

三维重建 CT 血管造影在 C1-2 水平椎动脉变异诊断中的价值

黄学良, 朱双芳, 林雨聪, 周初松, 张 力

(南方医科大学珠江医院脊柱外科 510282 广州市)

【摘要】目的:探讨三维重建 CT 血管造影(computed tomographic angiography, CTA)对 C1-2 水平椎动脉变异的诊断价值。**方法:**回顾性分析 171 例因脑出血、脑肿瘤等明确与椎动脉变异无关的疾病而行头颈部 CTA 检查的患者的影像学资料,其中男性 108 例,女性 63 例,平均年龄为 59.5 ± 14.7 岁(20~88 岁)。对原始图像进行三维重建,明确是否存在 C2 椎动脉高跨、节段型椎动脉、窗口型椎动脉、小脑后下动脉起点下移及寰椎骨桥形成等椎动脉变异情况及发生率。**结果:**171 例患者中共有 78 例(45.6%)患者在 C1-2 水平椎动脉存在变异,部分患者存在两种或两种以上变异。C2 椎动脉高跨有 58 例(33.9%),其中 19 例位于左侧,15 例位于右侧,24 例双侧存在;节段型椎动脉有 2 例(1.2%),均位于左侧;窗口型椎动脉有 4 例(2.3%),2 例位于左侧,2 例位于右侧;未发现小脑后下动脉从 C1-2 水平的椎动脉发出,但有 16 例(9.4%)患者小脑后下动脉的起点位于寰椎与枕骨大孔之间,其中 13 例位于左侧,3 例位于右侧;此外,寰椎骨桥形成有 32 例(18.7%),其中 11 例位于左侧,5 例位于右侧,16 例双侧都存在。**结论:**C2 椎动脉高跨是 C1-2 水平最常见的椎动脉变异,其发生率女性高于男性;三维重建 CTA 检查可清楚显示 C1-2 水平各种类型的椎动脉变异,对椎动脉变异的诊断具有重要意义。

【关键词】 三维 CT 血管造影;椎动脉变异;C1-2 内固定;C2 椎动脉高跨;椎动脉损伤

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2018.04.05

中图分类号:R323.1 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2018)-04-0315-05

The diagnostic value of three-dimensional reconstruction CT angiography for vertebral artery variations at the C1-2 level/HUANG Xueliang, ZHU Shuangfang, LIN Yucong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2018, 28(4): 315-319

【Abstract】 Objectives: To investigate the diagnostic value of three-dimensional reconstruction CT angiography (CTA) for vertebral artery variations at the C1-2 level. **Methods:** Imaging data of 171 patients with head and neck examination were retrospective analyzed, most of whom were due to diseases, such as cerebral hemorrhage and brain tumor unrelated to variation of vertebral artery(VA). The subjects of this study included 108 males and 63 females. The average age was 59.5 ± 14.7 years old(from 20 to 88 years old). The three-dimensional reconstruction of the original image was performed to confirm whether there existed high-riding VA (HRVA), a persistent first intersegmental artery(FIA), fenestration of the VA above and below C1(FEN), posterior inferior cerebellar artery(PICA), and ponticulus posticus(PP). **Results:** There were 78 patients(45.6%) having variations at the C1-2 level, and there were two or more variations in some patients. HRVA was observed in 58 patients(33.9%), of which 19 cases were on the left side, 15 cases were on the right side, and 24 cases were bilateral. There were 2 cases(1.2%) of FIA, which located on the left side. There were 4 cases (2.3%) of FEN, 2 cases on the left side, and 2 cases on the right side. PICA did not originate at C1-2 in any of these cases, but PICA was observed in 16 patients (9.4%) who originated between the atlas and the foramen magnum, 13 of them were located on the left side, and 3 cases on the right side. In addition, there were 32 cases(18.7%) of PP, of which 11 were located on the left side, 5 on the right and 16 on both sides.

Conclusions: The most common variation of the vertebral artery at the C1-2 is the HRVA of C2, and its in-

基金项目:广东省科技计划项目(编号:2013B091500073);广州市科技计划项目(编号:2014J4100131)

第一作者简介:男(1991-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话:(020)62782571 E-mail:hxl686686@163.com

通讯作者:张力 E-mail:tension_zh@163.com

cidence is higher in women than in men. The three-dimensional reconstruction CTA can show clearly the variation of each type of vertebral artery in the level of C1-2, which is of great significance for the diagnosis of vertebral artery variation.

【Key words】 Three-dimensional CT angiography; Vertebral artery variation; C1-2 internal fixation; High-riding vertebral artery; Vertebral artery injury

【Author's address】 Department of orthopedics, Zhujiang Hospital of Southern Medical University, Guangzhou, 510282, China

C1-2 水平的椎动脉变异是上颈椎内固定术中引起椎动脉损伤的重要因素之一^[1-3], 常见的变异包括 C2 椎动脉高跨、节段型椎动脉、窗口型椎动脉、小脑后下动脉起点下移和寰椎骨桥形成等类型^[4-5]。迄今为止, 已有部分学者通过三维重建 CTA 检查对这些变异的发生率做出相关研究^[5-7]。研究表明, 欧美人群与亚洲人群在各种变异的发生率上差异不大, 但亚洲人群的研究中仅韩国学者有相关研究, 相对比较局限。本研究的目的是进一步分析亚洲人群中 C1-2 水平各种椎动脉变异的发生率, 探讨三维重建 CTA 对 C1-2 水平椎动脉变异的诊断价值, 为上颈椎内固定手术方案的制定提供参考。

1 临床资料

1.1 一般资料

本研究纳入标准: (1) 有明确的临床诊断, 本研究多数样本来源于脑出血、脑肿瘤等明确与椎动脉变异无关疾病患者; (2) 无颈椎外伤或颈椎肿瘤病史; (3) 无唐氏综合征、寰枕融合或 Klippel-Feil 综合征等先天性疾病; (4) 无类风湿性关节炎、强直性脊柱炎的病史。

排除标准: (1) 单侧或双侧椎动脉发育不全或缺如者; (2) 有颈椎或头颈部手术史者; (3) 患者合并动脉粥样硬化并致使椎动脉狭窄或闭塞者; (4) 病史资料不完整者。

按照纳入及排除标准, 本研究共纳入患者 171 例, 其中男性 108 例, 女性 63 例, 年龄 59.5 ± 14.7 岁 (20~88 岁)。所有患者均行头颈部 CTA 检查, 采用荷兰飞利浦公司 256 排螺旋 CT 扫描, 患者取仰卧位, 先进行定位像扫描, 然后经前臂静脉以 3.5ml/s 速度注入碘海醇造影剂 (350mg/ml) 80ml 行 CT 血管造影增强扫描, 扫描范围自主动脉弓至颅顶, 所获取的原始图像均行椎动脉及其相邻结构的三维重建。

1.2 各种椎动脉变异的定义及诊断^[4-5]

C2 椎动脉高跨 (图 1): 为峡部厚度 (从寰枢关节的中点测量) $< 5\text{mm}$, 或者峡部高度 (从椎动脉顶部到上关节面的距离) $< 2\text{mm}$ 。由于 Gel-Harms 技术常用的椎弓根螺钉直径为 3.5mm, 当 C2 峡部内髓的高度或厚度 $\leq 4\text{mm}$ 时置入椎弓根螺钉被视为是不安全的^[8]。为了使我们的研究更有意义, 我们同时测量了 C2 峡部内髓的高度或厚度 $\leq 4\text{mm}$ 的这一组数据。

节段型椎动脉: 为当椎动脉出 C2 横突孔后未继续上行至 C1 横突孔, 而是于 C1 和 C2 椎板间进入椎管内继续上行 (图 2a)。

窗口型椎动脉: 为椎动脉出 C2 横突孔后分为两分支, 一分支继续上行至 C1 横突孔, 另一分支于 C1 和 C2 椎板间进入椎管内继续上行, 并与第一分支汇合形成椎动脉颅内段 (图 2b)。

小脑后下动脉下移: 正常的小脑后下动脉起源于颅内段椎动脉, 起源于枕骨大孔以下椎动脉的小脑后下动脉被认为起点下移 (图 2c)。

寰椎骨桥形成: C1 后弓椎动脉沟形成包绕椎动脉的骨桥 (图 3)。

1.3 统计学分析

数据采用 SPSS 20.0 统计学软件处理, 采用卡方检验来评估椎动脉变异在性别之间是否存在统计学差异。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

各种椎动脉变异的发生率及变异情况详见表 1。171 例患者中检出 78 例患者存在 C1-2 水平的椎动脉变异, 变异发生率为 45.6%, 部分患者合并多种变异。男性中椎动脉变异的发生率为 38.9%, 而女性发生率为 57.1% ($P<0.05$)。

2.1 C2 椎动脉高跨

58 例患者存在 C2 椎动脉高跨, 发生率为 33.9%, 其中 19 例位于左侧, 15 例位于右侧, 24 例双侧都存在。14 患者合并骨桥形成, 其中 1 例患者左侧椎动脉高跨合并左侧骨桥形成及左侧节

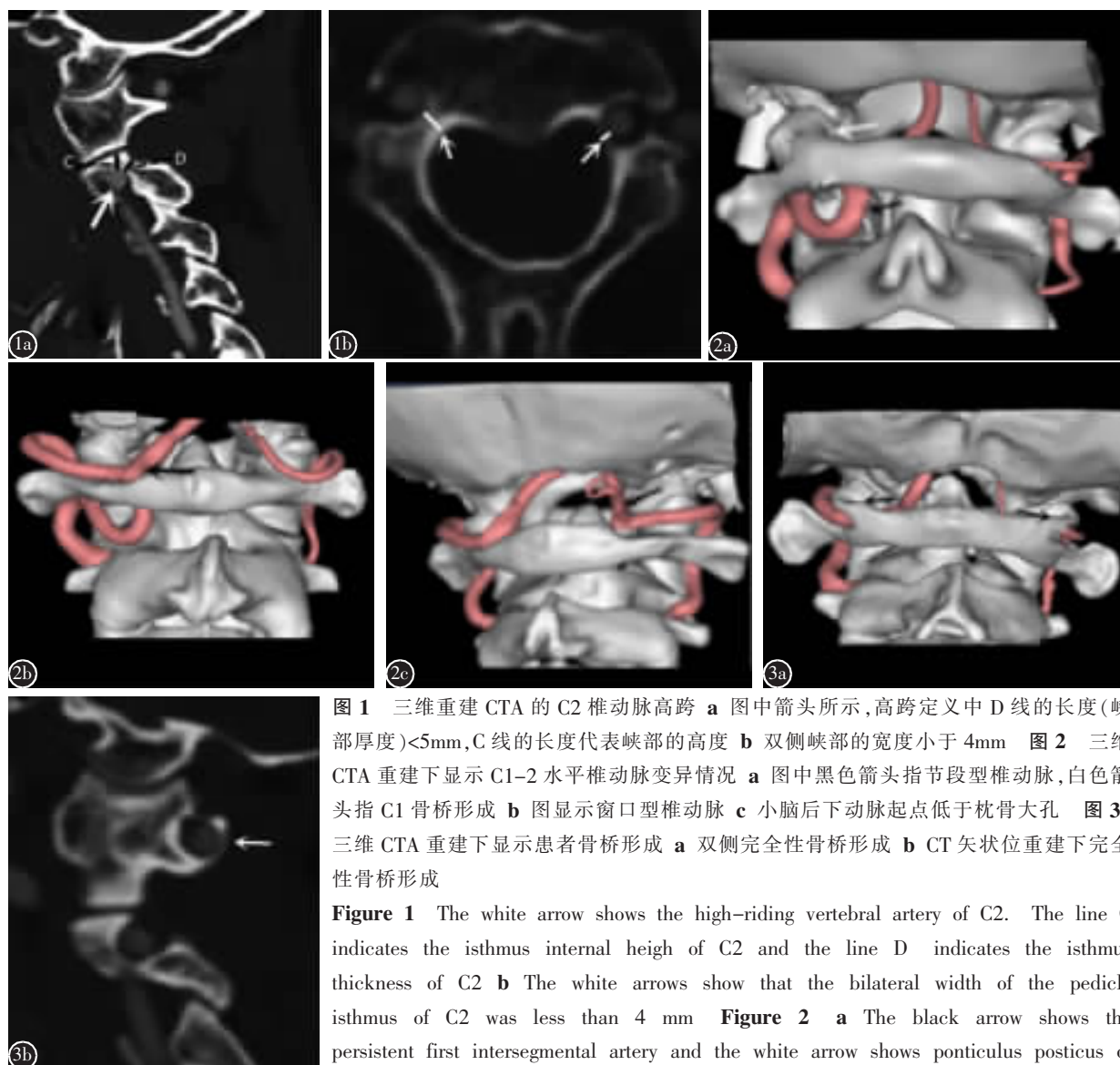


图 1 三维重建 CTA 的 C2 椎动脉高跨 a 图中箭头所示,高跨定义中 D 线的长度(峡部厚度) $<5\text{mm}$,C 线的长度代表峡部的高度 b 双侧峡部的宽度小于 4mm 图 2 三维 CTA 重建下显示 C1-2 水平椎动脉变异情况 a 图中黑色箭头指节段型椎动脉,白色箭头指 C1 骨桥形成 b 图显示窗口型椎动脉 c 小脑后下动脉起点低于枕骨大孔 图 3 三维 CTA 重建下显示患者骨桥形成 a 双侧完全性骨桥形成 b CT 矢状位重建下完全性骨桥形成

Figure 1 The white arrow shows the high-riding vertebral artery of C2. The line C indicates the isthmus internal height of C2 and the line D indicates the isthmus thickness of C2 b The white arrows show that the bilateral width of the pedicle isthmus of C2 was less than 4mm **Figure 2** a The black arrow shows the persistent first intersegmental artery and the white arrow shows ponticulus posticus of C1 b The black arrow shows the fenestration of the VA above and below C1 c The black arrow shows the posterior inferior cerebellar artery below the foramen magnum **Figure 3** a The black arrows show the complete ponticulus posticus of C1 b The white arrow shows the complete ponticulus posticus of C1

段型椎动脉,另外存在 2 例患者合并窗口型椎动脉形成。此外,C2 峡部内髓高度或厚度 $\leq 4\text{mm}$ 的有 51 例,占 29.8%。女性 C2 椎动脉高跨的发生率明显高于男性($P<0.05$)。

2.2 节段型椎动脉、窗口型椎动脉、小脑后下动脉起点下移

2 例患者存在节段型椎动脉,发生率为 1.2%,都位于左侧;4 例患者存在窗口型椎动脉,发生率为 2.3%,2 例位于左侧,2 例位于右侧;本研究中未发现小脑后下动脉起源于 C1-2 之间的椎动脉,但发现有 16 例患者起源于患者后弓与枕骨大孔之间,发生率为 9.4%,其中 13 例位于左

侧,3 例位于右侧。

2.3 寰椎骨桥形成

32 例患者存在寰椎骨桥形成,发生率为 18.7%,其中 11 例位于左侧,5 例位于右侧,16 例双侧都存在。另外有两例患者合并节段型椎动脉。寰椎骨桥形成在性别上无明显差异($P>0.05$)。

3 讨论

Yamazaki 等^[9]认为唐氏综合征或先天性骨骼畸形患者更容易发生 C1-2 水平的椎动脉变异,Miyata 等^[10]报道称,类风湿性关节炎是形成 C2 椎动脉高跨的高危因素。故本研究中所选取的病例

表 1 171 例病例中 C1-2 水平椎动脉的变异例数
Table 1 Variations of vertebral artery at the C1-2 level in 171 cases

	男性/女性 Male/Female	双侧 Bilateral	右侧 Right	左侧 Left
C2 椎动脉高跨 High-riding vertebral artery of C2	26/32	24	15	19
节段型椎动脉 A persistent first intersegmental artery	1/1	0	0	2
窗口型椎动脉 Fenestration of the VA above and below C1	1/3	0	2	2
小脑后下动脉起点下移 Posterior inferior cerebellar artery	9/7	0	3	13
寰椎骨桥形成 Poniculus posticus of atlas	24/8	16	5	11

均排除以上可致变异发生率升高的疾病。多数学者^[4]认为,椎动脉变异极少引起临床症状,仅少数寰椎骨桥变异的患者可能与眩晕症存在一定相关性。

C2 椎动脉高跨是指椎动脉在经过 C2 横突孔时明显偏上偏内走行,占据部分峡部骨质,本研究中该变异的发生率为 33.9%。然而,这个定义是基于经寰枢关节螺钉所规定的,经寰枢关节螺钉由于具备优良的生物力学特性,一度是寰枢椎固定的“金标准”,但由于经寰枢关节螺钉对椎动脉解剖变异的适应性较低和一定的椎动脉损伤率,已逐步被 Gel-Harms 技术所取代^[1]。本研究中 C2 峡部内髓高度或厚度 $\leq 4\text{mm}$ 的发生率为 29.8%。本研究统计数据显示本组病例高跨的发生率不管是定义 C2 峡部小于 5mm 还是小于 4mm,发生率均高于国外相关文献^[4-6]报道的 10%~20%,且这几篇国外文献与本研究均选取脑出血、脑肿瘤等明确与椎动脉变异无相关性、不会导致变异发生率升高的疾病作为研究对象,两者之间具有一定的可比性。国内报道采用经寰枢关节螺钉内固定的文献和病例数均明显少于国外相关报道,可能与国人椎动脉高跨发生率较高,不适于行经寰枢关节螺钉内固定术有关。此外,C2 椎动脉高跨的患者行枢椎椎弓根螺钉内固定时容易损伤椎动脉,造成严重并发症,此时可采用枢椎椎板钉或者枢椎 Pars 螺钉技术代替,以减少椎动脉的损伤^[11-13]。

本研究中节段型椎动脉和窗口型椎动脉的发生率分别为 1.2%和 2.3%,与相关文献报道相似,

发生率相对较低^[14,15]。节段型椎动脉、窗口型椎动脉第二分支和起源于 C1-2 之间椎动脉的小脑后下动脉皆从 C1-2 椎管后侧上行,在 Gel-Harms 技术的寰椎下关节突显露时可能损伤这些动脉,且螺钉置入后也可对这些变异的动脉造成压迫和刺激。

小脑后下动脉是椎动脉最大和最后一个分支,主要供应延髓、第四脑室、脉络丛和小脑,其损伤可导致延髓背外侧综合征 (Wallenberg 综合征),引发感觉障碍、吞咽困难、声音嘶哑、眩晕、复视、眼球震颤、共济失调等症状。小脑后下动脉正常应起始于颅内段的椎动脉,起源于枕骨大孔以下的椎动脉属于小脑后下动脉起点下移。而 Brinjikji 等^[16]认为,小脑后下动脉的起源可以分为三个解剖区域:第 1 区域位于枕骨大孔上方,第 2 区域位于枕骨大孔与 C1 后弓之间,第 3 区域位于 C1 后弓下缘。本研究中未发现患者的小脑后下动脉起源于 C1 后弓以下的区域。Tokuda 等^[17]的研究中小脑后下动脉起源于 C1 后弓以下区域只占 0.7%,发生率相对较小。而本研究中有 9.4% (16 例) 的患者小脑后下动脉起始于枕骨大孔与 C1 后弓之间,与 Brinjikji 等报道的 9%接近^[16]。

寰椎骨桥位于上关节突于后弓之间,椎动脉沟之上,包绕椎动脉。骨桥的形成,成为椎动脉入颅前的最后一个通道。Hong 等^[18]将其分为 4 型,Ⅰ型为从 C1 上关节突长出的骨性突起,Ⅱ型为从 C1 后弓长出的骨性突起,Ⅲ型为分别从 C1 上关节突和后弓长出的骨性突起。这 3 型骨桥均为不完全性骨桥,而Ⅳ型为完全性骨桥,骨性突起完全包绕椎动脉。本研究中寰椎骨桥形成的发生率为 18.7%,与 Hong 等^[18]所报道的发生率相似。在 Gel-Harms 技术中,寰椎侧块螺钉的置入必须显露寰椎后弓下方与侧块的移行区域,容易引起静脉丛出血和第 2 颈神经根损伤,因而逐渐被经寰椎后弓置钉法所取代。此外,经寰椎后弓置钉法钉道起始部多为皮质骨且钉道较长,其轴向拔出力也优于 Gel-Harms 技术中的寰椎侧块置钉法。然而,对于存在寰椎骨桥形成的患者行经寰椎后弓置钉时,术者易将骨桥误认为宽厚的后弓,使进钉点偏上或上斜角过大,造成椎动脉损伤^[16,19]。因此术前了解有无寰椎骨桥变异,对于制定手术计划,指导术中置钉,避免椎动脉损伤等并发症具有重要意义。

总而言之, 本研究表明本组病例在 C1-2 水平同样存在较高的椎动脉变异发生率, 女性多发; 本组病例的 C2 椎动脉高跨的发生率相对较国外报道高, 且女性多发; 此外, 在上颈椎后路内固定术前应完善头颈部三维 CTA 检查, 明确手术区域椎动脉及其邻近结构的变异情况, 有利于手术医师进一步完善术前规划, 减少术中对椎动脉的损伤。

本研究不足之处: 本组研究病例多来源于随机提取的神经内外科脑出血、脑肿瘤等疾病患者, 国外相关文献^[4-6]也是选取此类与椎动脉变异无明确相关性, 不会导致变异发生率升高的疾病作为研究对象, 推测正常人群 C1-2 水平椎动脉变异发生率也可能存在类似分布, 无法完全代表正常人群。

4 参考文献

- Elgafy H, Potluri T, Goel VK, et al. Biomechanical analysis comparing three C1-C2 transarticular screw salvaging fixation techniques[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2010, 35(4): 378-385.
- Gluf WM, Schmidt MH, Apfelbaum RI. Atlantoaxial transarticular screw fixation: a review of surgical indications, fusion rate, complications, and lessons learned in 191 adult patients [J]. J Neurosurg Spine, 2005, 2(2): 155-163.
- Schulz R, Macchiavello N, Fernández E, et al. Harms C1-C2 instrumentation technique: anatomico-surgical guide [J]. Spine Biomechanics, 2011, 36(12): 945-950.
- Vanek P, Bradac O, de Lacy P, et al. Vertebral artery and osseous anomalies characteristic at the craniocervical junction diagnosed by CT and 3D CT angiography in normal Czech population: analysis of 511 consecutive patients[J]. Neurosurg Rev, 2017, 40(3): 369-376.
- Wakao N, Takeuchi M, Nishimura M, et al. Vertebral artery variations and osseous anomaly at the C1-2 level diagnosed by 3D CT angiography in normal subjects[J]. Neuroradiology, 2014, 56(10): 843-849.
- Yamazaki M, Okawa A, Furuya T, et al. Anomalous vertebral arteries in the extra- and intraosseous regions of the craniovertebral junction visualized by 3-dimensional computed tomographic angiography: analysis of 100 consecutive surgical cases and review of the literature [J]. Spine, 2012, 37(22): E1389-E1397.
- Elgafy H, Pompo F, Vela R, et al. Ipsilateral arcuate foramen and high-riding vertebral artery: implication on C1-C2 instrumentation[J]. Spine J, 2014, 14(7): 1351-1355.
- Maki S, Koda M, Iijima Y, et al. Medially-shifted rather than high-riding vertebral arteries preclude safe pedicle screw insertion[J]. J Clin Neurosci, 2016, 29: 169-172.
- Yamazaki M, Okawa A, Hashimoto M, et al. Abnormal course of the vertebral artery at the craniovertebral junction in patients with Down syndrome visualized by three-dimensional CT angiography[J]. Neuroradiology, 2008, 50(6): 485-490.
- Miyata M, Neo M, Ito H, et al. Is rheumatoid arthritis a risk factor for a high-riding vertebral artery?[J]. Spine, 2008, 33(18): 2007-2011.
- Lee JH, Jahng TA, Chung CK. C1-2 transarticular screw fixation in high-riding vertebral artery: suggestion of new trajectory[J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(7): 499-504.
- Neo M, Matsushita M, Iwashita Y, et al. Atlantoaxial transarticular screw fixation for a high-riding vertebral artery[J]. Spine, 2003, 28(7): 666-670.
- Su BW, Shimer AL, Chinthakunta S, et al. Comparison of fatigue strength of C2 pedicle screws, C2 pars screws, and a hybrid construct in C1-C2 fixation[J]. Spine, 2013, 39(1): E12-E19.
- Patra DP, Salunke PS, Sahoo SK, et al. Redundant anomalous vertebral artery in a case of congenital irreducible atlantoaxial dislocation: emphasizing on the differences from the first intersegmental artery and operative steps to prevent injury while performing C1-2 joint manipulation [J]. Annals Of Neurosciences, 2015, 22(4): 245-247.
- Salunke P, Sahoo SK, Ghuman MS. Bilateral inverted vertebral arteries (V3 segment) in a case of congenital atlantoaxial dislocation: Distinct entity or a lateral variant of persistent first intersegmental artery?[J]. Surg Neurol Int, 2014, 5 (1): 82-90.
- Brinjikji W, Cloft H, Kallmes DF. Anatomy of the posterior inferior cerebellar artery: relevance for C1-C2 puncture procedures[J]. Clin Anat, 2009, 22(3): 319-323.
- Tokuda K, Miyasaka K, Abe H, et al. Anomalous atlantoaxial portions of vertebral and posterior inferior cerebellar arteries[J]. Neuroradiology, 1985, 27(5): 410-413.
- Hong JT, Lee SW, Son BC, et al. Analysis of anatomical variations of bone and vascular structures around the posterior atlantal arch using three-dimensional computed tomography angiography[J]. J Neurosurg Spine, 2008, 8(3): 230-236.
- Elliott RE, Tanweer O. The prevalence of the ponticulus posticus (arcuate foramen) and its importance in the goel-harms procedure: meta-analysis and review of the literature [J]. World Neurosurgery, 2014, 82(1-2): 335-343.

(收稿日期:2018-01-16 末次修回日期:2018-03-26)

(英文编审 刘美彤/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)