

椎动脉 CT 血管造影多平面重组 在枢椎椎弓根置钉中的价值

张 艳, 刘 溢, 王晓华

(北京大学第三医院放射科 100191 北京市)

【摘要】目的:探讨椎动脉 CT 血管造影(CTA)多平面重组在枢椎椎弓根置钉中的价值。**方法:**利用 CT 多平面重组技术,对 77 例患者的椎动脉 CTA 容积数据进行回顾性 CT 多平面重组。依据椎弓根置钉理想钉道方向调整 CT 多平面重组的定位线,重建出螺钉穿过椎弓根复合体的切面断层,用一个标定圆模拟螺钉横截面,根据标定圆直径、标定圆与椎动脉的位置关系及其在椎弓根复合体内的容纳情况评估置钉的可行性。同时,对椎弓根内径进行测量,评价置钉的风险。比较两种方法判定结果之间的差异。**结果:**基于椎动脉 CTA 的多平面重组可明确显示椎弓根螺钉在枢椎内的容纳情况及与周围解剖结构的位置关系。根据该方法判定双侧枢椎中不能容纳直径 4mm 标定圆、不宜行椎弓根置钉术者:左侧 10 例(13%),右侧 19 例(25%);根据内径测量判定不宜行椎弓根置钉术者:左侧 12 例(16%),右侧 20 例(26%)。McNemar 配对 χ^2 检验 P 值双侧分别为:左 $P=0.5$,右 $P=1$,两种方法判定结果无显著性差异。Kappa 检验两种方法的一致性分别为:左侧 Kappa 值=0.770, $P=0$;右侧 Kappa 值=0.732, $P=0$,两种方法一致性较好。**结论:**椎动脉 CTA 多平面重组可明确显示椎弓根螺钉在枢椎内的容纳情况及与周围解剖结构的位置关系,为选择枢椎椎弓根螺钉大小及制定手术计划提供参考。

【关键词】 枢椎;椎弓根螺钉;多平面重组;椎动脉;CT 血管造影

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2014.03.05

中图分类号:R816.8, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2014)-03-0217-05

The significance of CT multi-planar reconstruction of vertebral artery CT angiography in C2 pedicle screw placement/ZHANG Yan, LIU Yi, WANG Xiaohua//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2014, 24(3): 217-221

【Abstract】 Objectives: To investigate the significance of CT multi-planar reconstruction of vertebral artery CT angiography(CTA) in C2 pedicle screw placement. **Methods:** The vertebral artery CTA images of 77 patients were reviewed retrospectively by CT multi-planar reconstruction. The positions in three dimensions were adjusted according to the screw's ideal direction, and the cross section of the screw passing through the pedicle was displayed based on CT multi-planar reconstruction. A circle was demarcated on the former plane to simulate the cross section of the screw. The diameter of the circle, the accommodation of screw in C2 pedicle, and the positions of the screw related to the vertebral artery were taken into account to assess the feasibility of pedicle screw placement. And meanwhile, the feasibility was assessed by measuring the inner diameters of pedicle complex. The results of the two methods were compared. **Results:** The simulation of placement of C2 pedicle screw basing on CT multi-planar reconstruction illustrated the accommodation of screw in C2 and its relationship with surrounding structures. According to this method, 10(13%) cases of left side and 19 (25%) cases of right side could not accommodate the circle with the diameter of 4mm and could not be placed pedicle screw, while operation was unavailable for 12(16%) cases of left side and 20(26%) cases of right side by measurement of inner diameters. The P value of McNamara test was 0.5 in the left and 1 in the right. There was no significant differences between the results of two methods($P>0.05$). The result of Kappa test was 0.770 in the left and 0.732 in the right, and the P value of the Kappa test in the both sides was 0, which showed good consistency. **Conclusions:** The simulation of placing pedicle screw in axis basing

第一作者简介:女(1983-),主管技师,研究方向:医学影像图像质量管理与控制

电话:(010)82264731 E-mail:zhangyan2216@163.com

通讯作者:王晓华 E-mail:tensh.med@163.com

on CT multi-planar reconstruction can illustrate the screw accommodation in C2 and its relationship with surrounding structures, which can provide good reference for the operation.

【Key words】 Axis; Pedicle screw; Multi-planar reconstruction; Vertebral artery; CT angiography

【Author's address】 Radiology Department, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191, China

枢椎椎弓根螺钉固定广泛应用于寰枢融合(如寰枢椎经关节螺钉固定术^[1]、寰枢椎侧块钉板固定术等^[2])、枕颈融合等手术。螺钉从后向前穿过枢椎峡部、椎弓根、上关节突内侧,即“椎弓根复合体”^[3,4]。椎动脉穿过枢椎时,因椎动脉走行变异,椎动脉孔向内向上挤压造成枢椎椎弓根狭窄,增加了枢椎椎弓根螺钉触及椎动脉的风险^[5-7]。基于 CT 断层测量椎弓根复合体内径是评估置钉可行性的主要手段^[7-10],但因其不规则的立体结构,目前国内外学者对其测量方法尚不统一。本研究提出一种 CT 模拟法,对椎动脉 CT 血管造影(CTA)进行 CT 多平面重组,模拟枢椎椎弓根置钉过程,直接在斜冠状断层模拟出螺钉与椎动脉的位置关系,据此对枢椎椎弓根置钉的可行性进行评估,为手术计划提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2012 年 5 月~9 月在我院行椎动脉 CTA 检查的 77 例患者的资料,年龄 25~86 岁,平均 66 岁;男 56 例,女 21 例。对其 CTA 容积数据进行回顾性 CT 多平面重组研究。CT 检查设备为 GE 宝石能谱 CT 机(Discovery CT 750 HD);工作站:GE AW4.5;管电压:120kV;自动管电流 smart mA 技术:120~650mA;螺距:0.984:1;准直器:64×0.625mm;噪声指数:10;矩阵:512×512;球管转速:0.5 秒/圈。

1.2 CT 多平面重组模拟法

在 GE AW4.5 工作站 reformat 功能下,根据患者个体解剖形态及骨性解剖标志,依据椎弓根螺钉置钉理想钉道方向调整多平面重组的定位线。斜矢状断层穿过螺钉的纵剖面,该层面垂直于水平面,螺钉与标准矢状面之间的夹角为内倾角;斜轴位断层穿过螺钉的横切面,该层面垂直于斜矢状面,与水平面的夹角为上倾角;冠矢轴三方向两两垂直,斜冠状断层即为螺钉穿过枢椎椎弓根复合体的横截面断层。具体方法为:(1)在标准矢状断层上,沿枢椎椎弓根长轴方向设置斜轴位断

层定位线得到斜轴位(图 1a);(2)在斜轴位上沿枢椎椎弓根长轴设置斜矢状位定位线(图 1b),冠矢轴位三方向两两垂直,得到斜冠状断层即为螺钉横截面断层(图 1c),该层面上定位线交叉处即为螺钉穿过峡部位置。参考进钉点取枢椎下关节突中垂线、椎板上方下缘 5mm 处^[11]。同时测量螺钉的上倾角与内倾角,为手术实施提供参考。由于数据为 CTA 影像,椎动脉充盈良好,可直接观察到枢椎峡部与椎动脉位置关系。

依据临床上用于枢椎椎弓根螺钉直径一般为 3.5~4mm,在图 1c 定位线交叉处设置直径为 4mm 标定圆,用以模拟螺钉横截面。骨性结构能够容纳该圆,且未触及椎动脉,提示可以行椎弓根置钉(图 2a、b);反之,如果骨性结构不足以容纳该圆,且该圆触及椎动脉,提示不可行椎弓根置钉或置钉风险较大(图 2c)。根据判定结果对置钉方式选择做出反馈,指导手术计划的制定。

1.3 内径测量法

评价枢椎椎弓根复合体内径时需综合评估其高度及宽度对螺钉的容纳情况。在过椎动脉孔内缘的垂直矢状面上测量侧块内高度(椎动脉顶部至枢椎上关节面的距离)及椎弓根高度(椎弓根上极至椎动脉顶部的最短距离);选择过椎弓根长轴中间的轴位层面测量椎弓根宽度(图 3)。枢椎椎动脉孔发育不同,螺钉的置钉角度及穿行区域有所不同。当椎动脉“高跨”时,椎动脉孔偏上偏内,椎弓根狭窄,螺钉触及椎动脉的风险增加,螺钉的上倾角应加大,螺钉穿越枢椎上关节突内侧区域增多;椎动脉孔发育正常时,螺钉上倾角较小,螺钉穿越椎弓根区域较多。分别测量侧块内高度及椎弓根高度能反映枢椎上关节突内侧及椎弓根部对螺钉的容纳情况。判定不适宜行椎弓根置钉术的高度条件^[8-10]为:侧块内高度小于 2mm,和/或椎弓根高度小于 4.5mm;宽度条件为宽度小于 4.5mm。

1.4 统计分析

使用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析。置钉可行性的判断以计数资料表示。使用 McNemar

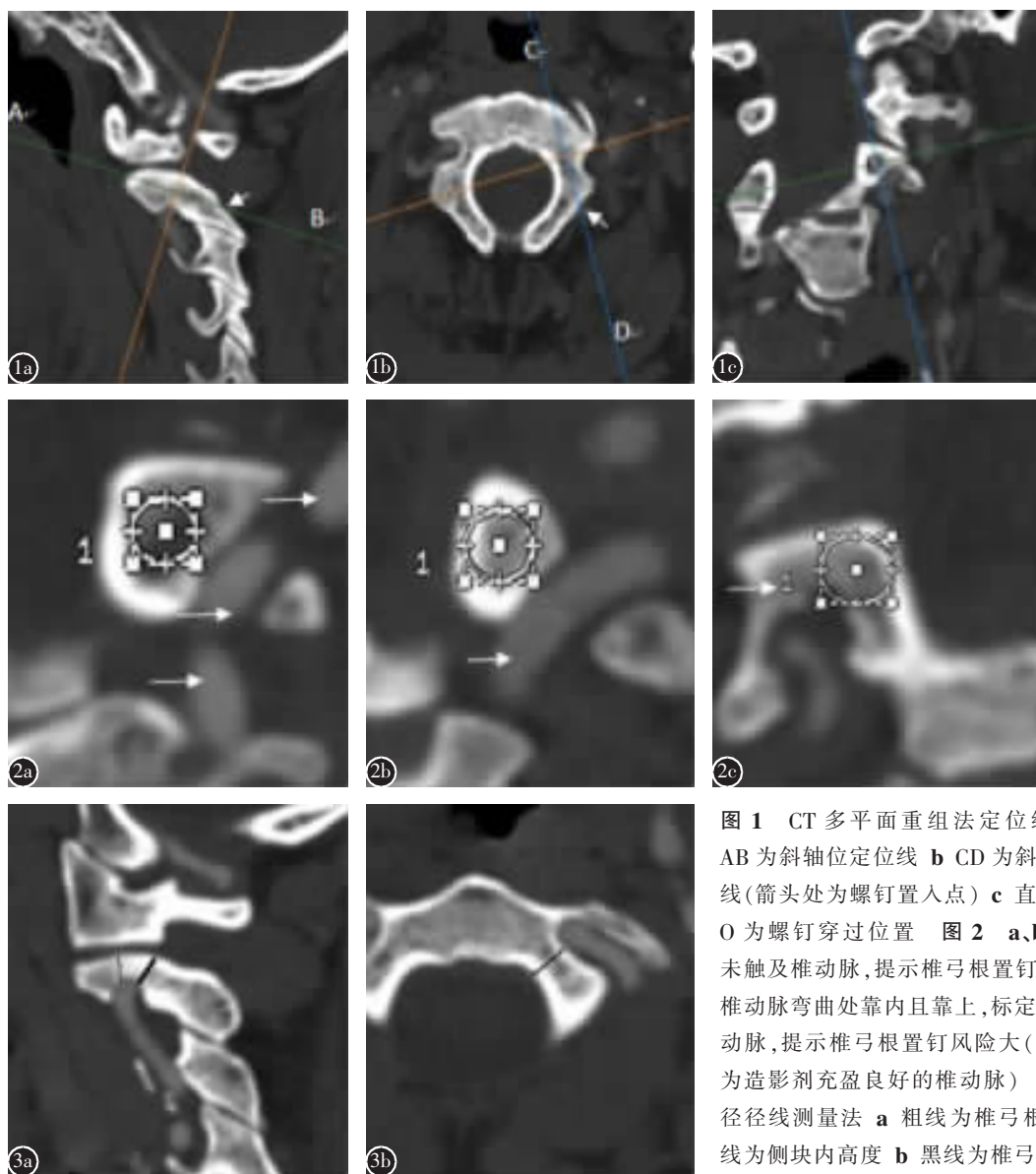


图 1 CT 多平面重组法定位线设置 a AB 为斜轴位定位线 b CD 为斜矢状定位线(箭头处为螺钉置入点) c 直线交叉点 O 为螺钉穿过位置 图 2 a、b 标定圆未触及椎动脉,提示椎弓根置钉术可行 c 椎动脉弯曲处靠内且靠上,标定圆触及椎动脉,提示椎弓根置钉风险大(箭头所指为造影剂充盈良好的椎动脉) 图 3 内径径线测量法 a 粗线为椎弓根高度,细线为侧块内高度 b 黑线为椎弓根宽度

Figure 1 The position lines of CT

multi-planar reformation a AB is the position line of oblique axial section b CD is the position line of oblique sagittal section (The arrows show the spots of implanting screws) c The intersection O of the position lines is the spot screw passing through the axis **Figure 2** a, b The circles don't touch the vertebral arteries, which means placing pedicle screw are feasible c The bend of the vertebral artery is medially and cranially, the circle touch the vertebral artery, which means placing pedicle screw is dangerous(The arrows show vertebral arteries with good contrast filled) **Figure 3** Measurement of the inner diameter of pedicle complex a The thicker line is the height of vertebral pedicle and the thinner line is the inner height of lateral mass b The black line is the width of vertebral pedicle

配对 χ^2 检验评价两种方法之间的差异性, $P < 0.05$ 提示其差异有统计学意义。使用 Kappa 检验评价两种方法之间的一致性, Kappa < 0.4 表示两者一致性较差; Kappa 位于 0.40~0.75 之间表示两者一致性尚可; Kappa > 0.75 表示两者一致性较好。

2 结果

基于椎动脉 CTA 的多平面重组可明确显示椎弓根螺钉在枢椎内的容纳情况及与周围解剖结构的位置关系。根据 CT 多平面重组模拟法判定双侧枢椎中不能容纳直径 4mm 标定圆、不宜行椎弓根置钉术者左侧 10 例 (13%), 右侧 19 例

(25%); 椎弓根螺钉上倾角及内倾角安全范围分别为 $26.05^{\circ}\pm 4.67^{\circ}$ 和 $19.4^{\circ}\pm 4.62^{\circ}$ 。154 个椎弓根复合体内径测量:侧块内高度为 $4.71\pm 1.33\text{mm}$ (1.2~8.7mm); 椎弓根高度为 $6.36\pm 1.45\text{mm}$ (1.4~10.9mm); 椎弓根宽度为 $5.77\pm 1.37\text{mm}$ (2.8~9.5mm)。根据内径测量结果判定不宜行椎弓根螺钉置钉术者左侧 12 例(16%),右侧 20 例(26%)。两种方法判定结果见表 1,经 McNemar 配对 χ^2 检验在左右两侧均无显著性差异 ($P>0.05$); 两种方法一致性分析 Kappa 值左侧为 0.770, 右侧为 0.732, 一致性较好。

3 讨论

椎动脉穿过枢椎时,因椎动脉走行变异,椎动脉孔向内向上挤压造成枢椎椎弓根狭窄,增加了椎弓根螺钉触及椎动脉的风险。国内外诸多学者对枢椎椎弓根置钉的术前 CT 测量进行了研究。蔡贤华等^[7]认为枢椎椎动脉孔的位置不同决定螺钉的上倾角不同。闫明等^[11,12]建议枢椎椎弓根过窄不适合行 Magerl 术时,可采用寰枢椎侧块钉板固定术。因此,术中对椎弓根置钉的可行性评估十分重要。目前多利用 CT 断层测量椎弓根复合体的骨性结构内径评估,但国内外学者在测量方法及定量标准上尚不统一。兰永树等^[13]在 CT 容积再现(VR)及多平面重组(MPR)图像上测量椎弓根内径情况,但无固定坐标轴做参照,受主观因素影响较大。吴强等^[14]自行设计了固定参考点,测量枢椎椎弓根平均宽度为 5.4mm,椎弓根平均高度为 7.2mm,但未说明测量层面如何选取。林达强等^[15]利用 CT 后处理技术个体化设计理想进钉点、路径与钉道轨迹,但只关注骨性结构,未考虑椎动脉

的客观状况。王建华等^[16]研究了椎动脉孔解剖分型与椎弓根置钉的关系,可以评估置钉风险及可行性。但基于 CT 轴位图像的测量容易受患者体位、容积效应及 CT 参数(如层厚、间距)的影响。以上各种测量方法对置钉不可行的判定标准不同,相互无法参考。椎弓根螺钉置钉角度严格,外侧不可损伤椎动脉,内侧不可损伤硬膜和脊髓^[17],术前对置钉角度的预估十分重要。基于内径的测量只是从标准体位测量椎弓根复合体的高度与宽度,不能反映这一立体结构的不规则性,更不能为置钉角度提供有意义信息。

基于椎动脉 CTA 图像,可以综合评价患者枢椎的个体解剖形态,包括椎动脉及骨性结构特点。据此,选择最理想的进钉点及置钉角度进行 CT 多平面重组。本研究发现,单纯分析枢椎椎弓根复合体骨性结构来评估置钉可行性过于片面,还应综合评价患者椎动脉客观状况。椎动脉完全闭塞的患者,无需顾及椎动脉风险,重点考虑置钉的稳定性及牢固性。椎动脉走行变异的患者,可根据椎动脉与枢椎的客观位置关系,个性化设计手术方案。因此,术前行椎动脉 CTA 检查是很有必要的。

基于椎动脉 CTA 图像的 CT 多平面重组,可清楚展示出螺钉横截面在枢椎的容纳情况及与椎动脉的位置关系,不仅能够判定枢椎椎弓根置钉的可行性,还能为术中螺钉型号选择以及置钉角度提供建议。本研究中标定圆直径的设置体现了枢椎对螺钉内径容纳情况。测量发现双侧能够容纳直径 4mm 的标定圆共 28 例。对不能容纳直径 4mm 标定圆的病例行更小直径标定圆的测量,可以为手术方式选择开拓思路。此外,椎弓根复合体发育较好的个体,椎弓根置钉的上倾角及内倾角

表 1 内径测量法与 CT 多平面重组法对枢椎椎弓根置钉可行性判定结果比较 (n=77)

内径测量法 Inner diameters measurement		CT多平面重组法 CT multi-planar reformation		P值	Kappa值
		不宜置钉 Placing screw is not feasible	可置钉 Placing screw is feasible	P value	Kappa value
左侧 Left	不宜置钉 Placing screw is not feasible	10	2	0.5	0.770
	可置钉 Placing screw is feasible	0	65		
右侧 Right	不宜置钉 Placing screw is not feasible	19	1	1	0.732
	可置钉 Placing screw is feasible	0	57		

可在一定范围内调整。椎动脉高跨患者,可适度增加上倾角,在不触及椎动脉的范围内选择最优的角度行椎弓根置钉术。

本研究提出的基于椎动脉 CTA 图像针对置钉过程的 CT 多平面重组模拟出螺钉穿越枢椎的横截面,可直观展示出螺钉与椎动脉及椎管等重要解剖结构的位置关系,将椎弓根复合体内径的繁琐测量简化为枢椎对螺钉容纳情况的直观展示,为椎弓根置钉的可行性评估及手术计划提供重要依据。但本研究结果未经临床手术验证,有待进一步研究证实。

4 参考文献

1. Magerl F, Seemann PS. Stable Posterior Fusion of the Atlas and Axis by Transarticular Screw Fixation [M]. In: Kehr P, Weidner A (eds). Cervical Spine I. Vienna: Springer-verlag, 1987. 32-327.
2. 党耕町,王超,闫明,等. 后路寰枢椎侧块钉板固定植骨融合术的临床初探[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(1): 7-10.
3. 王建华,尹庆水,夏虹,等. 对枢椎椎弓根复合体与解剖学椎弓根的认识[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(4): 319-310.
4. 吕耘冰,徐达传. 寰枢椎内固定的应用解剖学进展[J]. 中国临床解剖学杂志, 2006, 24(5): 589-591.
5. Igarashi T, Kikuchi S, Sato K, et al. Anatomic study of the axis for surgical planning of transarticular screw fixation [J]. Clin Orthop Relat Res, 2003, 408: 162-166.
6. Wang JH, Xia H, Ying Q, et al. An anatomic consideration of C2 vertebrae artery groove variation for individual screw implantation in axis[J]. Eur Spine J, 2013, 22(7): 1547-1552.
7. 蔡贤华,江斌,陈庄洪,等. 寰枢椎后路经关节螺钉内固定钉道与椎动脉的解剖学关系研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(9): 692-695.
8. Madawi AA, Casey ATH, Solanki GA. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique[J]. J Neurosurg, 1997, 86(6): 961-968.
9. Chung SS, Lee CS, Chung HW, et al. CT analysis of the axis for transarticular screw fixation of rheumatoid atlantoaxial instability[J]. Skeletal Radiol, 2006, 35(9): 679-638.
10. 沙勇,张绍祥,刘正津,等. 后路经寰枢关节螺钉内固定的枢椎解剖学测量[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(3): 172-175.
11. 闫明,王超,党耕町,等. 经寰椎侧块和枢椎峡部内固定的解剖学基础[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(1): 25-27.
12. 闫明,王超,王圣林. 正常椎动脉解剖特点及其变异概况[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(2): 171-174.
13. 兰永树,李登维,黄新文,等. 寰枢椎病变术前多层螺旋 CT 成像椎弓根钉道设计的价值[J]. 实用放射学杂志, 2008, 24(3): 384-386.
14. 吴强,席新华,胡孔和,等. CT 三维定点坐标法对寰枢椎椎弓根的解剖学测量[J]. 临床医学工程, 2009, 16(12): 11-13.
15. 林达强,李俊峰,陈兴爱,等. 后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定的术前计划[J]. 华西医学, 2009, 24(4): 831-834.
16. 王建华,尹庆水,夏虹,等. 枢椎椎动脉孔解剖分型与椎弓根置钉关系的研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(9): 677-680.
17. 闫明,王超,周海涛,等. 直视枢椎峡部对换枢椎经关节螺钉固定术中寰枢椎侧块置钉的可靠性观察 [J]. 中华医学杂志, 2006, 86(5): 325-328.

(收稿日期:2013-11-06 末次修回日期:2014-02-13)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)

消息

欢迎购阅《中国脊柱脊髓杂志》2013 年合订本

《中国脊柱脊髓杂志》2013 年合订本已装订完成,为精装本(上、下册),定价为 110 元/册,全年共 220 元;另外还有少量 2006~2012 年合订本,均为精装本(上、下册),2006 年定价 180 元/套,2007~2010 年定价 200 元/套,2011~2013 年定价 220 元/套。有需要者请与本刊经理部联系。

联系地址:北京市朝阳区中日友好医院内《中国脊柱脊髓杂志》经理部,邮编:100029。

电话:(010)84205510;E-mail 地址:cspine@263.net.cn。

汇款时请在汇款单上填写收件人详细地址,并注明所需物品及数量。