

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2012.52.021 [http://www.crter.org/crter-2012-qikanquanwen.html]  
曹加明, 傅栋. 三维虚拟穿刺仿真在颈部神经阻滞中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(52):9797-9801.

## 三维虚拟穿刺仿真在颈部神经阻滞中的应用\*★

曹加明<sup>1</sup>, 傅栋<sup>2</sup>

**文章亮点:** 基于健康志愿者 CT 动脉造影及 MRI 脊髓造影扫描断层数据集建立颈部神经结构三维可视化模型, 显示颈部神经及周围解剖结构形态和三维毗邻关系, 并同时颈浅丛阻滞, 颈深丛阻滞和星状神经节阻滞进行虚拟仿真, 为临床颈部神经阻滞提供相关解剖形态学与穿刺参考。

**关键词:** 三维; 虚拟仿真; 穿刺术; 神经阻滞; 颈丛; 星状神经节; 数字化医学

### 摘要

**背景:** 颈部神经阻滞麻醉易引起严重麻醉意外与并发症, 目前在建立颈部神经三维可视化模型并对颈部神经节阻滞进行虚拟仿真方面还处在临床探索阶段。

**目的:** 寻求三维虚拟穿刺仿真在颈部神经阻滞中的应用方法。

**方法:** 取健康志愿者颈部连续 CT 动脉造影/MRI 脊髓造影断面图像, Mimics 软件对骨骼、肌肉、动静脉、甲状腺、喉软骨、脊髓等组织进行半自动分割和重建, 医学计算机辅助设计模块对神经等细小解剖结构进行重建, 三维化显示颈部神经及周围相关解剖结构, 并进行颈部神经穿刺虚拟仿真, 包括模拟颈浅丛阻滞, 颈深丛阻滞和星状神经节阻滞。

**结果与结论:** 成功模拟颈浅丛阻滞, 颈深丛阻滞和星状神经节阻滞, 显示虚拟穿刺针和骨性结构、动静脉、肌肉、脊髓、颈丛深浅支和星状神经节等解剖结构的三维毗邻关系, 并测量穿刺进针的安全角度、深度和最佳穿刺路径。说明三维虚拟穿刺仿真技术可以为颈部神经阻滞术提供直观的形态学参考。

### Application of three-dimensional virtual punctuation simulation in cervical nerve block

Cao Jia-ming<sup>1</sup>, Fu Dong<sup>2</sup>

### Abstract

**BACKGROUND:** Neck nerve block anesthesia could easily cause a serious anesthetic accidents and complications. Till now, we are in the clinical exploration stage in establishment of three-dimensional visual model of the cervical nerve and virtual simulation of cervical nerve block.

**OBJECTIVE:** To explore the application of three-dimensional virtual punctuation simulation in cervical nerve block.

**METHODS:** Continuous CT angiography and MRI myelography sectional images were selected from the cervical part of one healthy volunteer, half-auto cut and reconstruction were taken to skeleton, muscles, artery, veins, thyroid gland, laryngeal cartilages and spinal cord etc. with the Mimics software. Medical computer-aided design module was used to reconstruct the nerve and other small anatomical structures. Three-dimensional model of cervical nerves and its surrounding relational local anatomic structure were successfully displayed and cervical nerves punctuation were virtual emulated, including simulation of superficial cervical plexus block, deep cervical plexus and stellate block.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Superficial cervical plexus block, deep cervical plexus and stellate block were successfully simulated, three-dimensions adjoin relation of the virtual pin with skeleton, carotid arteries, jugular veins, muscles, spinal cord, cervical plexus and stellate ganglion were successfully displayed, and pin's safe angle, depth or optimization path were measured. A three-dimensional virtual punctuation simulation can provide visualized morphologic data for cervical nerve block.

Cao JM, Fu D. Application of three-dimensional virtual punctuation simulation in cervical nerve block. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2012;16(52):9797-9801.

<sup>1</sup>解放军 98 医院  
麻醉科, 浙江省湖州  
市 313000;  
<sup>2</sup>武警 8691 部队  
医院, 浙江省湖州  
市 313003

曹加明★, 男,  
1969 年生, 浙江  
省永康市人, 汉  
族, 2009 年浙江  
大学医学院毕业,  
硕士, 副主任医  
师, 主要从事麻醉  
学相关研究。  
caoyl1023@  
qq.com

通讯作者: 傅栋,  
博士, 主治医师,  
武警 8691 部队医  
院, 浙江省湖州市  
313003

中图分类号: R318  
文献标识码: B  
文章编号: 2095-4344  
(2012)52-09797-05

收稿日期: 2012-04-26  
修回日期: 2012-06-08  
(20120326001/D·C)

<sup>1</sup>Department of  
Anesthesiology, 98<sup>th</sup>  
Hospital of Chinese  
PLA, Huzhou  
313000, Zhejiang  
Province, China;  
<sup>2</sup>8691 Hospital of  
Armed Police Forces,  
Huzhou 313003,  
Zhejiang Province,  
China

Cao Jia-ming★,  
Master, Associate  
chief physician,  
Department of  
Anesthesiology, 98<sup>th</sup>  
Hospital of Chinese  
PLA, Huzhou  
313000, Zhejiang  
Province, China  
caoyl1023@qq.com

Corresponding  
author: Fu Dong,  
M.D., Attending  
physician, 8691  
Hospital of Armed  
Police Forces,  
Huzhou 313003,  
Zhejiang Province,  
China

Supported by: Class  
A Surface Medical  
Technology  
Innovation Project of  
Nanjing Military  
command in 2011,  
No.11MA007\*

Received: 2012-04-26  
Accepted: 2012-06-08

## 0 引言

颈部神经阻滞是颈部疼痛与手术治疗的主要方法<sup>[1-3]</sup>, 但颈部神经位置比较特殊, 颈部神经阻滞麻醉易引起周围重要结构的麻醉并发症与意外, 如误入蛛网膜下腔引起全脊麻致心跳、呼吸骤停<sup>[4]</sup>, 误入颈血管鞘引起毒性反应, 阻滞膈神经可引起呼吸功能受损<sup>[5]</sup>, 累及喉返神经引起声音嘶哑, 波及颈交感神经节出现Horner综合征<sup>[6-8]</sup>, 阻滞迷走神经引起心动过速等并发症<sup>[9]</sup>。为了提高颈部神经阻滞效果并减少麻醉或疼痛治疗的并发症, 作者基于健康志愿者CT动脉造影及MRI脊髓造影扫描断层数据集建立颈部神经结构三维可视化模型, 显示颈部神经及周围解剖结构形态和三维毗邻关系, 并同时颈浅丛阻滞, 颈深丛阻滞和星状神经节阻滞进行虚拟仿真, 为临床颈部神经阻滞提供相关解剖形态学与穿刺参考。

## 1 对象和方法

**设计:** 影像学分析。

**时间及地点:** 于2011年5至11月在解放军98医院的放射科完成。

**对象:** 选取一名女性志愿者, 25岁, X射线检查排除病变、畸形和损伤情况, 冠状动脉血管成像动脉造影采用Aquilion64螺旋CT。

**材料与设备:** Dicom 3.0格式CT动脉造影/MR脊髓造影(MRM)扫描断层数据<sup>[10-11]</sup>。64层螺旋CT(TOSHIBA/Aquilion64, 东芝公司, 日本)。3.0T超导磁共振扫描仪(SIEMENS/Trio Tim, 西门子公司, 德国)。Dell Precision M90移动图形工作站: Intel Core 2 Duo T7200处理器, 2G DDR2-667 SDRAM内存, 160 GB硬盘, 256 M显存NVIDIA Quadro FX 1500M专业图形显卡, 17寸液晶显示屏。计算机环境: Windows XP Professional SP2操作系统。医学3D图像编辑处理软件Mimics 12.1(Materialise Software, Belgium)。

**方法:**

**原始数据的采集:** 女性志愿者从头顶至第3胸椎下缘沿横断面在动脉期及静脉期连续跟踪扫描。扫描条件: 选择软组织窗, 准直器宽49.97 mm×0.976 mm, 管电压120 kV。经左侧肘前静脉以5 mL/s流率用双筒高压注射器注射优维显(370 mgI/mL) 80 mL, 再以3 mL/s流率静脉注射生理盐水30 mL。原始数据重建层厚0.5 mm, 间隔

0.5 mm, 矩阵512×512。动脉期和静脉期各670层。MR脊髓造影采用西门子Trio Tim 3.0T超导磁共振扫描仪从头顶至第3胸椎下缘行横断面扫描。扫描参数: TE 14 ms, TI 4.92 ms, 层厚2 mm, 矩阵为512×512, DFOV 500 mm, 一次采集。扫描数据以Dicom 3.0标准存储。

**数据分割和三维数字模型重建:** 导入Dicom格式断层图像, Mimics 软件处理图像内插值达到亚体素精度, 调整窗位窗宽及对比度。根据骨组织CT阈值, 用Thresholding工具和Region Growing工具对CT动脉造影断层数据集进行半自动分割, 重建出上下颌骨、全颈椎、第1-3胸椎、锁骨、胸骨上缘等骨组织结构三维数字模型<sup>[11]</sup>。基于动脉、静脉、甲状腺、喉软骨在血管造影不同时期CT阈值用Thresholding工具和Dynamic Region Growing工具进行分割, 重建升主动脉、主动脉弓、锁骨下动脉、颈总动脉、椎动脉, 颈外静脉、颈内静脉、锁骨下静脉, 胸锁乳突肌、甲状腺、舌骨和甲状软骨三维数字模型。用Region Growing工具分割出C<sub>1</sub>-T<sub>3</sub>脊髓结构, 去除参杂数据, 以Thresholding工具处理MRI脊髓造影断层扫描数据集, 勾画每层面轮廓线, 用MC(Marching Cubes)算法建立C<sub>1</sub>-T<sub>3</sub>脊髓三维数字模型<sup>[12]</sup>。参照人体标本解剖形态和解剖行径以及神经结构三维空间的相对固定, 用医学计算机辅助设计功能对细小解剖结构进行重建, 对颈浅皮支(枕小神经、耳大神经、颈横神经、锁骨上神经)与深支、星状神经节和膈神经建立数字模型。用面绘制方式显示三维模型, 以伪彩色区分不同解剖结构。STL格式导出各个数字模型进行三维模型立体配对<sup>[13]</sup>。

**颈部神经穿刺虚拟仿真:** 在三维数字模型基础上, 进行颈部神经穿刺虚拟仿真, 包括模拟颈浅丛阻滞, 颈深丛阻滞和星状神经节阻滞, 显示虚拟穿刺针和骨性结构、动静脉、肌肉、脊髓、颈浅深支和星状神经节等解剖结构的三维毗邻关系, 并测量穿刺进针的安全角度、深度和最佳穿刺路径。

**主要观察指标:** 观察颈部神经三维可视化模型的解剖结构形态和各组织的三维毗邻关系, 并观察颈部神经虚拟穿刺仿真穿刺针的安全角度、深度和最佳穿刺路径。

## 2 结果

**2.1 三维可视化模型建立与穿刺仿真** 应用Mimics软件成功模拟颈浅丛阻滞, 颈深丛阻滞和星状神经节阻滞, 显示虚拟穿刺针和骨性结构、动静脉、肌肉、脊髓、

颈丛深浅支和星状神经节等解剖结构的三维毗邻关系, 并测量穿刺进针的安全角度, 深度和最佳穿刺途径。

2.2 可视化模型与穿刺仿真图示 颈浅丛三维可视化模型基础上, 分别阻滞颈浅丛各支的示意图, 见图1-3。

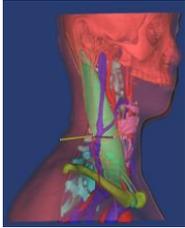


Figure 1 Virtual pin block cervical plexus cutaneous branches (Three branches)  
图1 模拟穿刺针阻滞颈丛皮支(3支)

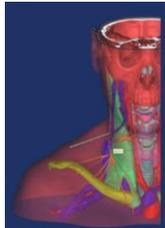


Figure 2 Simulation of cervical plexus cutaneous branch block needling angle with a stitch path  
图2 一针法阻滞颈丛皮支进针角度模拟

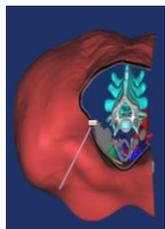


Figure 3 Simulation of cervical plexus cutaneous branch block needling depth with a stitch path  
图3 一针法阻滞颈丛皮支进针深度模拟

图1显示模拟针进针点在胸锁乳突肌的后缘中点, 约胸锁乳突肌与颈外静脉交汇处, 往耳垂方向、水平方向、锁骨中点方向分别阻滞耳大神经、颈横神经与锁骨上神经。图2模拟一针法阻滞颈丛皮支<sup>[14]</sup>, 穿刺针进针点在胸锁乳突肌与颈外静脉交汇处, 显示穿刺针和胸锁乳突肌平面的夹角, 软件测量角度为 $103.79^\circ$ , 安全角度范围为 $60^\circ-130^\circ$ 。图3显示一针法阻滞颈丛皮支进针深度, 俯视图显示穿刺针进入皮肤至胸锁乳突肌后缘, 测量深度约 $10.01\text{ mm}$ 。图4-6图显示颈深丛三维可视化模型上行颈深丛阻滞, 图4显示颈3-4平面颈深丛阻滞, 以颈4横突为穿刺定位点, 进针点在胸锁

乳突肌后缘中点, 与冠状面成 $45^\circ-90^\circ$ 直达颈4横突, 然后退针少许, 穿刺针略向头侧调整方向, 此即为注药点。以颈4为穿刺点也可向头侧穿刺达颈3横突。图5显示去除颈外静脉, 穿刺针和颈椎、颈神经根、颈椎横突、颈总动脉、椎动脉的三维位置关系。图6显示颈外静脉半透明, 穿刺针和颈总动脉、椎动脉, 颈外静脉、颈内静脉的三维关系。图7, 8显示在星状神经节三维可视化模型基础上行星状神经节阻滞。图7示星状神经节居于第7颈椎横突基部与第1肋间的前方, 在椎动脉的起始部后方, 呈椭圆形。星状神经节的前外方有颈总动脉、颈内静脉、迷走神经。穿刺针选择在颈7横突基部结节处(此处引起的组织损伤最小), 穿刺时需要把颈内动脉与静内静脉略压向外侧。图8上方显示穿刺针离气管正中线约 $24.18\text{ mm}$ , 垂直进针深度为 $33.82\text{ mm}$ 。图8下方显示星状神经节阻滞穿刺针在皮肤的位置和进针角度。



Figure 4 Simulation of deep cervical plexus block (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>)  
图4 颈深丛阻滞模拟(颈3、颈4)



Figure 5 Lateral view of the simulation of deep cervical plexus block (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>)  
图5 颈深丛阻滞模拟(颈3、颈4)侧面观



Figure 6 Perspective view of the simulation of deep cervical plexus block (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>)  
图6 颈深丛阻滞模拟(颈3、颈4)透视图

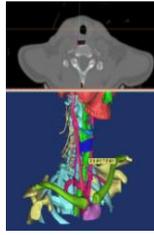


Figure 7 Simulation of stellate ganglion block (depth 33.82 mm, needling point C<sub>6-7</sub> lateral 24.18 mm)  
 图7 星状神经节阻滞模拟(进针深度为 33.82 mm, 进针点为颈 6、7 气管旁 24.18 mm)

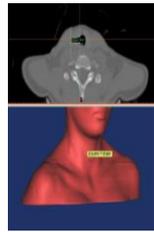


Figure 8 Entire ideograph of the simulation of stellate ganglion block (dorsal view)  
 图8 星状神经节阻滞全模式图(前面观)

**2.3 三维化模型的演示** 实验建立数字模型可以任意旋转, 以最佳角度与方位进行观察, 多彩色、透明或实体清晰显示, 对感兴趣结构还可任意放大缩小和任意角度的观察, 通过不同平面切面可以观察各组织内部的结构关系。

### 3 讨论

**3.1 颈丛及星状神经节三维可视化技术** 人体器官三维重建数据来源主要有基于尸体标本的图像数据集和基于活体CT、MRI等影像学设备采集的数据集<sup>[15]</sup>。目前, 美国、韩国、中国等均已成功获取了数字可视人体数据集, 如美国国立图书馆建立的VHP(Visible Human Project, VHP)数据集<sup>[16]</sup>, 韩国推出了VKH(Visible Korean Human, VKH)数据集<sup>[17]</sup>, 钟世镇等建立了VCH(Virtual Chinese Human, VCH)数据集<sup>[18]</sup>, 此类组织切片二维图像数字集, 切片距离是0.2-1.0 mm。国内外许多三维重建所采用的二维图像数据集来源于这些数字化可视人体数据库, 这些数据采用冰冻尸体簿层铣切技术<sup>[19]</sup>, 在铣切过程中神经组织因柔软会出现部分撕扯而失去其结构的完整性, 用组织切片重建颈部神经难度较大。基于活体CT、MRI等影像学设备采集的数据集, 如CT断层数据对于骨组织等密度对比度大组织在三维重建中具有较大的优势<sup>[20]</sup>, 但神经组织等软组织在CT

中的分辨不高, 神经组织在CT中难以显示与观察。利用MRI数据重建的优点在于软组织, 本实验应用64层螺旋CT动脉造影技术、3.0 MRI断层数据与Mimics三维重建软件基于不同CT阈值对骨骼、血管、脊髓、胸锁乳突肌、中斜角肌等颈部神经周围组织进行分割和重建, 参考人体标本实物形态和解剖行径以及神经和周围结构三维空间毗邻关系的相对固定位置, 用医学计算机辅助设计模块对颈部神经细小解剖结构进行了三维重建。此三维可视化模型优势在于数据来源于CT、MRI等扫描获得, 获取数据的途径较尸体容易, 费用也低; 数据来源于CT、MRI扫描后的活人体, 三维重建的模型更接近真实人体, 而尸体三维重建的模型, 其管道塌陷明显, 虽经过灌注但效果仍难以令人满意, 有效地克服了通过人体标本冰冻簿层铣切技术的缺陷, 弥补了数据的缺失, 从而能从任意角度观察到形态逼真、细腻、立体感强的颈丛及星状神经节三维可视化图像。

**3.2 三维虚拟技术在人体解剖重建中的意义** 以电子计算机技术为代表的三维虚拟技术的发展, 有望改变传统的医疗手术操作训练模式<sup>[21]</sup>, 传统的医疗操作手术训练和学习多是在患者身上按照“传、帮、带”的模式进行, 这种训练和学习方式延长了手术操作训练的时间, 增加训练成本, 而且缺乏训练的系统性, 使训练效果与质量存在很大的不可预见性。此研究旨在建立颈丛及星状神经节三维可视化模型及虚拟穿刺针进行术前模拟以确定穿刺点和穿刺角度, 为指导实际穿刺术提供术前模拟平台。此三维可视化模型能从任意角度旋转观察到形态逼真、细腻、立体感强的图像, 真实地还原了局部解剖的物理特性。“可视人”技术的不断完善与软件技术的成熟使电脑构建的三维虚拟现实图形直接指导临床应用提供了条件<sup>[22]</sup>。在它的基础上建立可供手术和手术前制定手术方案的三维立体仿真环境, 在外科麻醉穿刺术、手术微创化等方面具有令人鼓舞的应用前景。而三维模型因其能直观形象地表达目标结构的形态, 使术前的测量和规划具有更好的准确性, 并为各种穿刺或手术模拟创造了条件。

**3.3 虚拟现实技术在神经阻滞中应用** 准确把握颈丛及星状神经节的解剖位置与毗邻并准确掌握穿刺方法是提高颈丛及星状神经节阻滞效果并减少穿刺并发症的关键。实验通过采集到的数据对颈丛神经、星状神经节及重要毗邻进行计算机三维重建, 将其虚拟为三维空间结构, 在计算机上进行局部或全方位三维显示颈丛、星状神经节及其毗邻结构。通过设置不同组织的不同透明度与色彩, 能立体清晰观察与透视颈丛的深浅支及星状神经节与脊髓、骨性结构、胸锁乳突肌、前斜角肌、

中斜角肌、肩胛提肌、迷走神经、膈神经、喉返神经相对位置与关系,并对模型进行任意旋转、分割,能更好地帮助理解颈丛神经的立体概念,克服了传统解剖教学中不能很好还原真实解剖位置的不足,是对传统解剖方法的完善与补充。本实验为颈丛及星状神经节的影像学诊断、麻醉穿刺、颈部手术等提供形态学的依据和三维可视化模型,同时为开发颈部神经虚拟穿刺仿真软件奠定基础。此研究模拟了颈浅丛与颈深丛及星状神经节在三维可视化基础上进行穿刺定位与操作仿真,由于虚拟穿刺可为操作者提供一个极具真实感和沉浸感的训练环境,如果能模拟出力反馈还能够制造很好的临场感,可以达到训练过程与真实情况相似,尤其是能够获得在实际操作中的手感,开拓出医疗教学的新模式,有助于解决临床医学培训、教育的困难。

#### 4 参考文献

- [1] Li LP, Zhu C, Li CM, et al. Shanghai Yixue. 2011;34(12): 960-961.  
李浪平,朱婵,李传明,等.颈神经阻滞治疗神经根型颈椎病的临床研究[J].上海医学,2011,34(12): 960-961.
- [2] Xiong XL, Yang J, Gong W. Shiyong Yiyuan Linchuang Zazhi. 2010;7(03):86-87.  
熊显良,杨军,龚伟.两点法颈神经丛阻滞用于锁骨骨折内固定术麻醉效果观察[J].实用医院临床杂志,2010,7(3):86-87.
- [3] Bian SX, Hu CZ, Hu W. Zhongguo Shequ Yishi(Yixue Zhuanye Banyuekan). 2008;10(3):35-36.  
卞曙晓,胡翠珍,胡雯.高位硬膜外填充加颈神经阻滞治疗颈椎病103例[J].中国社区医师(医学专业半月刊),2008,10(3): 35-36.
- [4] Gao SJ, Ji JX. Hebei Yiyao. 2008;36 (4): 453-455.  
高书军,籍剑鑫.颈丛神经阻滞麻醉下全脊麻1例[J].河北医药, 2008,36 (04): 453-455.
- [5] Saito Y, Kitamura T, Otsuji M, et al. Attenuation of phrenic nerve palsy associated with brachial plexus block by modified supra costal approach under fluoroscopic guidance. Masui. 2010;59(6):701-706.
- [6] Liu YG, Shi XZ, Liang HP, et al. Zhongguo Linchuang Jiepouxue Zazhi. 2006;24(1):67-69.  
刘彦国,石献忠,梁海鹏,等.星状神经节的应用解剖及其与 Horner综合征关系的探讨[J].中国临床解剖学杂志,2006,24(1): 67-69.
- [7] Zhang YH, Cong AN, Qi XS. Shequ Yixue Zazhi. 2008;6(21): 87-88.  
张玉环,丛爱宁,齐祥顺.颈交感神经损伤引起Horner综合征1例 [J].社区医学杂志,2008,6(21): 87-88.
- [8] Alstadhaug KB. Acquired Horner's syndrome. Tidsskr Nor Laegeforen. 2011;131(9-10):950-954.
- [9] Yao YP, Chen GZ. Yixue Zongshu. 2010;16(23): 3636-3638.  
姚艳萍,陈国忠.颈丛阻滞心血管不良反应的研究现状[J].医学综述,2010,16(23): 3636-3638.
- [10] Ratib O, Hoehn H, Girard C, et al. PAPERUS 3.0: DICOM-compatible file format. Med Inform (Lond). 1994; 19(2):171-178.
- [11] Ge Q, Cheng Y, Bi K, et al. A technique for visualization and mapping of local cartilage thickness changes in MR images of osteoarthritic knee. Eur J Radiol. 2012.
- [12] Fu D, Jin AM, Tang HL, et al. Disan Junyi Daxue Xuebao. 2008; 30(12): 1117-1121.  
傅栋,靳安民,唐海亮,等.“中国数字人女1号”骨骼系统数字仿真及全身骨骼数据库初步建立[J].第三军医大学学报,2008,30 (12): 1117-1121.
- [13] Yu JL, Huang ZH, Cui CH, et al. Clinical application of 64-slice computed tomographic angiography-based virtual colonoscopy in the diagnosis of colonic tumors. Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao. 2011;31(9):1585-1588.
- [14] Wan Y, Otsuna H, Chien CB, et al. An interactive visualization tool for multi-channel confocal microscopy data in neurobiology research. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2009; 15(6): 1489-1496.
- [15] Duan HW, Wu YM, Ye M, et al. Shanghai Yixue. 2011; 34(6): 448-451.  
段宏伟,吴一鸣,叶敏,等.一针法颈丛神经阻滞中颈浅丛阻滞的改良[J].上海医学, 2011,34(6):448-451.
- [16] Shriver EM, Ragheb J, Tse DT. Combined transcranial-orbital approach for resection of optic nerve gliomas: a clinical and anatomical study. Ophthal Plast Reconstr Surg. 2012;28(3): 184-191.
- [17] Graham GS, Rickloff JR. Development of VHP sterilization technology. J Healthc Mater Manage. 1992;10(8): 54-56.
- [18] Kim JY, Chung MS, Hwang WS, et al. Visible Korean Human: another trial for making serially-sectioned images. Stud Health Technol Inform. 2002. 85: 228-233.
- [19] Park JS, Chung MS, Hwang SB, et al. Visible Korean human: improved serially sectioned images of the entire body. IEEE Trans Med Imaging. 2005;24(3):352-360.
- [20] Fan JH, Li PJ, Yuan L, et al. Establishment of Internet-based database of the Virtual Chinese Human dataset. Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao. 2003;23(6): 530-534.
- [21] Hu RH, Wu BH, Zhang SX, et al. Disan Junyi Daxue Xuebao. 2007;29(14):1371-1373.  
胡荣慧,巫北海,张绍祥,等.髋关节CT三维重建与可视化研究[J].第三军医大学学报,2007,29(14):1371-1373.
- [22] Tang Z, Li K. Zhongguo Yixue Yingxiang Jishu. 2010;26(10): 1987-1989.  
唐卓,李恺.肝内管道三维可视化模型在肝脏手术教学培训中的应用[J].中国医学影像技术,2010,26(10):1987-1989.

#### 来自本文课题的更多信息—

**基金资助:** 2011年度南京军区医学科技创新面上A类课题(11MA007),课题名称:脊柱硬膜外间隙及其周围结构和硬膜外腔穿刺置管术的三维可视化研究。

**作者贡献:** 第一作者进行实验设计,实验实施为第一、二作者,第二作者进行实验评估,资料收集为第一作者,第一、二作者成文,第二作者审校,第一作者对文章负责。

**作者声明:** 文章为原创作品,数据准确,内容不涉及泄密,无一稿两投,无抄袭,无内容剽窃,无作者署名争议,无与他人课题以及专利技术的争执,内容真实,文责自负。