文章编号:1000-5404(2007)05-0373-03

论著

臂丛神经的断层解剖观察与可视化研究

刘光久,张绍祥,刘正津,谭立文,邱明国,李七渝,李 恺 (第三军医大学基础医学部人体解剖学教研室,重庆市计算医学研究所,重庆 400038)

提 要:目的 建立臂丛的三维可视化模型,立体显示臂丛的组成和走行。**方法** 选取首例中国数字化可视人体数据集中第4颈椎上缘至第4胸椎上缘的连续薄层断面图像。运用3D-DOCTOR软件,在P4微机上分割重建臂丛、脊髓、锁骨、锁骨下动静脉和腋动静脉等解剖结构并立体显示。**结果** 在薄层断面上连续观察了组成臂丛的神经根、干、股、束的位置,成功重建并立体显示了臂丛的组成及其与锁骨、血管等解剖结构的位置关系,建立了臂丛神经的三维可视化模型。**结论** 中国数字化人体数据集能够提供完整精确的臂丛神经薄层断面数据,在此基础上分割重建的臂丛三维可视化模型,真实的显示了臂丛神经的组成、走行及其与邻近结构的位置关系。

关键词:臂丛神经;断层解剖;三维重建;中国数字化人体
中图法分类号:R319;R322.85 **文献标识码**:A

Sectional anatomic observation and visualization of normal brachial plexus

LIU Guang-jiu, ZHANG Shao-xiang, LIU Zheng-jin, TAN Li-wen, QIU Ming-guo, LI Qi-yu, LI Kai (Department of Anatomy, College of Medicine, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To build three-dimensional reconstruction and visualization model of the brachial plexus to demonstrate the compositions and orientations of the plexus. Methods Cross-sectional images from the superior border of the fourth cervical vertebra to the superior border of the fourth thoracic vertebra collected from the dataset of the first Chinese visible human were subjected in this study. The anatomic structures of the brachial plexus, spinal cord, clavicle, subclavian vessels and axillary vessels were reconstructed three-dimensionally by 3D-DOCTOR software with a P4 computer. Results The roots, trunks, divisions, cords of the brachial plexus were observed on the serial thin cross-sections. The formation of the brachial plexus and its adjacent structures were successfully reconstructed and 3-D visualized. The digitized visible model of the brachial plexus was established. Conclusion The Chinese visible human dataset can provide complete and accurate data for the brachial plexus' thin cross-sections. On the base of three-dimensional model of the brachial plexus, the established mode actually displays the formation of the brachial plexus and relations to its adjacent structures, providing morphologic data for anatomy education and brachial plexus trauma diagnosis and therapy.

Key words: brachial plexus; sectional anatomy; three-dimensional reconstruction; Chinese visible human

臂丛是起源于脊髓的网状神经,由第5~8颈神经前支和第1胸神经前支大部分纤维组成,在颈部经斜角肌间隙穿出,位于锁骨下动脉的后上方,继而经锁骨后方进入腋窝。臂丛的5个来源(神经根)反复分支、组合后,最后形成3个束分别从内侧、外侧、后方包围腋动脉中段,因而分别称为臂丛内侧束、外侧束和后束。臂丛的组成和走行复杂,其进入腋窝前的部分(神经根、干、股)位置深在,局部解剖难以完整显示。因此我们利用中国数字化人体数据集的颈胸部薄层断面,运用三维重建软件,分割重建并显示了臂丛神经的立体形态,该可视化模型将有助于神经解剖学教学。临床上,臂丛损伤的影像诊断主要依赖于MRI、CT髓腔造影[1,2],因臂丛神经束与周围的软组织对比不明显,给诊断带来困难,故我们提供的清晰薄层断面图像可为影像学诊断提供形态学参考。

基金项目:国家杰出青年基金(39925022);国家自然科学基金(60473128)
Supported by the National Science Fund for Young Distinguished Scholars (39925022) and the National Natural Science Foundation of China (60473128)

作者简介:刘光久(1972-),男,重庆市人,博士研究生,讲师,主要从事数字化可视人体及断层影像解剖学方面的研究。电话:(023)68753708
通讯作者:张绍祥,电话:(023)68752014

收稿日期:2006-06-06;**修回日期**:2006-07-01

1 材料与方法

1.1 二维图像资料的获取和断层解剖观察

首例中国数字化可视人体数据集来源于35岁男性标本，铣切前行CT和MRI扫描无器质性病变[3]。在该例数据集中选取第4颈椎上缘至第4胸椎上缘的连续薄层断面图像，该部位的铣切层厚为1.0 mm，各断面图像分辨率为6 291 456(3 027×2 048)像素，每个断面图像文件大小为36 MB。在个人电脑上，用看图软件ACDSee打开所选图像，连续观察组成臂丛的第5～8颈神经和第1胸神经在断面上的位置，并向下追踪神经束的断面直至腋窝。

1.2 图像配准、数据分割和三维重建

在Pentium 4微机上，应用Adobe Photoshop 7.0软件打开所选图像，用移动工具将上下两层的定位标记点精确对位。将已对位的图像输入3D-DOCTOR软件，运用该软件的分割(Segmentation)工具，在每一连续断面上对将要重建的结构进行识别，并勾画其轮廓线。分别对臂丛神经、脊髓、锁骨、锁骨下动静脉和腋动静脉等解剖结构进行分割。采用表面绘制(Surface Rendering)重建法，在P4微机上重建这些器官和局部解剖结构的三维形态，采用伪彩色对重建的不同结构加以区分。

2 结果

2.1 薄层断面连续观察

从中国数字化人体数据集选取的颈部和上胸部断面图像清晰，椎管内的脊髓基本保持原位，第5～8颈神经和第1胸神经的前后根均能在断面上辨认。神经根合成脊神经后向两侧经椎间孔穿出，在椎间孔处可观察到膨大的脊神经节。神经束在下行过程中逐渐移向外侧，在前斜角肌和中斜角肌之间集中形成臂丛的上、中、下干，见图1。神经干在斜角肌间隙内向下外侧走行，至第1胸椎上缘逐渐分为前后两股，此处位于锁骨下动脉的后上方。神经束继续向外侧下行进入腋窝，并包围腋动脉形成内侧束、外侧束和后束，见图2。在间距为1.0 mm的薄层断面上可以连续追踪观察臂丛神经的走行及其与邻近结构的关系。标本铣切前经动脉灌注红色乳胶，锁骨下动脉和腋动脉及其分支显示良好，其伴行的静脉也能清楚的观察。

2.2 计算机三维重建

在Pentium 4微机上，应用3D-DOCTOR软件分割并重建了臂丛神经、脊髓、锁骨、锁骨下动静脉和腋动静脉等解剖结构。所重建的结构可以用伪彩色任意搭配显示，可任意旋转观察或录制特定角度旋转的视频，也可以单独显示某个结构。从建立的臂丛神经三维可视化模型中分别截取了臂丛与脊髓的前面观(图3)，臂丛与锁骨及邻近血管的整体前面观(图4)。在本模型上可显示脊髓、锁骨、锁骨下动静脉和腋动静脉。三维可视化模型显示：组成臂丛的第5～8颈神经前支和第1胸神经前支大部分经椎间孔穿出后，向外下方走行，第5和第6颈神经前支合成臂丛上干，第7颈神经前支形成臂丛中干，第8颈神经前支和第1胸神经前支大部分合成臂丛下干。臂丛的3个干经锁骨下动脉上后方行向外下方，每一干均分为前后两股，经组合后围绕腋动脉形成臂丛内侧束、外侧束和后束。

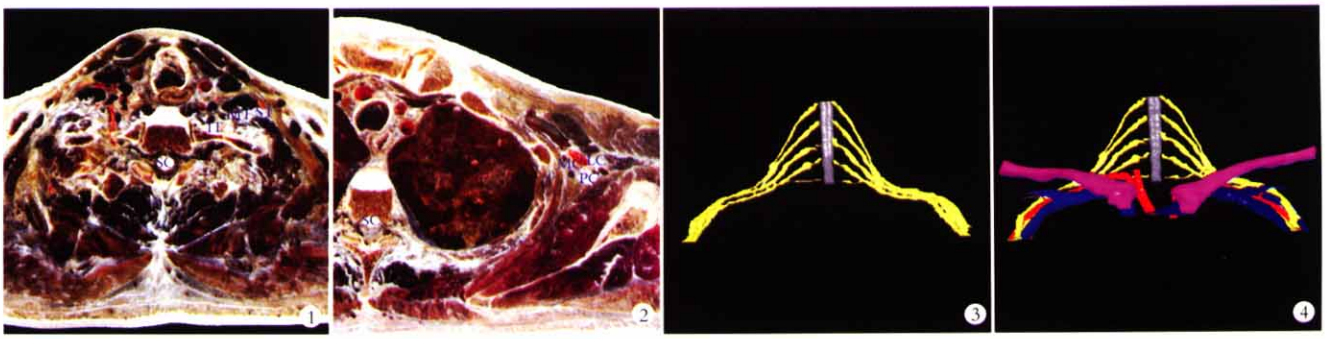


图1 经第1胸椎上缘层面 ST：上干；MT：中干；IT：下干；SC：脊髓

图2 经第4胸椎上缘层面 LC：外侧束；PC：后束；MC：内侧束；SC：脊髓

图3 臂丛和脊髓三维可视化模型前面观 黄色：臂丛神经；灰色：脊髓

图4 臂丛与锁骨及邻近血管的整体前面观 黄色：臂丛神经；灰色：脊髓；红色：动脉；蓝色：静脉；粉红色：锁骨

3 讨论

臂丛损伤的诊治是世界性难题，临床上对臂丛损伤的主要诊断手段包括物理检查、电生理检测、MRI和CT髓腔造影。臂丛损伤的准确定位依赖于影像学检查，臂丛的神经节后部分走行于肌肉和筋膜等软组织之间，可通过MRI检查，MRI诊断臂丛节后神经损伤的准确性为89.3%[4]。臂丛的神经节前部分(神经根)位于椎管内，可以通过脊髓造影CT显示，脊髓造影CT诊断臂丛神经节前损伤的准确性可达90.2%[5]。但是，CT和MRI图像通过组织密度、灰度差别及磁共振成像反映不同的组织结构，由于大量的组织结构密度相近，辨别困难。临床断层影像诊断(B超、CT、MRI、PET等)均需正常人体断层解剖学图像和数据资料作为诊断的形态学基础[6]。中国数字化人体数据集的断面图像上较好的显示了正常解剖结构及

其毗邻关系，为临床影像诊断学提供了完整、连续的薄层断面解剖学资料，对病变的诊治具有重要的参考价值[7]。因此，在数字化可视人体数据集的薄层断面图像上连续观察组成臂丛的神经根、干、股、束的位置，可以为不同部位臂丛损伤提示最佳的扫描层面，即为臂丛损伤的影像学诊断提供形态学参考。

臂丛的组成复杂，且走行过程中神经纤维束反复分支组合，是神经解剖教学中的一个难点。以往在臂丛神经的解剖教学过程中多采用臂丛的模式图进行讲述，医学生难以形成臂丛组成和走行的三维立体概念，只能抽象的记忆臂丛的根、干、股、束、支。我们利用中国数字化人体数据集的薄层断面图像，经过精确的图像配准、数据分割和三维重建，建立的臂丛神经三维可视化模型，完整显示了臂丛组成和走行的立体形态，及其与邻近动、静脉的空间位置关系。因此，臂丛神经的三维可视化模型可以为计算机解剖教学提供素材。在本研究中，我们在 Pentium 4 微机上，运用 3D-DOCTOR 软件分割重建了臂丛、脊髓、锁骨、锁骨下动静脉和腋动静脉等解剖结构，立体显示了臂丛及其邻近的主要结构。应用 3D-DOCTOR 软件，可以很方便的在个人电脑上对连续的二维图像进行结构识别和分割，且能实时地进行三维重建。这种交互式的分割和重建方式，对于在断面上辨认有一定困难的结构（如神经），可以通过观察三维模型指导二维断面结构的识别。三维可视化模型中的结构可以任意搭配显示，也可以沿任意方位旋转，或设定一定速度旋转生成视频录制下来观看。近年来，计算机辅助的方法使解剖学者和外科医师开展新的教学和手术训练成为可能。该方法的一个基本条件是将人体三维数字化信息在计算机中呈现。描述人体解剖的一般模型，可以作为解剖学习或临床工作的参考。虚拟人体模型通常来自 CT、MRI 或冰冻组织切片的断面图像构建，它们可以在计算机显示屏或虚拟现实环境中交互显示。人体完整的空间和符号模型可用做模拟难以学习的多种临床操作程序[8]。我们建立的臂丛神经三维可视化模型，还可以用于临床手术训练，如进一步开发臂丛阻滞麻醉穿刺术和臂丛损伤修复术的虚拟手术系统。

参考文献：

[1] Kichari J R, Hussain S M, Den-Hollander J C, *et al*. MR imaging of the brachial plexus: current imaging sequences, normal findings, and findings in a spectrum of focal lesions with MR-pathologic correlation [J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2003, 32(2): 88 - 101.

[2] Rankine J J. Adult traumatic brachial plexus injury[J]. Clin Radiol, 2004, 59(9): 767 - 774.

[3] 张绍祥，刘正津，谭立文，等. 首例中国数字化可视人体完成[J]. 第三军医大学学报，2002，24(10)：1231 - 1232.

[4] 高明勇，梁碧玲，许扬滨，等. 臂丛节后神经损伤的 MRI 诊断探讨[J]. 中国医学影像技术，1998，14(7)：536 - 538.

[5] 张水兴，张雪林，周倩静，等. 脊髓造影 CT 诊断臂丛神经节前损伤[J]. 临床放射学杂志，2003，22(9)：745 - 747.

[6] 张绍祥，刘正津. 数字化可视人体研究[J]. 第三军医大学学报，2003，25(7)：561 - 562.

[7] 张伟国，陈现红，张绍祥，等. 枕下海绵窦可视化成像与 MRI 对照研究[J]. 中国医学影像技术，2005，21(5)：809 - 811.

[8] Pommert A, Hohne K H, Burmester E, *et al*. Computer-based anatomy: a prerequisite for computer-assisted radiology and surgery[J]. Acad Radiol, 2006, 13(1): 104 - 112.

（编辑　汪勤俭）

欢迎订阅 2007 年《重庆医科大学学报》

《重庆医科大学学报》是综合性医学专业性学术刊物，月刊，国内外公开发行。该刊已被《中文科技期刊数据库》、《中国期刊全文数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中国科技论文统计源期刊》、《中国生物学文摘》、《中国生物学文献数据库》全文收录。

该刊设有基础实验研究、临床实验研究、技术方法研究、流行病学研究及经验交流等栏目，刊登疾病的病原学、流行病学、病理、病理生理、免疫学、发病机制、临床诊断与治疗及预防的研究成果，实践经验，诊疗技术及新方法的重要进展等相关内容。该刊于月末出刊，全年 12 期，大 16 开本，每期定价 8 元，全年订阅费 96 元。统一刊号：ISSN 0253 - 3626，CN 50 - 1046/R　邮发代号：78 - 132，请及时向当地邮局订阅，漏订的读者请直接汇款至《重庆医科大学学报》编辑部。

地　址：重庆市渝中区袁家岗医学院路 1 号 重庆医科大学 384# 信箱《重庆医科大学学报》编辑部

联系人：关蕴良　　电　话：(023)68485032　　邮　编：400016

传　真：(023)68485013　　E-mail：cyxbbjb@126.com