

[文章编号] 1000-2200(2018)06-0784-05

# CT 三维重建配合 3D 打印技术在辅助寰枢椎椎弓根螺钉置入的应用价值评估

郭 飞<sup>1</sup>, 王全鹏<sup>2</sup>, 代建昊<sup>3</sup>, 张 莉<sup>2</sup>

**[摘要]** **目的:**探讨 CT 三维重建配合 3D 打印技术在辅助寰枢椎椎弓根螺钉置入的应用价值。**方法:**通过 CT 三维重建的多种后处理技术明确寰枢椎病变 13 例作为观察组,再将 CT 三维重建、逆向工程原理及快速成形技术相结合,设计出一种新型的导航模板,辅助椎弓根螺钉置入,并与 13 例之前已通过 X 线透视置钉法的病例(对照组)进行置钉效果比较。**结果:**对照组 13 例共置椎弓根螺钉 41 枚,其中 I 类置钉 9 枚,II 类置钉 18 枚,III 类置钉 14 枚,成功率 65.9%;观察组共打印颈椎模型 13 例,设计导向模板 21 个,5 例由于先前通过 X 线透视仅在枢椎两侧的椎弓根内置钉,只制作出枢椎的导航模板;模拟手术同样置钉 41 枚,其中 I 类置钉 15 枚,II 类置钉 21 枚,III 类置钉 5 枚,成功率 87.8%。**结论:**CT 三维重建的各种后处理技术不仅能够准确的判断寰枢椎病变,并能配合 3D 打印技术,制作出个体化的导航模板,使上颈椎椎弓根螺钉的置入变得既安全又省时,并能在术后准确评估置钉效果。

**[关键词]** 寰枢椎病变;辅助椎弓根螺钉置入;CT 三维重建;3D 打印技术

[中图分类号] R 323.4

[文献标志码] A

DOI:10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2018.06.025

## The application value of CT three-dimensional reconstruction combined with 3D printing technology in atlantoaxial pedicle screw placement operation

GUO Fei<sup>1</sup>, WANG Quan-peng<sup>2</sup>, DAI Jian-hao<sup>3</sup>, ZHANG Li<sup>2</sup>

(1. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233004;

2. Department of Medical Imaging, Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233030; 3. Department of Orthopedics, The First People's Hospital of Huainan, Huainan Anhui 232007, China)

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the application value of CT three-dimensional reconstruction combined with 3D printing technology in atlantoaxial pedicle screw placement operation. **Methods:** Thirteen atlantoaxial lesions patients diagnosed by post-processing methods of CT three-dimensional reconstruction were set as the observation group. A kind of new navigation template guiding the atlantoaxial pedicle screw placement operation was designed through CT three-dimensional reconstruction, principle of reverse engineering and rapid prototyping technology. Thirteen patients treated with pedicle screw fixation by X-ray fluoroscopy were set as the control group. The treatment effect between two groups was compared. **Results:** Forty-one pedicle screws in control group were implanted, which included 9 cases of level-I, 18 cases of level-II and 14 cases of level-III pedicle screws, and the success rate of which was 65.9%. Twenty-one guiding templates were designed in observation group, and 5 cases were treated with X-ray fluoroscopy for the internal fixation of pedicle screws. Forty-one pedicle screws in simulated operation were implanted, which included 11 cases of level-I, 21 cases of level-II and 5 cases of level-III pedicle screws, and the success rate of which was 87.8%. **Conclusions:** The post-processing methods of CT three-dimensional reconstruction can accurately diagnose the atlantoaxial vertebral lesions, which combining with 3D printing technology in cervical pedicle screw placement operation is safe and short time, and can accurately evaluate the effect of pedicle screw insertion after surgery.

**[Key words]** atlantoaxial lesion; assist pedicle screw placement; CT three-dimensional reconstruction; 3D printing technology

[收稿日期] 2018-02-20 [修回日期] 2018-06-01

[基金项目] 国家自然科学基金(31600862);安徽省高等学校省级自然科学研究项目(KJ2015B100by);省级大学生创新创业计划项目(201610367013);2017年蚌埠市级科技创新指导类项目(20160305)

[作者单位] 1. 蚌埠医学院第一附属医院放射科,安徽蚌埠 233004; 2. 蚌埠医学院影像学系,安徽蚌埠 233030; 3. 安徽省淮南市第一人民医院骨科,232007

[作者简介] 郭 飞(1978-),男,硕士,主治医师,讲师。

[通信作者] 张 莉,博士,讲师。E-mail:li\_zhang@bbmc.edu.cn

寰枢椎由于具有多个联合、多个关节,结构非常复杂。以往对于寰枢椎病变的诊断仅依靠 X 线片或普通 CT 扫描,虽然能显示部分解剖结构,但漏诊或误诊率高,远远不能满足临床需求。近年来随着多排螺旋 CT 的广泛应用,多种后处理技术在寰枢椎病变的诊断中发挥了重要作用<sup>[1]</sup>。颈椎后路手术一直以来是脊柱外科学领域的重点和难点,目前主要以钉棒系统为主,包括椎弓根螺钉、侧块螺钉和

经关节螺钉、棘突螺钉、椎板螺钉系统等<sup>[2]</sup>。椎弓根骨质坚硬,无论其宽度或者厚度,均可支持螺钉置入,借助钉棒系统的强大外力,可恢复正常颈椎生理曲度和椎间隙高度,避免神经与脊髓受到压迫或者损伤<sup>[3-4]</sup>,也可为椎体前方损伤所致前柱支撑力丧失的病人提供长期的稳定性,所以颈椎椎弓根螺钉固定技术较其他技术具有显著的优势,是现在临床上颈椎后路手术最坚强、最常用的内固定方法<sup>[5]</sup>。本研究通过对 CT 三维重建的多种后处理技术明确寰枢椎病变的病例,采用 CT 三维重建、逆向工程原理及快速成形技术相结合的方法,设计出一种新型的导航模板,辅助椎弓根螺钉置入,并与之前已通过 X 线透视置钉法的病例进行置钉效果比较。现作报道。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究收集了 2012 年 5 月至 2017 年 11 月蚌埠医学院第一附属医院住院的 13 例患有寰枢椎疾病并已行 X 线透视下椎弓根螺钉置入术的病人,包括男 8 例,女 5 例,年龄 31~71 岁。13 例上颈椎病例中,有 4 例寰枢椎脱位,其中含 Klippel-Feil 综合征 1 例,类风湿性关节炎 1 例,脑瘫伴胸锁乳突肌痉挛 1 例,外伤性寰枢椎脱位 1 例;寰枢椎骨折 3 例,分别为前弓骨折和前后弓均有骨折、齿状突骨折;Jefferson 骨折伴脱位 1 例;颅底凹陷 3 例;椎管占位 1 例,颈椎病 1 例(见表 1)。

表 1 13 例上颈椎关疾病病人相关资料

编号	性别	年龄/岁	诊断	导板	置钉数/枚
1	女	52	Jefferson 骨折伴寰枢关节脱位	C1/C2	4
2	女	39	寰枢椎脱位,Klippel-Feil 综合	C1/C2	4
3	男	52	颅底凹陷症、C2/3 融合畸形	C2	2
4	女	43	Chari 畸形术后,颈椎病	C2/C3	4
5	男	50	颈椎管肿瘤	C2 右侧	1
6	男	55	Jefferson 骨折	C1/C2	4
7	女	50	类风湿关节炎伴寰枢关节脱位	C1/C2	4
8	女	32	齿状突骨折,寰枢椎不稳	C1/C2	4
9	男	36	寰枢关节脱位,胸锁乳突肌痉挛	C1/C2	4
10	男	41	寰枢椎脱位	C1/C2	4
11	男	71	寰枢椎骨折	C1/C2	4
12	男	52	颅底凹陷症	C2	2
13	男	31	颅底凹陷症	C2	2

## 1.2 方法

### 1.2.1 CT 原始数据分析 13 例病人均行 64 排螺旋

CT 连续断层扫描,扫描参数:电压 120 kV,电流 150 mA,层厚 0.625 mm,螺距 0.5 mm,矩阵 512 × 512。将 13 例病人的 64 排螺旋 CT 扫描原始数据传到 ADW4.6 工作站,进行表面遮盖显示(SSD)、多平面重组(MPR)、最大密度投影(MIP)、容积再现(VR)等多种后处理。通过多平面重组,从不同角度观察病变的细微结构,尤其是对细微骨折的诊断及寰枢椎脱位的诊断。在多平面重组图像中测量齿状突与寰椎两侧侧块的距离差,评价寰椎有无侧向移位,若一侧间距 >3 mm 或两侧间距相差 1.5 mm 以上,即可诊断寰枢椎脱位。通过测量齿状突与寰椎前弓的距离、寰枕线与齿状突轴线的夹角,评价寰枢关节脱位是前倾型还是后仰型,前后脱位诊断标准为寰齿前间隙 >3 mm。通过 VR、MIP 等三维图像清晰显示寰枢椎及颅底骨的空间关系,在评价颅底凹陷症、关节退变、椎体不稳的诊断方面具有明显优势(见图 1)。

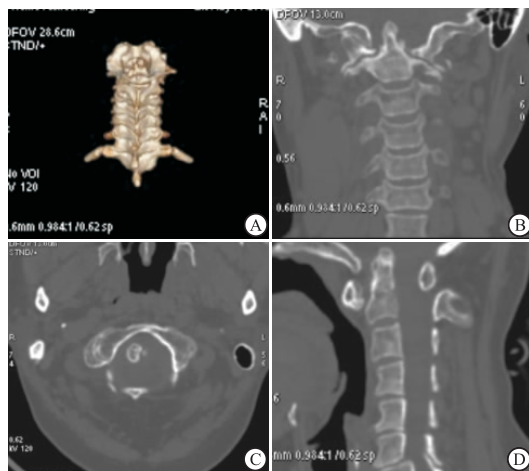
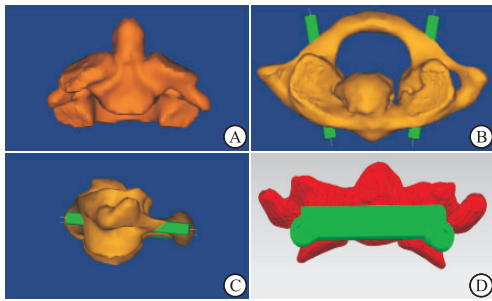


图 1 类风湿关节炎伴寰枢关节脱位病例  
A: VR 示椎体全貌,立体反映齿状突与两侧侧块间距离; B: MPR 冠状面,示寰枢关节面毛糙,齿状突外形不规则,骨质边缘增生、硬化; C: MPR 矢状面; D: MPR 轴位图像,示齿状突与寰椎前弓距离增大,与两侧侧块间距离不等

图 1 类风湿关节炎伴寰枢关节脱位病例

1.2.2 椎体模型及导向模板的制作 通过 Mimics15.0 计算机软件处理搜集来的 64 排螺旋 CT 原始图像,制作出寰枢椎椎体模型,以 PLA 为打印材料,运用 3D 打印机 Idea-print F100 打印出等比例的上颈椎模型,运用 Mimics15.0 的 MedCAD 工具设计出直径为 4.0 mm 的虚拟螺钉,在不断调整螺钉的方向和角度后,寻找最好的进钉位置和进钉通道;再通过 NX8.5 软件提取上颈椎棘突、横突后部及椎板的解剖学形态,设计出与上述骨性组织解剖形态一致的反向模板,辅助骨科医生进行椎弓根螺钉的置入(见图 2)。

### 1.2.3 导向模板辅助椎弓根螺钉置入 将导向模

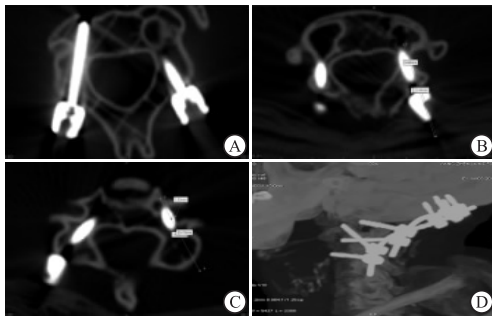


A: 枢椎三维模型; B: 枢椎虚拟椎弓根螺钉正位; C: 分别为枢椎虚拟椎弓根螺钉侧位; D: 寰枢椎椎弓根螺钉导向模板与寰椎后部贴合情况

图2 三维模型的打印和导向模板制作

板和与相应椎体背侧的椎板、关节突、棘突、后弓压配贴附,调试吻合良好后,由助手压固并维持。术者先在导向模板圆筒上安放导向保护套筒,克氏针顺着保护套筒导向孔方向钻孔,当克氏针钻入骨皮质时,C型臂X线机透视进钉点及方向,继续钻孔,探查四壁为连续骨质。当克氏针置入深度接近软件中测量的虚拟螺钉长度时,取下导向模板,拧入直径为3.5 mm的椎弓根螺钉。记录观察组模拟手术时间及X线机透视次数。8例寰枢椎置钉各4枚,4例枢椎各置钉2枚,1例枢椎右侧椎弓根置钉1枚,13例共置钉41枚。

**1.3 置钉效果分类** 依据螺钉是否穿破椎弓根皮质及穿破的程度,将置钉效果分为3类<sup>[6]</sup>: I类为螺钉完全位于椎弓根内; II类为螺钉穿透椎弓根皮质<1 mm,内固定稳定性良好,不需要翻修; III类为螺钉穿透椎弓根皮质>1 mm,需要取出翻修。I类和II类为置钉成功,III类为置钉失败(见图3)。



A: 椎弓根螺钉完全在椎弓根内, I类螺钉; B: 椎弓根螺钉穿破椎弓根外侧皮质0.60 mm, II类螺钉; C: 弓根螺钉穿破椎弓根外侧皮质1.52 mm, III类螺钉; D: MIP示螺钉与椎体全貌

图3 置钉后效果评估

## 2 结果

根据64排螺旋CT原始数据,共打印了13个上颈椎等比例椎体模型及椎弓根螺钉置入的导向模板21块,包括寰椎双侧导向模板8块,枢椎双侧导向模板12块,枢椎单侧导向模板1块。4例由于先前

通过X线透视仅在枢椎的椎弓根内置钉,未能做出寰椎的导航模板,1例颈椎病患者在C2、3椎弓根置钉。

13例病人采用以往的X线透视置钉法共置入寰枢椎椎弓根螺钉41枚,通过MPR的方法评价置钉效果,其中I类置钉9枚,II类置钉18枚,III类置钉14枚,在III类置钉中,穿破椎弓根皮质内侧缘者4例,穿破外侧缘者7例,螺钉置入过长者3例。通过导航模板置钉作为观察组,同样通过MPR评价置钉效果,其中I类置钉15枚,II类置钉21枚,III类置钉5枚,在III类置钉中,穿破椎弓根皮质内侧缘者1例,穿破外侧缘者3例,螺钉置入过长者1例。依据螺钉穿破椎弓根皮质外缘的情况以及是否需要翻修,对螺钉置入结果分类,在无导航模板辅助、利用C形臂X光机透视下手术,螺钉置入的成功率为65.9%;有导航模板辅助螺钉置入的观察组,置钉成功率为87.8%。

2组不仅在螺钉穿破骨皮质方面有明显改善,而且能够很好的控制螺钉置入的深度。此外在导航模板辅助下置钉的观察组,置入一枚螺钉平均用时9.6 min,X光机平均曝光次数为12.3次,此数据与以往X光机透视下的置钉相比,无论置入时间或者曝光次数,均明显缩短。

## 3 讨论

枢椎紧邻颅底,不仅骨性结构多、骨的形态不规则,而且周围结构复杂多变,血管、神经组织丰富,此部位的病变不仅做出正确的诊断较为困难,在进行外科手术时,风险很大,可能损伤到血管或神经,甚至是致命的<sup>[7-8]</sup>,因此,上颈椎病变的诊断及治疗一直是放射科医生和骨科医生难以攻克的难题。64排螺旋CT不仅扫描速度快,图像清晰,最薄层厚为0.625 mm,还具有SSD、MIP、MPR、VR等多种强大的后处理功能,能够直观立体、多角度显示寰枢椎病变及复杂的解剖结构,对很多颈椎疾病,包括骨折、脱位、感染、肿瘤或先天性颅底凹陷等具有极高的诊断价值<sup>[9]</sup>。MPR能够很好的显示寰枢椎的细微骨折、寰枢椎脱位以及寰枢椎的骨质破坏情况,VR图像可以立体地显示寰枢椎前后脱位、左右脱位和旋转性脱位的各类型<sup>[10-11]</sup>。64排螺旋CT不仅在寰枢椎疾病诊断方面具有较高的价值,在对椎弓根螺钉置入后的效果评价方面与其他检查方法相比较,更是具有明显优势,可以360度旋转图像,从不同角度观察置入的螺钉有无穿破骨皮质、置钉长度及置



钉位置是否合适等。

椎弓根螺钉置入术近年来发展迅速,已经广泛应用于脊柱退行性病变、滑脱、椎管狭窄、椎体骨折、畸形、骨转移瘤、脊柱失稳等病症的治疗。但通过传统的解剖学知识进行椎弓根螺钉置入完全依赖个人手感和经验,易损伤血管、神经,其危险性也是不容忽视的<sup>[12-14]</sup>。颈椎椎弓根较腰椎椎弓根小且变异范围大,毗邻关系复杂,任何方向的椎弓根穿破都是危险的,甚至是灾难性的。目前上颈椎椎弓根螺钉置钉方法包括:徒手置钉法、影像学透视置钉法、术中三维 CT 导航定位法和 3D 打印导向模板置钉法等。徒手置钉法现已很少使用。影像学透视置钉法,是在术中利用 X 线曝光,显示骨性结构,确定进针点和进针角度<sup>[15]</sup>。该方法要求术者具有丰富的置钉经验,才能结合 X 线图像,较准确的置钉。若骨性结构混乱时,手术难度大大增加,此外 X 线曝光时间长、手术时间长出血量大、感染概率大,这些都是该置钉法的缺点。术中三维 CT 导航定位法,在术中获取颈椎三维图像数据,计算机实时重建<sup>[16-18]</sup>。术中实时指导进钉点几进钉方向,但缺点是该系统价格昂贵,参与人员较多。

本研究原理是通过 64 排螺旋 CT 薄层扫描数据,经图像重建后获取寰枢椎及颅底结构的三维数据,把数据输入计算机后通过 Mimics、Geomagic、NX 等医学图像软件,先打印出与病人椎体真实结构完全一样的实体模型,再设计出带有钉道的导航模板。在模拟手术时,把导航模板完全贴合在寰枢椎实体模型的后部,通过事先预留的导航钉道进行置钉。此种置钉方法虽然在术前需要多排螺旋 CT 配合多种计算机软件,进行椎体模型的打印和导航模板的制作,但优点是对术者要求较低,年轻医师经过系统训练后,即可在较短的时间内就能掌握置钉方法和技巧。而且置钉的整个过程安全、迅速、准确,此外还能减少 X 线曝光次数和病人出血,使病人和医生都更加安全<sup>[19]</sup>。此种导航模板辅助置钉的方法缺点在于,要求手术团队要精通 Mimics、Geomagic 和 NX 等各种计算机软件,对于导航模板的制作要求医生耐心细致,稍有不慎,就会导致导航钉道的位置偏差。

综上所述,64 排螺旋 CT 三维重建技术对于很多上颈椎病变不仅能够做出准确诊断,还能配合多种计算机软件制作出上颈椎的导航模板,从而辅助椎弓根螺钉的精准置入,此方法不只是使手术成功率大大提高,还大大缩短了手术时间,减少病人出血

的同时,降低了术中感染的机会,减少 X 线球管的曝光计量。所以说,64 排螺旋 CT 三维重建技术在寰枢椎病变的术前诊断、辅助手术、术后评估等各个阶段均有不可取代的价值。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] GAO F, WANG Q, LIU C, *et al.* Individualized 3D printed model-assisted posterior screw fixation for the treatment of craniovertebral junction abnormality: a retrospective study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 27(1): 29.
- [2] ZHOU YJ, YUNUS A, TIAN Z, *et al.* The pedicle screw-rod system is an acceptable method of reconstructive surgery after resection of sacroiliac joint tumours [J]. *Contemp Oncol*, 2016, 20(1): 73.
- [3] 周子嘉, 孙秋敏, 温超轮, 等. 微创经皮下颈椎椎弓根置钉的三维解剖学研究 [J]. *中国临床解剖学杂志*, 2016, 34(6): 619.
- [4] KANTELHARDT SR, KERIC N, CONRAD J, *et al.* Minimally invasive instrumentation of uncomplicated cervical fractures [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(1): 127.
- [5] PARK JH, ROH SW, RHIM SC, *et al.* A single-stage posterior approach with open reduction and pedicle screw fixation in subaxial cervical facet dislocations [J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(1): 35.
- [6] LUDWIG SC, KRAMER DL, BALDERSTON RA, *et al.* Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(13): 1655.
- [7] SALUNKE P, SAHOO SK, DEEPAK AN, *et al.* Comprehensive drilling of the C1-2 facets to achieve direct posterior reduction in irreducible atlantoaxial dislocation [J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(3): 294.
- [8] GEBAUER M, BARVENCIK F, BRIEM D, *et al.* Evaluation of anatomic landmarks and safe zones for screw placement in the atlas via the posterior arch [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(1): 85.
- [9] WU C, HUANG Z, PAN Z, *et al.* Coronal Multiplane Reconstructed Computed Tomography Image Determining Lateral Vertebral Notch-Referred Pedicle Screw Entry Point in Subaxial Cervical Spine: A Preclinical Study [J]. *World Neurosurg*, 2017, 103: 322.
- [10] 顾英翠, 黄月中. 多层螺旋 CT 多平面重建及三维重建技术在上颈椎创伤中的诊断价值 [J]. *中国医学工程*, 2016, 24(2): 113.
- [11] DAPPA E, HIGASHIGAITO K, FORNARO J, *et al.* Cinematic rendering - an alternative to volume rendering for 3D computed tomography imaging [J]. *Insights Imaging*, 2016, 7(6): 849.
- [12] YEOM JS, BUCHOWSKI JM, KIM HJ, *et al.* Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws [J]. *Spine*, 2013, 13(7): 775.
- [13] YOSHIHARA H, PASSIAS PG, ERRICO TJ. Screw-related complications in the subaxial cervical spine with the use of lateral mass versus cervical pedicle screws: a systematic review [J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 19(5): 614.

# 3D-FIESTA 联合 3D-TOF-MRA 成像技术 对三叉神经血管压迫的诊断价值

汪红梅, 吕洋, 邱俊, 罗艺, 刘畅, 陈传玉, 季学兵

**[摘要]** **目的:** 分析高场 3T 磁共振三维循环相位稳态采集快速成像(3D-FIESTA)技术联合三维时间飞跃磁共振血管成像(3D-TOF-MRA)对三叉神经血管压迫的临床诊断价值。**方法:** 收集 63 例经临床手术证实的三叉神经痛病人资料纳入研究, 术前均行 3D-FIESTA 联合 3D-TOF-MRA 磁共振成像检查, 对图像进行三叉神经和血管关系分析, 并与手术结果进行对比研究。**结果:** 63 例中术前 MRI 诊断和术中金标准诊断动脉血管压迫阳性分别是 52 例(82.5%)和 55 例(87.30%), 差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.56, P > 0.05$ )。其中术前 MRI 判读压迫 40 例, 接触 9 例, 可疑接触 3 例, 责任血管包括来自小脑上动脉的 21 例(40.38%), 小脑前下动脉的 12 例(23.07%), 小脑后下动脉 6 例(11.53%), 椎-基底动脉的 8 例(13.56%), 三叉神经周围有明确的血管影但来源不明的 5 例(9.61%)。术中发现, 23 例(41.82%)责任血管来自小脑上动脉, 14 例(25.46%)来自小脑前下动脉, 5 例(9.09%)来自小脑后下动脉, 9 例(16.36%)来自椎-基底动脉的, 4 例(7.27%)来自无名血管的压迫。对照手术结果, 63 例中, 术前 MRI 结果(责任血管判定错误或阴性)与术中诊断不符 15 例(23.81%), 术前无压迫而术中表现为小脑上动脉压迫 3 例(4.76%), 小脑后下动脉 1 例(1.59%), 椎-基底动脉 2 例(2.17%), 静脉压迫或蛛网膜粘连 4 例(6.35%), 其余 5 例(7.94%)为责任血管判定不符。**结论:** 利用高场 3T 磁共振的 3D-FIESTA 技术联合 3D-TOF-MRA 成像结合多方位重组技术可以清晰分辨三叉神经与周围血管的位置关系, 帮助微创手术治疗提供精准的影像学依据, 但是受部分容积效应等因素的影响, 对于责任血管的认定仍存在一定的差异。

**[关键词]** 三叉神经痛; 血管压迫; 磁共振成像; 血管造影术

[中图分类号] R 745.11

[文献标志码] A

DOI: 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2018.06.026

## The diagnostic value of 3D-FIESTA combined with 3D-TOF-MRA imaging in trigeminal nerve vascular compression

WANG Hong-mei, LÜ Yang, QIU Jun, LUO Yi, LIU Chang, CHEN Chuan-yu, JI Xue-bing

(Imaging Center, Anhui Provincial Hospital, Hefei Anhui 230022, China)

**[Abstract]** **Objective:** To evaluate the application value of 3.0 MRI 3D-FIESTA sequence combined with 3D-TOF-MRA imaging in the diagnosis of trigeminal nerve vascular compression. **Methods:** Sixty-three patients with trigeminal neuralgia were detected using 3.0 MRI 3D-FIESTA sequence combined with 3D-TOF-MRA scan, the responsibility blood vessel was analyzed using the relationship between trigeminal nerve and blood vessels, and which was compared with surgical results. **Results:** The positive diagnosis rates of vascular compression using MRI before operation and good standard diagnosis during operation in 63 cases were 82.5% and 87.30%, respectively, the difference of which was not statistically significant

[收稿日期] 2018-02-07 [修回日期] 2018-06-08

[作者单位] 安徽省立医院南区 影像中心, 安徽 合肥 230022

[作者简介] 汪红梅(1978-), 女, 主治医师。

[14] JIANG L, DONG L, TAN M. A Modified Personalized Image-Based Drill Guide Template for Atlantoaxial Pedicle Screw Placement: A Clinical Study [J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23: 1325.

[15] LANG Z, TIAN W, LIU Y, *et al.* Minimally Invasive Pedicle Screw Fixation Using Intraoperative 3-dimensional Fluoroscopy-based Navigation for Hangman Fracture [J]. *Spine*, 2016, 41(1): 39.

[16] HECHT N, KAMPHUIS M, CZABANKA M, *et al.* Accuracy and workflow of navigated spinal instrumentation with the mobile AIRO CT scanner [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(3): 716.

[17] KOVANDA TJ, ANSARI SF, QAISER R, Fulkerson DH. Feasibility of CT-based intraoperative 3D stereotactic image-guided navigation in the upper cervical spine of children 10 years

of age or younger; initial experience [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2015, 24: 1.

[18] UEHARA M, TAKAHASHI J, IKEGAMI S, *et al.* Are pedicle screw perforation rates influenced by distance from the reference frame in multilevel registration using a computed tomography-based navigation system in the setting of scoliosis? [J]. *Spine J*, 2017, 17(4): 499.

[19] LUTHER N, IORGULESCU JB, GEANNETTE C, *et al.* Comparison of navigated versus non-navigated pedicle screw placement in 260 patients and 1434 screws; screw accuracy, screw size, and the complexity of surgery [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2015, 28(5): 298.

(本文编辑 刘畅)