

论 著

基于CTA多平面重建对后路寰枢椎经关节螺钉与枢椎椎弓根螺钉固定术的安全性比较*

1.重庆医科大学附属大学城医院放射科
(重庆 401331)

2.重庆医科大学附属大学城医院骨科
(重庆 401331)

黄 觅¹ 李晓兰^{1,*} 郭 亮²
陈思浩¹ 王 叶¹

【摘要】目的 通过CTA多平面重建(MPR)比较后路寰枢椎经关节螺钉固定术(TAS)与枢椎椎弓根螺钉固定术(PS)的安全性。**方法** 回顾性分析行头颈CTA扫描的患者63例,在MPR上模拟两种螺钉置入,并比较两种方法对枢椎椎动脉沟(C2 VAG)的侵犯率,同时记录最佳置钉角度。将患者根据高骑动脉(HRVA)、椎弓根狭窄(NP)及枢椎段椎动脉(IAVA)分型进行分组,采用 χ^2 检验分析各种分组中两种手术方法对C2 VAG侵犯率的差别,用one-way ANOVA对两种方法置钉角度与IAVA分型之间的关系进行分析。**结果** 在总研究人群中,TAS对C2 VAG侵犯率为23.8%,PS为29.4%,两者的差异无统计学意义($P=0.12$)。在HRVA中,TAS对C2 VAG侵犯率(66.7%)显著低于PS(87.9%)($P=0.03$),而在NP病例中,TAS(77.8%)与PS(88.9%)对C2 VAG侵犯率的差异无统计学意义($P=0.16$)。TAS、PS对C2 VAG侵犯及HRVA与IAVA分型之间差异具有显著性($P<0.001$)。在M-a型当中,TAS(84.2%)与PS(94.7%)对C2 VAG侵犯率的差异无统计学意义($P=0.16$)。椎动脉的走行越向内向上,PS的内倾角越大,但不影响TAS的置钉角度。**结论** TAS和PS对椎动脉侵犯率较高,存在同样的风险;在HRVA中,TAS相对更加安全。基于MPR可在术前综合评估解剖参数及置钉角度,为上颈椎手术提供更安全的选择。

【关键词】 CTA;多平面重建;螺钉固定术;安全性;比较

【中图分类号】 R445.3;R684

【文献标识码】 A

【基金项目】 重庆市卫生计生委医学科研项目
(2016MSXM059)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.02.044

Comparison of Safety Between Posterior C1-C2 Transarticular and C2-Pedicle Screws Based on CT Multiplanar Reconstruction*

HUANG Mi¹, LI Xiao-lan^{1,*}, GUO Liang², CHEN Si-hao¹, WANG Ye¹.

1.Department of Radiology, the College Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401331, China

2.Department of Orthopaedics, the College Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401331, China

ABSTRACT

Objective To compare the safety between C1-C2 transarticular and C2-Pedicle screws via the CT Multiplanar Reconstruction of vertebral artery CT angiography (MPR). **Methods** Retrospective analysis 62 patients underwent head and neck computed tomography angiography examination. Simulate the placement of transarticular and pedicle screws using MPR, then compare the frequency of C2 vertebral artery groove (C2 VAG) violation by the two different fixation methods, and record the safe range of medial convergence angle and sagittal angle of the two ways. Based on the MPR, the general population were classified in the subset of those with narrow pedicles (NP), with high-riding vertebral arteries (HRVA) and with the different subtypes of Intra-axial vertebral artery (IAVA). The differences between NP、HRVA、IAVA types and C2 VAG violation were analyzed with the method of χ^2 test, and using the one-way ANOVA analysis between the angles and IAVA types. **Results** Overall, 25% of TASP and 29% of PSP violated the C2 VAG without a significant difference between the two groups ($P=0.12$). Among those with HRVA, C2 VAG violation was significantly lower ($P=0.03$) with TAS than with PS. Among those with NP, C2 VAG violation was high in both groups but without a significant difference between the two types of screws. The subtype IAVA M-a consisted most of NP, HRVA and C2 VAG violation of two methods, which account for 44.4%, 51.5%, 48.6% and 53.3% respectively. There was a significant difference between NP and HRVA ($P<0.001$). There was also a significant difference between NP and HRVA violations to the C2 VAG ($P<0.001$), as well as the C2 VAG violations, NP and HRVA between IAVA ($P<0.001$). **Conclusion** Neither method has an inherently higher anatomic risk of C2 VAG violation. However, in the HRVA, TAS is significantly safer than PS.

Keywords: CAT; Multi-planar Reconstruction; TAS; Safety; Comparison

后路寰枢椎经关节螺钉固定术(C1-C2 transarticular screw fixation, TAS)与枢椎椎弓根螺钉固定术(C2 pedicle screw fixation, PS)是目前最常用的两种治疗寰枢椎关节不稳的手术方式^[1-4]。两种术式均有在术中伤及邻近椎动脉的危险,从而造成严重后果^[5]。目前国内外鲜有研究比较两种术式的安全性,一些研究只根据NP和(或)HRVA进行分析研究^[6],鲜见有研究将IAVA分型同时纳入考虑来比较两种术式的安全性。因此,本研究通过头颈CTA的MPR,分别模拟TAS及PS过程,并观察椎弓根狭窄(narrow pedicle, NP)、高骑动脉(high-riding vertebral artery, HRVA)、枢椎段椎动脉(intra-axial vertebral artery, IAVA)分型在两种术式中与枢椎椎动脉沟(C2 vertebral artery groove, C2 VAG)损伤之间的关系,评价MPR的术前临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2017年9月至2017年12月我院进行头颈部CTA检查的63例(126侧)患者资料,其中男39例,女24例,年龄16~74岁,平均年龄(45.3±14.4)岁。

纳入标准:寰枢椎无明显骨折及脱位;椎动脉显示清晰。排除标准:寰枢椎有病理性改变,导致相关数据不能测量;因金属伪影影响观察。

1.2 研究方法 仪器采用GE Light speed VCT64层螺旋CT。管电压120kV,管电流250~335mAs,螺距0.969,旋转速度0.4s/r,矩阵512×512。使用碘普罗胺

【第一作者】 黄 觅,女,主要研究方向:头颈部影像学。E-mail: 392695431@qq.com

【通讯作者】 李晓兰,女,副主任医师,主要研究方向:头颈部影像学。E-mail: l283783653@163.com

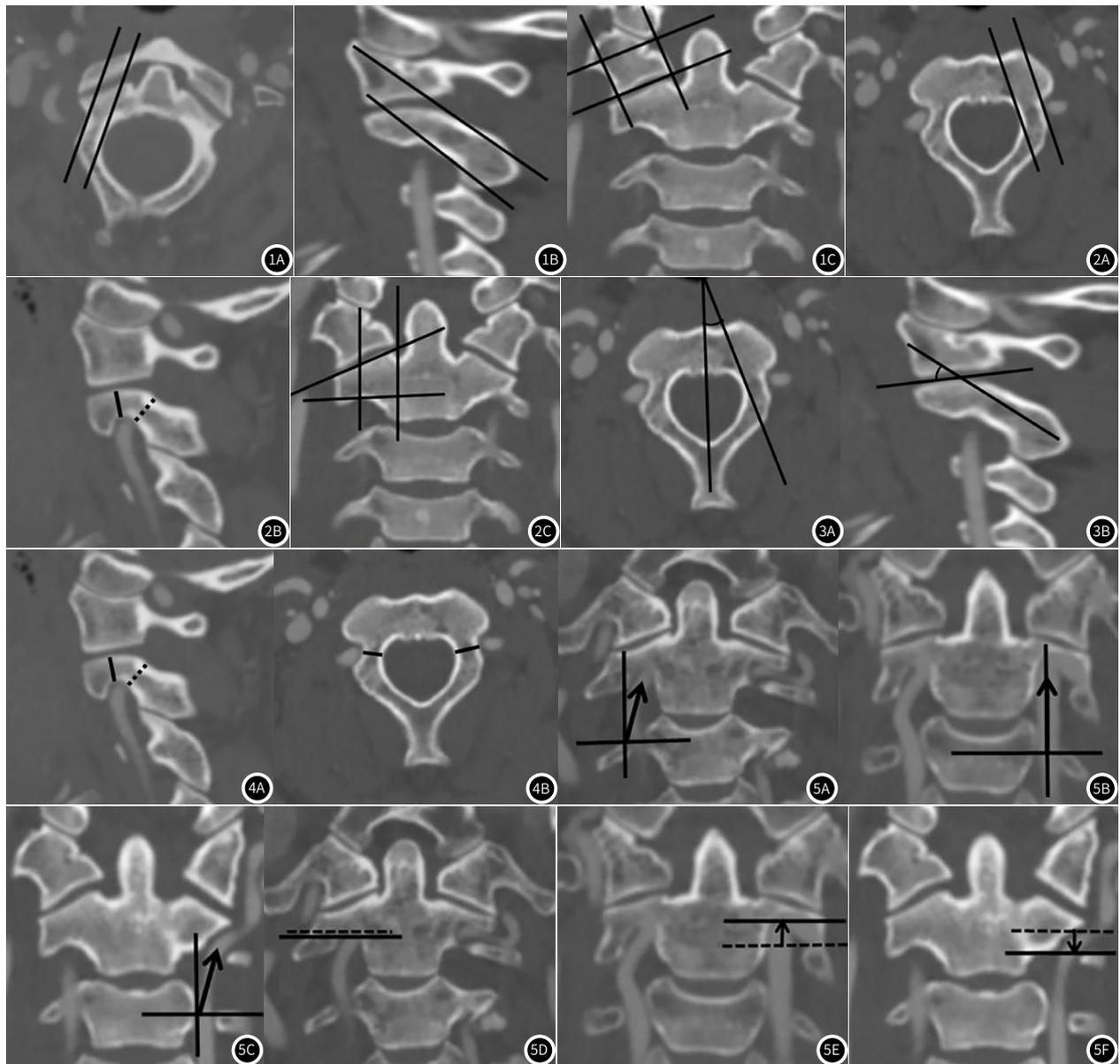


图1 黑线条所示区域为TAS最佳安全螺钉植入区域。1A: 横轴位; 2B: 矢状位; 3C: 冠状位。**图2** 黑线条所示区域为PS最佳安全螺钉植入区域。2A: 横轴位; 2B: 矢状位; 2C: 冠状位。**图3** 置钉角度测量。3A: 横轴位测量内倾角; 3B: 矢状位测量上倾角。**图4** 骨性结构测量。4A: 矢状位测量侧块内高度(实线)及椎弓根高度(虚线); 4B: 横轴位测量椎弓根直径。**图5** IAVA分型。5A: IAVA内侧偏移; 5B: IAVA垂直进入; 5C: IAVA外侧偏移; 5D: IAVA位于横突孔出口之间; 5E: IAVA位于横突孔出口之上; 5F: IAVA位于横突孔出口以下(箭为IAVA走行方向; 十字交叉线为通过冠状位C3横突孔中心的垂线; 虚线为枢椎横突孔出口水平线; 实线为IAVA最突出部分的水平线)。

(370mgI/mL)为增强对比剂,用高压注射器从肘静脉以4mL/s流率注射60~80mL,间隔30~35s后采集动脉期图像。重建MPR图像层厚0.625mm,层距0.625mm。

1.3 图像分析方法和参数测量

1.3.1 模拟置钉 在CTA多平面重组图像上分别模拟TAS及PS,模拟螺钉直径不超过4.0mm,模拟螺钉通道尽量远离枢椎椎动脉沟和避免穿破骨皮质,即在横轴位、矢状位及冠状位上的最佳安全置钉区域置钉(图1、图2),比较两种置钉方式对C2 VAG的侵犯。分别测量两种螺钉的内倾角与上倾角,为实际手术提供参考。与标准矢状面之间的夹角为内倾角,与寰枢关节水平面的夹角为上倾角,见图3。

1.3.2 骨性结构 在枢椎椎弓根直径最宽处测量椎弓根直径,将椎弓根狭窄定义为椎弓根直径 ≤ 4 mm;在寰枢椎外侧关节面的中点上测量椎动脉顶部至枢椎上关节面的距离为侧块内高度,测量椎弓根上极至椎动脉顶部的最短距离为椎弓根高度,椎弓

根高度 ≤ 5 mm或侧块内高度 ≤ 2 mm时为HRVA^[7-8],见图4。

1.3.3 IAVA分型 IAVA走行多变增加了两种手术方式的危险性,在冠状位对IAVA走行进行归纳,由偏移方向及骑跨程度将其分为9型^[9]: (1)在冠状位上根据IAVA最突出部分的垂线与C3横突孔垂线的关系,将IAVA走行根据偏移方向分为外偏(lateral, L)、垂直进入(neutral, N)和内偏(medial, M)三种。(2)在冠状位上根据IAVA最突出部分的水平线与枢椎横突孔出口水平的关系,将IAVA走行根据骑跨程度分为在出口水平下方(below, b)、上方(above, a)、两者之间(within, w)三种。具体见图5。

1.4 统计学方法 采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析。数据以($\bar{x} \pm s$)或率表示。采用 χ^2 检验分析HRVA、NP、IAVA分型与两种手术方法对C2 VAG侵犯之间的差别,用One-way ANOVA对置钉角度与IAVA分型之间的关系进行分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 椎弓根狭窄、HRVA、IAVA分型 由表1可知,在63例(126侧)患者中,椎弓根狭窄和HRVA分别为21.4%(27/126)和26.2%(33/126);对IAVA各种类型进行统计,其中Nw型(32.5%)占最多。

表1 IAVA分型

偏移方向	骑跨程度		
	b	w	a
L	16(12.7%)	6(4.8%)	4(3.2%)
N	16(12.7%)	41(32.5%)	6(4.8%)
M	1(0.8%)	17(13.5%)	19(15.1%)

2.2 C2 VAG损伤与IAVA分型、HRVA与IAVA分型的关系 由表2可知,两种置钉方式C2 VAG损伤发生率在不同IAVA分型患者中差异有统计学意义($P < 0.01$),两种类型C2 VAG损伤中均以IAVA Ma型最多(TAS53.3%、PS48.6%);HRVA发生率在不同IAVA分型之间差异有统计学意义($P < 0.01$),HRVA中IAVA Ma型最多,占53.3%。

表2 C2 VAG损伤与IAVA分型、HRVA与IAVA分型的关系

类别	Lb	Lw	La	Nb	Nw	Na	Mb	Mw	Ma	χ^2	P
C2 VAG损伤(PS)	1	1	1	1	8	2	0	5	18	47.2	<0.01
	15	5	3	15	33	4	1	12	1		
C2 VAG损伤(TAS)	1	1	1	1	5	2	0	3	16	40.4	<0.01
	15	5	3	15	36	4	1	14	3		
NP	1	1	0	1	7	1	0	4	12	21.1	0.002
	15	5	4	15	34	5	1	13	7		
HRVA	1	0	1	0	7	2	0	5	17	47.8	<0.01
	15	6	3	16	34	4	1	12	2		

表4 置钉角度与IAVA分型的关系

置钉角度		偏移程度					骑跨程度				
		L	N	M	F	P	b	w	a	F	P
PS	内偏角	29.2±6.0	34.1±6.2	38.1±5.9	9.822	<0.001	29.5±5.8	35.3±6	37.9±7.4	11.016	<0.001
	上倾角	36.1±5.8	39.1±6.8	41.2±6.6	3.019	0.054	36.5±5.2	39.5±7.2	41.7±6.7	3.019	0.054
TAS	内偏角	3.1±2.5	3.8±3	3.7±2.9	0.54	0.584	3.4±2.5	3.8±3	3.4±2.8	1.161	0.852
	上倾角	49.5±4.3	49.1±4.4	50.9±5	1.058	0.351	48.8±4.3	50.3±4	47.6±6.6	2.259	0.11

3 讨论

后路TAS及PS是目前比较常用的上颈椎手术方式,而两种置钉方式均有潜在损伤椎动脉及脊髓的危险性,椎动脉穿过枢椎时,其走行多变,当椎动脉孔向内向上挤压时,更是增加了TAS及PS触及椎动脉的风险^[10]。因此,在术前仔细评估两种手术方式造成椎动脉损伤的可能性,且预判置钉轨迹,对术者选择合适的术式非常重要。目前,一些学者认为PS较TAS具有更多的优势^[11-12],但是将椎动脉损伤考虑在内的研究少见,仅有少数学者对TAS及PS两种术式的安全性进行了比较。

Resnick等^[13]利用CT扫描图像对TAS及PS的风险进行了比

2.3 两种置钉方式的安全性 由表3可知,比较通过MPR模拟TAS对C2 VAG侵犯率为23.8%,PS为29.4%,两者的差异无统计学意义($P = 0.12$)。在HRVA病例中,TAS对C2 VAG侵犯率(66.7%)显著低于($P = 0.03$)PS(87.9%),而在NP病例中,TAS(77.8%)与PS(88.9%)对C2 VAG侵犯率的差异无统计学意义($P = 0.16$)。在Ma型当中,TAS(84.2%)与PS(94.7%)对C2 VAG侵犯率的差异无统计学意义($P = 0.16$)。

表3 两种置钉方式的安全性比较[n(%)]

类别	TAS侵犯率	PS侵犯率	P
总人群(n=126)	30(23.8)	37(29.4)	0.12
HRVA(n=33)	22(66.7)	29(87.9)	0.03
NP(n=27)	21(77.8)	24(88.9)	0.16
Ma分型(n=19)	16(84.2)	18(94.7)	0.25

2.4 置钉角度与IAVA分型的关系 由表4可知,TAS螺钉内倾角及上倾角安全范围分别为 $(3.6 \pm 2.8)^\circ$ 和 $(49.5 \pm 4.5)^\circ$,PS螺钉分别为 $(33.5 \pm 6.7)^\circ$ 和 $(38.6 \pm 6.7)^\circ$ 。IAVA的走行越向内向上,PS螺钉的内倾角越大,而并不影响TAS螺钉的上倾角和内倾角。

较,分析了50位患者的CT二维图像。在另外10位患者中,使用了CT三维图像及术中计算机导航系统,结果显示,在二维图像中,94%的患者进行TAS是安全的,而PS的安全率为91%;在三维图像中,TAS的安全率为95%,而PS为100%。这从解剖学的观点来说,PS并不比TAS更安全。Yoshida等^[14]分析了62位患者通过术中计算机导航系统重建得到的三维图像,发现TAS置钉失败率为11.3%,而PS为9.7%,但两者之间无统计学差异。前述研究未分析枢椎置钉空间受限的情况,比如NP或HRVA,比较两种置钉方式对C2 VAG侵犯率。Jin等^[6]基于269位患者的CT图像,通过3D模拟软件模拟TAS及PS置钉过程,并统

计失败率,发现两种术式在总人群及NP人群中对C2 VAG侵犯率无差异,而在HRVA人群中PS比TAS更加安全。本研究结果显示,TAS失败率(23.8%)与PS失败率(29.4%)之间的差异无统计学意义,TAS和PS对椎动脉侵犯存在同样的风险,这与上述研究得出的结果相似。分析得出PS更加倾向于侵犯枢椎椎动脉沟靠近下方及中央的部分,也就是枢椎峡部靠近边缘的部分,而TAS倾向于侵犯枢椎椎动脉沟靠上靠后方的部分。PS轨迹靠中减少了枢椎椎动脉沟的侵犯,同时其轨迹上倾角较小,增加了C2 VAG侵犯的可能性,因为椎动脉沟靠近枢椎的尾部。上述因素使得两种置钉方式的利弊互相抵消,使得两种置钉方式的侵犯率没有明显的差异。

两种置钉方式在NP人群中对枢椎椎动脉沟的侵犯率差异无统计学意义,因为大多数的椎弓根狭窄患者同时伴发HRVA。但本研究认为在HRVA人群中TAS相对PS更加安全,这跟椎弓根复合体是不规则的立体结构有很大关系^[15],单纯通过标准层面椎弓根复合体的高度与宽度定义C2 VAG的变异可能过于片面,同时还应综合评价患者IAVA的客观状况。本研究认为HRVA人群中,椎动脉向内向上走行,此时,适度增加上倾角可避免触及椎动脉,TAS螺钉上倾角较PS更大,因此在HRVA中,TAS从理论上较PS更加安全。但在临床上存在螺钉侵犯C2 VAG,不一定造成椎动脉损伤的现象^[16-17],故本研究结果有待临床手术进一步研究证实。

国内外许多学者研究了不同螺钉置入术式的术前CT测量。本研究结果显示,TAS内倾角及上倾角安全范围分别为 $(3.6 \pm 2.8)^\circ$ 和 $(49.5 \pm 4.5)^\circ$,PS分别为 $(33.5 \pm 6.7)^\circ$ 和 $(38.6 \pm 6.7)^\circ$,得出椎动脉孔位置同时影响PS的内倾角与上倾角,IAVA的走行越向内向上,PS的内倾角越大。在不同类型的IAVA中,TAS螺钉的上倾角及内倾角变化范围很小。此外,椎弓根复合体发育较好的患者,螺钉的上倾角及内倾角可在一定范围内进行调整。

螺钉植入中枢椎的特殊解剖变异是重要影响因素,其中主要有NP及HRVA。本研究发现一些患者有NP或HRVA,但不影响螺钉置入。有研究提及NP仍可进行PS^[4],这与本研究相符合。NP在横断面上定义,HRVA在矢状位上定义,因此本研究将NP及HRVA同时进行考虑。在本研究中,PS及TAS对总人群中C2 VAG侵犯率分别为29%、25%,而在NP病例中C2 VAG侵犯率分别为88.9%、77.8%,在HRVA病例中分别为87.9%、66.7%,明显高于总人群的侵犯率。在NP及HRVA中均以IAVA Ma型最多,分别占53%、44%。本研究中,HRVA、IAVA与两种手术方式对C2 VAG侵犯之间差异具有显著性($P < 0.001$)。因此,仅依靠单一骨性结构断面,并不是判断PSP及TASP可行性的准确条件。

IAVA走行具有三维的特点,因此,本研究在冠状位根据IAVA偏移程度和骑跨程度将其分为9型,结果表明,不同类型IAVA在TAS及PS对C2 VAG侵犯之间的差异具有显著性($P < 0.001$),其中Ma型在两种术式中对C2 VAG侵犯最明显,分别占84.2%、94.7%,但两者之间差异无统计学意义。Wang等^[18]研究中将IAVA Ma型定义为II型,认为该型不能行PS,但在本研究中发现Ma型不是都不能进行PS或TAS,还要取决于其

他骨性因素。

综上所述,TAS及PS两种方式手术风险相似,在HRVA人群中,选择TAS更加安全。术前行椎动脉CTA检查是很重要的,通过CTA图像,可以综合评价患者椎动脉及枢椎骨性结构特点,据此进行多平面重组,不仅能够判定置钉的可行性,还能为术中螺钉置钉角度提供参考。术者可根据术前椎动脉CTA图像,针对每位患者进行个体化手术方案设计,降低手术风险。

参考文献

- [1] 吴鑫杰,谭明生. 寰枢椎后路内固定技术的研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26(6): 528-532.
- [2] 高延征,高坤,余正红,等. “in-out-in”多皮质枢椎椎弓根螺钉在寰枢椎脱位或不稳后路手术中的应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(1): 55-60.
- [3] 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.
- [4] Smith Z A, Bistazzoni S, Onibokun A, et al. Anatomical considerations for subaxial (C2) pedicle screw placement: a radiographic study with computed tomography in 93 patients[J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(3): 176-179.
- [5] Tubbs RS, Granger A, Fisahn C, et al. The vertebral artery cave at C2: anatomic study with application to C2 pedicle screw placement[J]. World Neurosurg, 2016, 94: 368-374.
- [6] Jin S Y, Buchowski J M, Kim H J, et al. Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws[J]. Spine J, 2013, 13(7): 775-785.
- [7] 黄学良,朱双芳,林雨聪,等. 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[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2018, 28(4): 315-319.
- [8] 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.
- [9] Lee S H, Park D H, Kim S D, et al. Analysis of 3-dimensional course of the intra-axial vertebral artery for C2 pedicle screw trajectory: a computed tomographic study[J]. Spine, 2014, 39(17): 1010-1014.
- [10] 夏虹,王建华,吴增晖,等. 术前判别寰枢椎解剖类型对上颈椎后路置钉策略的意义[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(1): 17-24.
- [11] Brooks C L, Blackler R J, Sra G, et al. Posterior fixation of the upper cervical spine: contemporary techniques[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2011, 19(2): 63-71.
- [12] Ni B, Zhao W, Guo Q, et al. Comparison of outcomes between C1-C2 screw-hook fixation and C1-C2 screw-rod fixation for treating reducible atlantoaxial dislocation [J]. Spine, 2017, 25(3): 540-546.
- [13] Resnick D K, Lapsiwala S, Trost G R. Anatomic suitability of the C1-C2 complex for pedicle screw fixation[J]. Spine 2002, 27: 1494-1498.
- [14] Yoshida M, Neo M, Fujibayashi S, Nakamura T. Comparison of the anatomical risk for vertebral artery injury associated with the C2-pedicle screw and atlantoaxial transarticular screw[J]. Spine, 2006, 31: E513-E517.
- [15] 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.

(收稿日期: 2019-01-25)