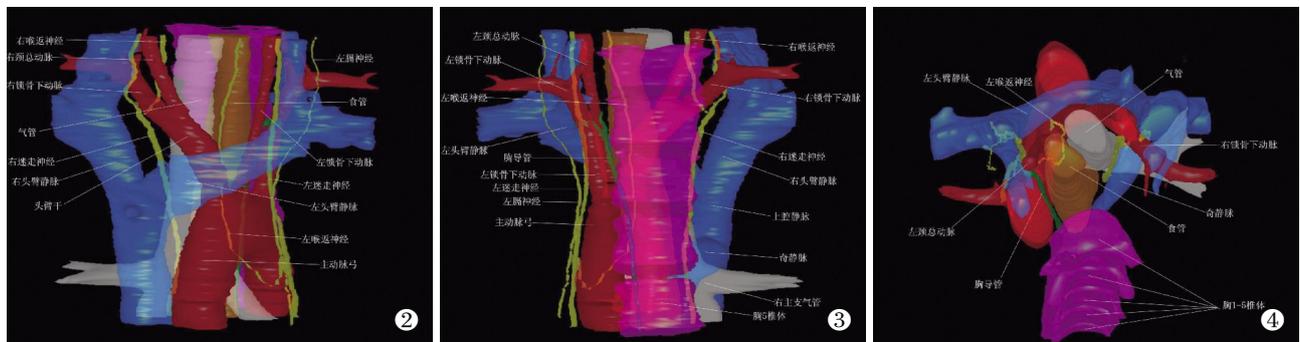
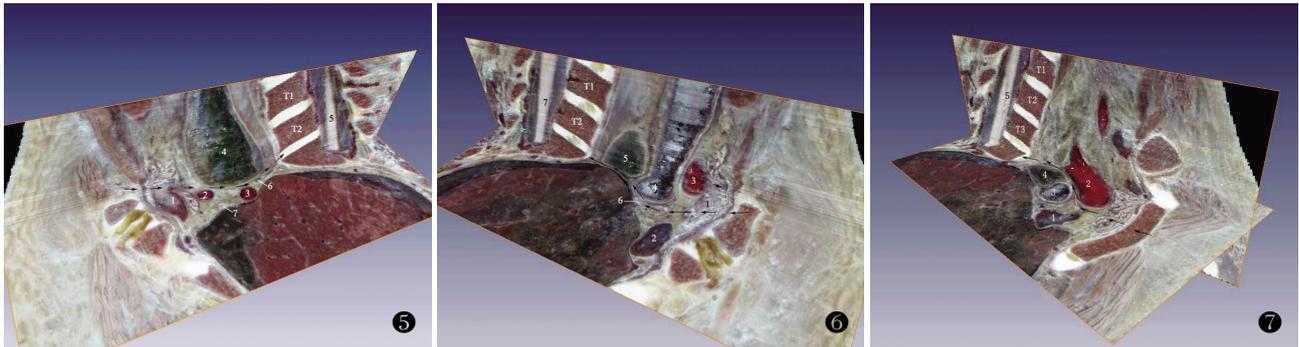


图2 上胸椎前方入路重要解剖结构的表面重建模型(前面观) 图3 上胸椎前方入路重要解剖结构的表面重建模型(后面观) 图4 上胸椎前方入路重要解剖结构的表面重建模型(上面观)

Fig.2 The surface reconstruction model of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine (Anterior view) Fig.3 The surface reconstruction model of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine(Posterior view) Fig.4 The surface reconstruction model of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine(Superior view)



**图 5** 上胸椎前方入路重要解剖结构的体积重建模型,显示气管食管鞘与左颈总动脉之间的入路间隙(黑色箭头所示)及附近重要的解剖结构:1.左头臂静脉;2.左颈总动脉;3.左锁骨下动脉;4.食管;5.脊髓;6.胸导管;7.左迷走神经 **图 6** 上胸椎前方入路重要解剖结构的体积重建模型,显示右头臂静脉与头臂干之间的入路间隙(黑色箭头所示)及附近重要的解剖结构:1.左头臂静脉;2.右头臂静脉;3.头臂干;4.气管;5.食管;6.右迷走神经;7.脊髓 **图 7** 上胸椎前方入路重要解剖结构的体积重建模型,显示上腔静脉与升主动脉之间的入路间隙(黑色箭头所示)及附近重要的解剖结构:1.上腔静脉;2.主动脉弓;3.气管;4.食管;5.脊髓

**Fig.5** The volume reconstruction model of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine showed the exposure between the esophagus and trachea medially and the left common carotid (black arrows) and some important anatomical structures nearby: 1. left brachiocephalic vein, 2. left common carotid, 3. left subclavical artery, 4. esophagus, 5. spinal cord, 6. right vagus nerve, 7. left vagus nerve **Fig.6** The volume reconstruction model of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine showed the exposure between the right brachiocephalic vein and the brachiocephalic artery (black arrows) and some important anatomical structures nearby: 1. left brachiocephalic vein, 2. right brachiocephalic vein, 3. brachiocephalic trunk, 4. trachea, 5. esophagus, 6. thoracic duct, 7. spinal cord **Fig.7** The volume reconstruction model of the anatomical structures of the anterior approach to the upper thoracic spine showed the exposure between the ascending aorta and superior caval vein (black arrows) and some important anatomical structures nearby: 1. superior caval vein, 2. aortic arch, 3. trachea, 4. esophagus, 5. spinal cord

建<sup>[3-4]</sup>。利用此法可以重建任意冠状面、矢状面、横断面和斜切面的二维图像,从而能提供丰富的内部信息。而且,在体积重建的过程中没有人工干预,重建出来的图像完整地保存了原有解剖结构的大体形态、空间位置与毗邻关系的信息。

**3.2 上胸椎前方入路重要解剖结构三维可视化模型的意义**  
上胸椎前方入路重要解剖结构错综复杂,对这一区域各重要解剖结构的相对空间位置和毗邻关系常常难以把握。一般而言,有两种方法学习这一区域复杂的解剖:一是尸体解剖,然而通常使用的防腐尸体标本,在处理和保存的过程中,可能会导致一些解剖结构的大体形态和空间位置发生改变,此外,解剖感兴趣区域通常会破坏周围的解剖结构,不利于进一步观察与研究各解剖结构之间的相对空间位置;第二种方法是学习图谱,但是用二维图像去描绘三维结构的形态和空间位置关系显然存在其局限性<sup>[5]</sup>。

本研究中,表面重建模型可以显示各个重要解剖结构的表面轮廓,并能够从任意视角进行观察;而体积重建模型可以提供丰富的内部细节。这两个模型互相补充,实现了上胸椎前方入路的三维可视化,十分有助于理解这一复杂区域解剖结构的大体形态、空间位置与毗邻关系。这对于医学生和年轻的临床医生而言,将是一个十分有用的学习工具。此外,上胸椎前方入路重要解剖结构错综复杂,手术时容易造成损伤<sup>[1-2,6]</sup>。术前可以参考此模型制定手术计划,有助于降低手术并发症。尤其是在临床上,此区域内窥镜辅助下的前路手术已经开始开展<sup>[7]</sup>,此模型对于这种微创手术的指导意义更大。

此外,随着虚拟现实技术的发展,学者们研发了许多基于三维重建模型基础上的手术训练模拟器。这些模拟器可以帮助手术医师选择最佳手术方案,降低手术风险,减少手术并发症<sup>[8-10]</sup>。本研究成功地完成了上胸椎前方入路重要解剖结构

的三维重建与可视化,有助于上胸椎前路手术术前计划的制定,并为相关的手术训练模拟器的研发打下了良好的基础。

**参考文献**

- [1] 肖增明,宫德峰,詹新立,等. 上胸椎前方手术入路的解剖及其临床意义. 中华骨科杂志, 2006, 26(3): 183-186.
- [2] Xiao ZM, Zhan XL, Gong de F, et al. Surgical management for upper thoracic spine tumors by a transmanubrium approach and a new space. Eur Spine J, 2007, 16(3): 439-444.
- [3] Uhl JF, Park JS, Chung MS, et al. Three-dimensional reconstruction of urogenital tract from Visible Korean Human. Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol, 2006, 288(8): 893-899.
- [4] Li QY, Zhang SX, Heng PA, et al. Segmentation and three-dimension reconstruction of Chinese digitized human cerebrum. Comput Med Imaging Graph, 2006, 30(2): 89-94.
- [5] Smith DM, Olikier A, Carter CR, et al. A virtual reality atlas of craniofacial anatomy. Plast Reconstr Surg, 2007, 120(6): 1641-1646.
- [6] 滕红林,贾连顺,肖建如,等. MRI 测量颈胸角在选择颈胸段脊柱手术入路中的临床应用. 中国骨伤, 2004, 17(6): 325-328.
- [7] 池永龙. 脊柱微创外科. 北京: 人民军医出版社, 2006. 296-307.
- [8] Heng PA, Cheng CY, Wong TT, et al. Virtual reality techniques. Application to anatomic visualization and orthopaedics training. Clin Orthop Relat Res, 2006, 442: 5-12.
- [9] Botden SM, Jakimowicz JJ. What is going on in augmented reality simulation in laparoscopic surgery? Surg Endosc, 2009, 23(8): 1693-1700.
- [10] Mutter D, Dallemagne B, Bailey CH, et al. 3D virtual reality and selective vascular control for laparoscopic left hepatic lobectomy. Surg Endosc, 2009, 23(2): 432-435.

(收稿日期: 2009-06-16 本文编辑: 王宏)