

# 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)

( $\chi^2 = 0.558, P = 0.558$ ). In MRI imaging, the vascular compression in 40 cases, contact in 9 cases and suspected contact in 3 cases were found. Among the offending blood vessels, 21 cases (40.38%) from superior cerebellar artery blood vessels, 12 cases (23.07%) from anterior inferior cerebellar artery, 6 cases (11.53%) from posterior inferior cerebellar artery, 8 cases from vertebral-basilar artery and 5 cases (9.61%) from unknown artery around trigeminal nerve were identified. Among the offending blood vessels, 23 cases (41.82%) from superior cerebellar artery, 14 cases (25.46%) from anterior inferior cerebellar artery, 5 cases (9.09%) from posterior inferior cerebellar artery, 9 cases (16.36%) from vertebral-basilar artery and 4 case (7.27%) from unknown vascular compression were found during operation. Among 63 cases compared with the operation results, the preoperative MRI diagnosis in 15 cases (23.81%) was not in accord with intraoperative diagnosis. The diagnosis of preoperative free of oppression and intraoperative oppression showed 3 cases (4.76%) of superior cerebellar artery, 1 case (1.59%) of posterior inferior cerebellar artery, 2 cases (2.17%) of vertebral-basilar artery, 4 cases (6.35%) of venous compression or arachnoid adhesion. The preoperative MRI diagnosis in 5 cases (7.94%) was not in accord with the offending blood vessel. **Conclusions:** The 3.0 MRI 3D-FIESTA sequence combined with 3D-TOF-MRA imaging technology can display the trigeminal nerve vascular compression, provide the accurate imaging basis in minimally invasive surgery. The diagnosis of offending blood vessel is still different because of the partial volume influence.

[Key words] trigeminal neuralgia; vascular compression; magnetic resonance imaging; angiography

三叉神经痛 (trigeminal neuralgia, TN) 是指沿着面部三叉神经分布走行区的间断性剧烈疼痛, 具有反复发作的特征, 此类型在头面部顽固性疼痛中最为常见, 在临床上发病率约 4.5/10 万, 女性人群相对多发。尽管发病机制至今尚未完全知晓, 但目前公认的 TN 主要发病机制是微血管压迫三叉神经根部入髓区导致牵涉痛, 主要内涵是三叉神经走行区受到邻近动脉或静脉血管的搏动性压迫, 导致神经病变, 从而继发疼痛症状, 病理基础是由于血管压迫, 导致三叉神经局部明显髓鞘脱失、变性、再生, 同时伴有轴突的萎缩肿胀, 神经纤维病变常形成神经鞘触觉电位不稳定出现异常传导, 包括局部的异常放电、交叉激活、自发缓解等电生理特性, 从而表现为神经性疼痛症状<sup>[1-2]</sup>。传统的影像技术受限于分辨率和扫描技术, 不能显示三叉神经和微血管之间的关系, 病因诊断不足, 3.0MRI 的临床推广, 可以清晰显示病变部位的形态, 具有绝佳的组织分辨率, 能够清晰判断解剖结构关系, 为临床早期诊断提供有力证据<sup>[3]</sup>。我们运用高场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) 对比观察三叉神经的走行, 分析周围的血管压迫情况, 探讨血管压迫与症状的相关性。现作报道。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2017 年 1-12 月 63 例临床收治并经手术确诊的 TN 病人, 男 27 例, 女 36 例, 年龄 31~71 岁。病人均以不同程度的单侧 TN 为主诉, 左侧疼痛 27 例, 右侧 36 例。术前所有病人进行视觉测试模拟评分 (visual analog scale, VAS) 为

5~8 分。9 例单纯累及第 II 支, 13 例单纯累及第 III 支, 16 例累及第 I~II 支, 22 例累及第 II~III 支, 3 例累及第 I~III 支。

1.2 MRI 检查及其后处理重组技术 所有病人均运用 Philips Achieva 3T 超导型 MR 机和 GE 3T 750 W MR 磁共振扫描仪。8 通道头颈联合线圈。检查前签署知情同意书, 交代注意事项, 取仰卧位, 头先进模式。行常规、冠状位 T1 WI、T2 WI, 于定位像自桥脑上部到桥延沟水平轴位扫描, 所有病人均包括 3D-FIESTA 联合 3D-TOF-MRA 技术采集图像。扫描参数, 轴位 T1 FLAIR: TR/TE 1 962 ms/28.2 ms, NEX 1, 重组矩阵 320×224; 轴位 T2 WI: TR/TE 5 100 ms/119.8 ms, NEX 1.5, 矩阵 384×384, 重建层厚 5.0 mm, 重建层距 1.0 mm。3D-FIESTA 参数: TR/TE 5.2 ms/1.5 ms, 反转角 65°, 层厚 0.8 mm, 层距 0.4 mm, 矩阵 320×224, NEX 2。3D-TOF-MRA: TR/TE 19 ms/2.8 ms, 反转角 15°。矩阵 256×256, 层厚 1.0 mm, 层距 0.5 mm, NEX 1.5, 所有序列采集 FOV 均为 18 cm×18 cm。采用后处理软件对数据进行冠状位和斜矢状位二维重组图像, 旋转角度以最大程度分辨区别三叉神经走行, 观察其神经、血管的解剖关系。

1.3 三叉神经与血管关系的判断 由 2 名具有诊断经验的影像医师对图像进行观察, 判断是否有血管压迫三叉神经以及进行压迫程度分级。三叉神经与血管关系的判断标准分 4 型<sup>[4-6]</sup>: (1) 压迫, 三叉神经与血管接触部分有明显的变形、移位伴有压迹; (2) 接触, 任一方位层面显示神经与血管紧贴, 或者两个以上层面显示血管-神经间的最短距离小于血管横径; (3) 可疑接触, 仅在某一重建层面能够观察

到三叉神经与血管的接触;(4)无接触,任意角度旋转图像均未发现神经血管的接触或靠近,以及在神经分布走行区 5 mm 范围内未见血管信号。对于 4 种分型,除了无接触判断阴性外,其余 3 种均诊断影像学阳性。

**1.4 临床诊断和手术治疗** 所有 TN 病人均无法经药物完全控制而进一步入院行微创血管解压手术治疗,在全麻下,手术路径从枕下乙状窦后锁孔进行颅内探查,观察桥小脑脚区的三叉神经根部走行,重点寻找神经周围与血管的关系,若有明确的神经血管压迫则实施显微镜下微创血管减压手术。最终确诊以术中表现为金标准据此判断高场磁共振对术前三叉神经血管压迫的敏感性。

**1.5 统计学方法** 采用  $\chi^2$  检验和受试者工作特征曲线(ROC)分析。

## 2 结果

**2.1 3.0MRI 诊断结果判读** 三叉神经在 3D-FIESTA 和 3D-TOF-MRA 图像上均能清晰显示其走行,表现为 T2 高信号脑脊液背景下显示出相对低信号的神经和流空的血管低信号,其中以三叉神经显示最为粗大,以相对低信号的神经走行,范围自桥脑外侧起始,经过桥前池最后汇入麦氏腔,脑池段三叉神经与动脉血管毗邻关系分析中累计诊断影像学判读阳性 52 例(82.5%),其中压迫 40 例,接触 9 例,可疑接触 3 例,通过横断位结合多平面重建判读分析,来自小脑上动脉 21 例(40.38%)(见图 1、2),小脑前下动脉 12 例(23.07%),小脑后下动脉 6 例(11.53%),椎-基底动脉 8 例(13.56%),三叉神经周围有明确的血管影但来源不明 5 例(9.61%)。不同扫描序列对 TN 的诊断效能见表 1。

表 1 不同序列对 TN 的诊断效能比较(%)

诊断方法	敏感性	特异性	准确性	阳性预测值	阴性预测值
3D-FIESTA	83.6	25.0	76.2	88.5	18.2
3D-TOF-MRA	81.8	12.5	73.0	86.5	9.1
联合	89.1	62.5	85.7	94.2	45.4

**2.2 临床诊断和手术结果分析** 63 例均接受了神经外科开颅微创血管减压术,其中 11 例术前 MRI 阴性但临床症状严重,药物治疗无缓解。术中累计发现三叉神经受动脉压迫 55 例(87.30%),其余 8 例为单纯静脉压迫或蛛网膜腔隙粘连(15.38%)。术中诊断责任血管来自小脑上动脉 23 例(41.82%),小脑前下动脉 14 例(25.46%),小脑后下动脉 5 例

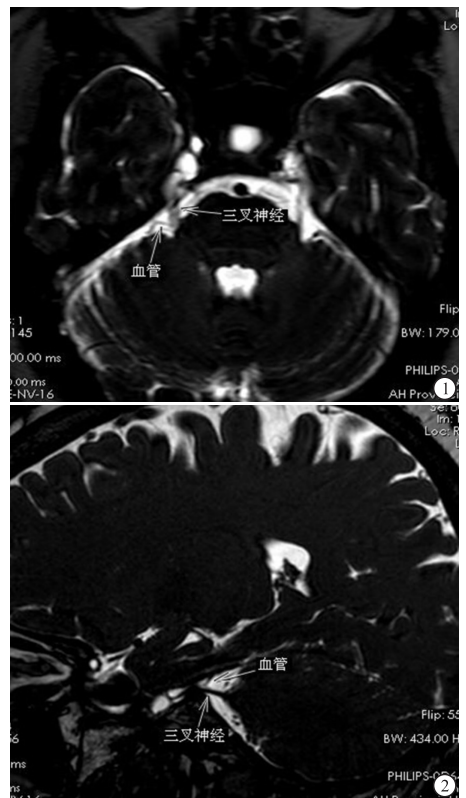


图1 三叉神经跨中后颅走行,其起始部可见2根细小血管与之紧密接触 图2 斜矢状位可见三叉神经清晰走行,可见其邻近细小血管与之紧密接触

(9.09%),椎-基底动脉 9 例(16.36%),无名血管压迫 4 例(7.27%)。

**2.3 MRI 诊断和术中金标准诊断结果对照** 术前 MRI 诊断和术中金标准诊断动脉血管压迫的阳性率差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.56, P > 0.05$ )。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。对运用 3D-FIESTA、3D-TOF-MRA 以及联合应用诊断 TN 的诊断率进行 ROC 曲线分析,其 ROC 曲线下面积分别是 0.533(95% CI: 0.339 ~ 0.728)、0.478(95% CI: 0.293 ~ 0.663)、0.698(95% CI: 0.501 ~ 0.896)。

## 3 讨论

**3.1 原发性 TN 的临床、解剖和病理机制** TN 作为中老年人中较为常见的顽固性头疼,反复频繁发作,影响病人的生存质量,最主要的可能机制是由于三叉神经的分颅内节段神经走行区与周围的血管呈接触压迫状态,导致相应节段的神经变性、脱髓鞘,

在神经传导过程中导致神经元的异常电生理异常电位活动,出现疼痛感觉过敏,病因不消除可长期发作,病人疼痛难忍。在解剖结构上,三叉神经属于脑神经中最为粗大的,从桥脑的外侧沿着小脑幕边缘,向下穿过岩上窦而汇入 Meckel 腔,在进入脑池前方大约 1 cm 的神经根走行段最为敏感,该区域神经裸露,周围血管丰富,解剖结构复杂,有多支血管穿行,包括小脑上动脉、小脑前下动脉、椎基底动脉以及桥静脉等。任何一根动脉、静脉血管的紧贴、压迫、接触均可产生三叉神经的异常痛觉敏感引起疼痛<sup>[7-9]</sup>。本研究参照标准,将三叉神经和血管关系分压迫、接触、可疑接触、无接触 4 型来分析,除了无接触判断阴性外,其余 3 种均诊断影像学阳性。本组 63 例病人中,术前运用高场磁共振诊断阳性病人 52 例(82.5%),经手术最终确诊阳性病人 55 例(87.30%),但差异无统计学意义。术前通过精准的影像学方法分析解剖结构关系,判断三叉神经周围血管的相互关系显得非常重要<sup>[1-2,10-11]</sup>。本研究运用 3.0T MRI,术前运用高场磁共振 3D-FIESTA 技术联合 3D-TOF-MRA 成像能够多角度清晰显示三叉神经的走行、解剖位置以及周围血管结构的关系,为临床微创外科手术处理提供影像学依据,进一步达到精准治疗的目的。

**3.2 高场磁共振 3D-FIESTA 联合 3D-TOF-MRA 技术的诊断优势** 3.0 高场 MRI 具有良好的组织分辨率,在神经系统应用具有绝对的优势,对于常规的三叉神经显示,临床较多使用的扫描序列包括 3D-FIESTA、3D-BTFF、3D-CISS、3D TOF MRA 等。3D-FIESTA 序列可以弥补空间和时间分辨率不足缺陷,可获得良好的软组织图像质量和信噪比,该技术的原理是基于组织间隙含水脂肪信号 T2/T1 比例不同(高信号对比)和与软组织的 T2/T1 比例不同(低信号对比)差异,从而形成高分辨率的图像质量,由于在三叉神经周围包绕着长 T2 的脑脊液信号,其 T2/T1 的比值较大,呈明显高信号,而颅神经呈相对低信号,对比度高,可以清晰显示其走行,加上其短 TR、短 TE 值,回波时间短,形成快速的扫描速度,进一步减轻流体运动失相位伪影的干扰,形成的图像表现为三叉神经等信号、血管低信号,而脑脊液背景高信号的衬托显示,能够高辨观察三者的关系<sup>[12-14]</sup>。3D-TOF-MRA 的基本原理是基于血管流空效应,在采集时以较短 TR 的快速扰相 FFE 序列多脉冲激励饱和采集参数,以便确保将血管周围进行背景抑制,从而显示血管神经的信号差异,表现为

快速流动的小动静脉血管高信号,与中等信号的三叉神经形成对比,但是在部分情况下,血管流速较慢,脑脊液与神经对比度差异不明显,在常规 MRA 上很难清晰显示其解剖关系,对于部分血管压迫三叉神经的显示不够精准<sup>[15-17]</sup>。因此,为了取长补短,本研究对 63 例病人联合运用 2 种成像技术显示三叉神经周围的血管情况,图像清晰,其中压迫 40 例,接触 9 例,可疑接触 3 例,为术前的精准诊断提供了可靠依据。

**3.3 术前高场 MRI 和手术金标准责任血管的分析比较** 本组 63 例中,尽管其阳性诊断符合率和手术证实金标准无统计学差异,但最终术前 MRI 结果(责任血管判定错误或阴性)与术中诊断不符的有 15 例,造成差异的原因是 MRI 图像的固有分辨率及图像后处理技术不够,受信号差异部分容积效应的影响,对于细小的术中证实的可疑接触分辨率不够,此类术中未发现明确接触存在。此外,文献<sup>[18-21]</sup>认为最常见的责任血管为小脑上动脉和小脑前下动脉,其次是椎基底动脉和小脑后下动脉。本研究 63 例病人中,术中累计发现三叉神经受动脉压迫 55 例,以小脑上动脉 23 例(41.82%)和小脑前下动脉 14 例(25.46%)比例最高。值得关注的是 MRI 很难发现单纯的细小静脉压迫和蛛网膜粘连,造成假阴性结构的原因主要是与三叉神经接触的静脉血管较小,空间分辨率的不够,对于临床症状反复发作,常规药物治疗效果不佳的病人,即使术前 MRI 检查阴性,未发现明确的血管压迫神经症状,仍然可考虑微创开颅手术以缓解症状。

总之,3.0 高场 MRI 软组织分辨率高,3D-FIESTA 联合 3D-TOF-MRA 成像技术能够提供较为准确的三叉神经周围血管的解剖关系,发现责任血管的接触和压迫,同时作为精准术前影像学检查的技术,为手术路径的识别、压迫血管的精准定位,以及 TN 的病因学研究提供直接证据,值得临床应用<sup>[22-23]</sup>。

#### [参 考 文 献]

- [1] YANG D, SHEN J, XIA X, *et al.* Preoperative evaluation of neurovascular relationship in trigeminal neuralgia by three-dimensional fast low angle shot (3D-FLASH) and three-dimensional constructive interference in steady-state (3D-CISS) MRI sequence[J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1085): 20170557.
- [2] JANI RH, HUGHES MA, GOLD MS, *et al.* Trigeminal nerve compression without trigeminal neuralgia: intraoperative vs imaging evidence[J]. *Neurosurgery*, 2018, 6(2): 1.
- [3] 沈健, 张惠美, 沈伟强, 等. 3D-FIESTA 联合 3D-TOF 序列对原

- 发性三叉神经痛病人神经血管压迫的评估价值[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(2): 190.
- [4] ZHAO Y, ZHANG X, YAO J, *et al.* Microvascular decompression for trigeminal neuralgia due to venous compression alone. [J]. J Craniofac Surg, 2018, 29(1): 178.
- [5] ZHU J, ZHANG X, ZHAO H, *et al.* Utility of brainstem trigeminal evoked potentials in patients with primary trigeminal neuralgia treated by microvascular decompression [J]. J Craniofac Surg, 2017, 28(6): e571.
- [6] 谈晓飞, 赵凌云. 探讨联合应用磁共振 3D 高分辨率成像技术在评价颅底神经与血管关系中的应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2(4): 118.
- [7] 曲德明, 夏玉军, 金利新, 等. MRI 三维平衡式稳态进动磁化准备超快速场回波序列在血管压迫性三叉神经痛中的临床应用[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2017, 15(2): 192.
- [8] NANDA A, PATRA DP, MAITI TK, *et al.* Microsurgical decompression in trigeminal neuralgia with or without vascular compression; illustrative cases with 3-dimensional operative video [J]. Oper Neurosurg (Hagerstown), 2018, 14(6): 710.
- [9] 林章雅, 康德智, 陈富勇, 等. 三叉神经痛的神经影像学表现和手术结果对照研究[J]. 中国疼痛医学杂志, 2013, 19(12): 759.
- [10] 殷亮, 喻思思, 龚良庚. 三叉神经痛及面肌痉挛病人神经血管压迫的术前 MRI 表现与手术结果对照研究[J]. 南昌大学学报(医学版), 2016, 56(1): 56.
- [11] 杨登法, 沈剑敏, 夏贤武, 等. 磁共振强化 3D FLASH 序列联合 3D CISS 序列在血管压迫性三叉神经痛中的应用价值[J]. 现代实用医学, 2016, 28(5): 573.
- [12] 戴艳芳, 陈楠, 李坤成. 三维双回波磁共振动静脉成像技术诊断血管压迫性三叉神经痛[J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(11): 1649.
- [13] 朱敏, 周小飞, 李平. 3D FIESTA 联合 3D TOF MRA 对三叉神经血管压迫的诊断价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2015, 13(3): 241.
- [14] 齐先龙, 张素, 郑宁, 等. 磁共振断层动脉成像及 3D-VIBE 技术对三叉神经痛的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2015, 26(6): 966.
- [15] 刘丽芬, 尚柳彤, 马学升. 三维快速平衡稳态进动 MRI 对三叉神经痛的诊断研究[J]. 实用医学影像杂志, 2010, 11(3): 140.
- [16] SAVA A, FURNICA C, PETREUS T, *et al.* Trigeminal nerve: MRI anatomy and case presentation of trigeminal neuralgia due to arterial compression [J]. Rom J Morphol Embryol, 2012, 53(4): 1097.
- [17] TUCER B, EKICI MA, DEMIREL S, *et al.* Microvascular decompression for primary trigeminal neuralgia; short-term follow-up results and prognostic factors [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2012, 52(1): 42.
- [18] PRIETO R, PASCUAL JM, YUS M. Trigeminal neuralgia: assessment of neurovascular decompression by 3D fast imaging employing steady-state acquisition and 3D time of flight multiple overlapping thin slab acquisition magnetic resonance imaging [J]. Surg Neurol INT, 2012, 3(2): 50.
- [19] 赵钊, 陈立鹏, 王秀河, 等. 磁共振 3D FIESTA 结合 3D TOFMRA 序列对诊断听神经血管压迫综合征的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2012, 23(1): 67.
- [20] 王浩初, 许顺良, 樊树峰. 3D-FIESTA 和 FRFSE T2 WI 对后颅窝神经成像效能的对比研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2008, 19(6): 385.
- [21] 唐四强, 漆松涛, 刘忆, 等. 原发性三叉神经痛术前 MRI 特征与微血管减压术后短期的关系[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2014, 40(8): 459.
- [22] 郑力强, 柏沙美, 魏新华, 等. 三维平衡式快速场梯度回波和时间飞跃法血管造影技术对三叉神经的对比研究[J]. 医学影像学杂志, 2010, 20(8): 1077.
- [23] 陈利军, 陈士新, 马宁, 等. 3.0 T 磁共振成像在血管压迫性三叉神经痛中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2014, 30(2): 219.

(本文编辑 姚仁斌)