

枢椎棘突螺钉固定的研究进展

Update on posterior fixation of C2 using spinous process screws

刘观焱¹, 沈 锋², 马维虎¹

(1 宁波市第六医院脊柱外科 315040 浙江省宁波市; 2 宁波大学医学院 310000 浙江省宁波市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.09.11

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-09-0847-04

经关节螺钉、椎弓根螺钉、椎板螺钉和峡部螺钉固定技术是目前主要的枢椎后路内固定方法。Magerl 经关节螺钉固定技术是寰枢固定的经典方法,但具有较高的手术风险^[1-4]。椎弓根螺钉、椎板螺钉和峡部螺钉固定可以解决绝大部分临床问题^[5-10],但对于一些解剖变异,如椎动脉高位骑跨畸形、椎弓根过细、椎板薄等特殊情况则可能无法应用^[11-13]。枢椎椎动脉畸形的发生率可高达 23%^[14-20],在椎动脉高跨状态下,峡部螺钉风险较高;若椎动脉高跨过于严重,则椎弓根螺钉亦无法置入;峡部螺钉的钉道距离短,把持力有限,骨质疏松等情况不适合应用^[9,10,21-24]。在椎弓根变异的同时可能还存在椎板薄的情况,从而导致椎板螺钉也无法使用^[21,22]。Cassinelli 等^[25]通过对尸体枢椎标本的解剖学研究发现,29.5%的枢椎椎板厚度不宜进行螺钉固定。枢椎具有颈椎中最大的棘突,初步临床、解剖学和生物力学研究发现枢椎棘突螺钉固定具有一定的可行性。2004 年 Goel 等^[26]首先报道了临床使用枢椎棘突螺钉固定,未出现任何并发症。枢椎棘突螺钉可以完全在直视下置钉,能避开椎动脉和脊髓,不仅具有一定的生物力学稳定性,而且操作简易,无椎动脉和脊髓损伤风险^[26-29]。笔者对枢椎棘突螺钉固定的研究进展综述如下。

1 枢椎棘突螺钉固定的相关解剖学研究

枢椎棘突是颈椎中最为宽大的,其位于脊柱后柱,相对远离椎动脉和脊髓,棘突三面可以直视。刘观焱等^[30]通过对 30 例枢椎尸体干燥标本测量,发现枢椎棘突平均高度为 12.9mm,枢椎棘突根部厚度为 18.8mm,并由头侧向尾侧呈逐渐增厚趋势,认为枢椎棘突可为螺钉固定提供足够的皮质骨。Dou 等^[31]对 14 具枢椎标本测量发现,枢椎棘突的平均高度在 10.4mm,棘突基底的长度 10mm,采用棘

突螺钉固定具有一定的解剖学可行性。刘观焱等^[32]收集 100 例颈椎 CT 资料,测量枢椎棘突、椎板和椎弓根的解剖学指标,发现枢椎棘突基底部、椎板中段、椎弓根中段宽度和高度分别为 19.5mm、6.1mm、5.8mm 和 13.1mm、12.6mm、5.7mm,枢椎棘突宽度和高度均明显宽于椎板和椎弓根,可见枢椎棘突具有更大的枢椎椎弓根和椎板置钉空间。

刘观焱等^[33]为了比较枢椎棘突螺钉固定和椎弓根螺钉固定的技术难度,通过解剖 10 具颈椎尸体标本,分别随机进行棘突螺钉和椎弓根螺钉固定,结果发现枢椎棘突螺钉未见螺钉置入椎管和劈裂棘突,但椎弓根螺钉有 1 枚螺钉突出椎弓根外侧皮质,侵犯横突孔,枢椎棘突螺钉相对椎弓根螺钉具有更好的解剖学安全性,技术操作相对简单。

2 枢椎棘突螺钉固定的技术

如同颈椎椎弓根螺钉、椎板螺钉和侧块螺钉固定,枢椎棘突螺钉固定也有不同的置钉技术,主要包括:(1)枢椎棘突螺钉垂直固定技术,进钉点为棘突背侧顶点,螺钉方向为垂直置入^[26];(2)枢椎棘突螺钉水平固定技术,进钉点为棘突基底部,椎板与棘突移行处,螺钉方向为向对侧水平植入螺钉^[27];(3)枢椎棘突螺钉斜向固定技术,进钉点为棘突基底部,椎板与棘突移行处,出钉点方向为瞄准对侧枢椎椎板上中 1/3 的背侧^[28,29](图 1)。

Goel 等^[29]对先天性枕颈畸形儿童患者枕颈后路固定时,成功应用枢椎螺钉垂直固定(即枢椎棘突螺钉垂直固定技术)。Nagata 等^[27]报道了在 1 例颈椎不稳的后路固定患者中,在枢椎解剖变异侧(枢椎椎动脉变异椎弓根细小)应用棘突水平螺钉联合对侧椎弓根螺钉固定,手术成功(即枢椎棘突螺钉横向固定技术)。刘观焱等^[28]报道 1 例应用双侧枢椎棘突椎板螺钉(即枢椎棘突螺钉斜向固定)联合寰椎侧块螺钉固定治疗齿状突骨折,该患者枢椎椎弓根和椎板均较薄小,不宜采用常规方法置钉,术后随访寰枢获得融合(即枢椎棘突螺钉斜向固定技术)。此外,高志潮等^[29]报道了 10 例枢椎固定的患者,由于单侧枢椎高位骑跨椎动脉畸形和关节突骨折不宜行枢椎椎弓根螺钉固定,

基金项目:浙江省卫生高层次人才培养工程医坛新秀培养对象(2015 年度);浙江省自然科学基金项目(LY19H060002);宁波市自然科学基金项目(2018A610259)

第一作者简介:男(1982-),外科学博士,研究方向:脊柱外科、肘关节创伤

电话:(0574)87996113 E-mail:18906628697@163.com

通讯作者:马维虎 E-mail:weihu_ma@163.com

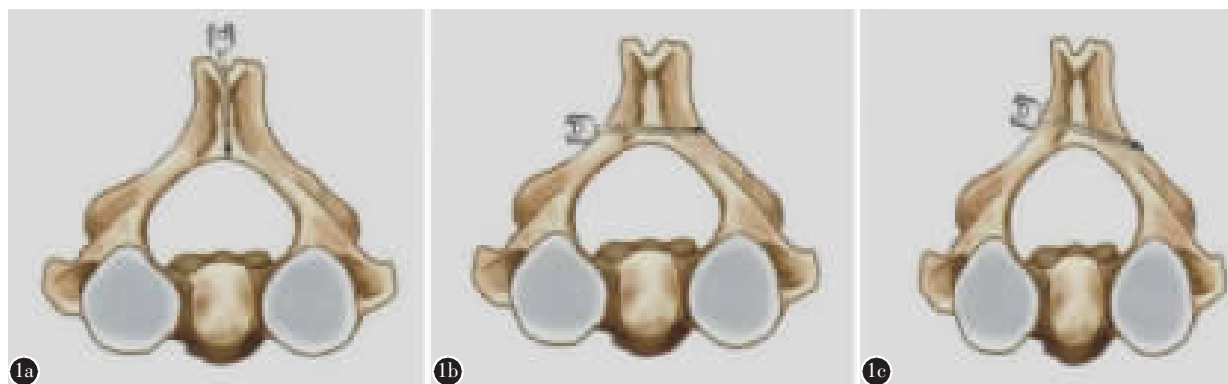


图1 三种枢椎棘突螺钉固定技术 a 垂直固定 b 横向固定 c 斜行固定

在解剖变异侧单侧应用枢椎棘突椎板螺钉斜向固定联合对侧椎弓根螺钉治疗,取得了良好的效果。以上报道的枢椎棘突椎板螺钉固定技术本质上是棘突螺钉的斜向固定法^[28,29,34,35]。

枢椎垂直置钉相对方便,由后侧向前置钉。而斜向和水平置钉可能受到颈椎切口外侧肌肉等软组织阻挡而限制其置钉,特别是水平置钉技术,可能很难达到完全的水平^[26-29]。需要进一步的解剖学研究,比如这三者钉道长度和把持骨质等方面的区别。

3 枢椎棘突螺钉固定的生物力学研究

枢椎棘突螺钉固定于枢椎棘突上,而棘突属于脊柱后柱,这和枢椎椎板螺钉固定类似。椎弓根螺钉由后置入椎体内,属于脊柱三柱固定,其固定生物力学稳定性上应好于枢椎棘突螺钉。刘观焱等^[34]为了比较枢椎棘突螺钉和椎弓根螺钉的生物力学拔出强度,取 8 具新鲜尸体枢椎标本,在椎体两侧随机进行枢椎棘突螺钉和椎弓根螺钉固定,发现枢椎棘突螺钉的平均拔出强度为 387N,稍小于枢椎椎弓根螺钉的平均拔出强度(465N),但两者间差异无统计学意义,认为枢椎棘突螺钉固定具有椎弓根螺钉固定相近的生物力学拔出强度,枢椎棘突螺钉在生物力学上具有应用可行性。Dou 等^[31]也进行了类似的生物力学研究,对 14 具枢椎标本分别进行枢椎椎弓根螺钉、椎板螺钉和棘突螺钉固定,比较抗拔出,三者平均抗拔出分别为 648N、628N 和 755N。

然而,生物力学拔出强度实验是一个静态力学测试,尚需进一步结合寰枢不稳和枕颈不稳模型在寰枢和枕颈固定中探讨棘突螺钉动态稳定性情况,比较枢椎棘突螺钉三种不同置钉方法之间的生物力学差别,否则很难临床推广使用^[35-38]。

4 枢椎棘突螺钉固定的临床应用

由于枢椎椎弓根螺钉固定技术较为成熟,枢椎棘突螺钉尚未大规模使用,仅见临床数例报道。枢椎棘突螺钉手术主要适应证是当椎动脉、椎弓根、椎板等解剖变异、常

规方法置钉失败等因素限制椎弓根螺钉和椎板螺钉等常规固定方法的使用,作为一种补充方法,特别是在解剖变异侧替代固定^[26-29,39,40]。手术禁忌证主要为双侧椎板椎弓骨折、棘突骨折,需要切除棘突等情况无法满足固定要求的情况。2004 年,Goel 等^[26]最早报道了对 11 例患有先天性颅底凹陷症患者使用枢椎棘突螺钉固定,患者年龄 9~28 岁,包括 8 例男性和 3 例女性,所有患者进行了一期前路经口咽减压、后路枕颈固定植骨融合术,术前评估发现枢椎棘突都较为粗大,3D CT 扫描确认棘突的厚度,且决定螺钉置入的最佳位置,术中首先将枢椎棘突所有的韧带肌肉附件和骨膜剥离,应用棘突垂直固定技术置钉,螺钉直径 2.5~2.7mm、长度 8~12mm,3 例患者由于枢椎棘突比较宽厚,在枢椎侧置入 2 枚棘突螺钉,余下 8 例在枢椎一侧应用侧块螺钉,另加 1 枚枢椎棘突螺钉,在枕骨侧应用钢板螺钉或钢丝固定(7 例钢丝,2 例螺钉,2 例枕骨螺钉和钢丝联合固定),固定完成后取髂骨植骨,术后 3 个月颈托固定,所有患者成功达到枕寰稳定;1 例术后发现枢椎棘突螺钉退出,导致一侧钢板钉尾松动,而另一侧钢板牢牢地固定住该区域,未进行二次手术^[41]。

2013 年,Nagata 等^[27]报道了 1 例枢椎棘突螺钉应用于 78 岁女性脊髓型颈椎病患者,术前 CT 扫描显示枢椎右侧椎弓根变异过细,椎板也很薄,CT 血管造影术显示右侧存在椎动脉高位骑跨畸形,不宜进行右侧经关节螺钉固定、枢椎椎弓根螺钉和椎板螺钉固定,但是枢椎棘突宽度为 13mm、高度为 14mm,最后选择使用右侧枢椎棘突螺钉水平固定,螺钉直径 3.5mm,双层皮质固定,枢椎左侧行椎弓根螺钉固定,术后随访未见螺钉退出固定失败。

刘观焱等^[28]成功应用 1 例双侧枢椎棘突椎板螺钉联合寰椎侧块螺钉固定治疗齿状突骨折,该患者枢椎椎弓根和椎板均较薄小,不宜常规方法置钉,术后随访寰枢获得融合。高志潮等^[29]报道了 10 例单侧枢椎棘突椎板螺钉联合对侧椎弓根螺钉治疗合并枢椎单侧椎动脉高位骑跨椎弓根过细不宜行椎弓根螺钉固定患者,取得了良好效果。枢椎棘突椎板螺钉其主要螺钉把持部分位于棘突内,进钉点为棘突基底部,椎板与棘突移行处,出钉点为对侧枢椎

椎板中上 1/3 的背侧,置钉方法归为枢椎棘突螺钉斜向置钉法^[35]。

枢椎棘突螺钉固定作为一种代替性枢椎后路固定方法,具有一定的手术适应证,适用于异常的椎弓根、椎板解剖,常规椎弓根螺钉和椎板螺钉无法应用时^[26-29,39,40]。但是,枢椎棘突螺钉固定也具有先天固有的缺陷,比如枢椎棘突螺钉属于单纯后柱固定,不适用于 Hangman 骨折或枢椎棘突骨折的患者。在枢椎斜向和垂直置入棘突螺钉时,仍有可能置入椎管。在置入水平棘突螺钉时可能因为外侧皮肤软组织阻挡导致水平置钉困难,可能需要扩大切口或经皮穿孔等方法解决。此外,枢椎棘突一般常规作为植骨放置地方之一,棘突螺钉固定后可能会影响植骨面积^[31,41]。

总之,枢椎棘突螺钉固定不作为 C2 常规固定的选择,但在某些情况下,可作为一种补救措施。对于枢椎棘突螺钉固定,仍有很多问题需要进一步研究,比如枢椎棘突螺钉三种置钉技术虽均已临床使用,但生物力学上的区别尚未知。此外,枢椎棘突螺钉单侧使用联合对侧椎弓根螺钉固定与常规双侧枢椎椎弓根螺钉固定的生物力学稳定性区别如何也尚未见研究报道。

5 参考文献

- Weng C, Tian W, Li ZY, et al. Surgical management of symptomatic os odontoideum with posterior screw fixation performed using the magerl and harms techniques with intraoperative 3-dimensional fluoroscopy-based navigation[J]. Spine, 2012, 37(21): 1839-1846.
- Rajinda P, Towiwat S, Chirappapha P. Comparison of outcomes after atlantoaxial fusion with C1 lateral mass-C2 pedicle screws and C1-C2 transarticular screws [J]. Eur Spine J, 2017, 26(4): 1064-1072.
- Xu T, Guo Q, Liu Q, et al. Biomechanical evaluation of a novel integrated c1 laminar hook combined with C1-C2 transarticular screws for atlantoaxial fusion: an in vitro human cadaveric study[J]. World Neurosurg, 2016, 92: 133-139.
- Du JY, Aichmair A, Kueper J, et al. Biomechanical analysis of screw constructs for atlantoaxial fixation in cadavers: a systematic review and meta-analysis [J]. J Neurosurg Spine, 2015, 22(2): 151-161.
- Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note [J]. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(2): 158-162.
- Wang MY. Cervical crossing laminar screws: early clinical results and complications[J]. Neurosurgery, 2007, 61(5): 311-315.
- Singh PK, Garg K, Sawarkar D, et al. Computed tomography-guided C2 pedicle screw placement for treatment of unstable hangman fractures[J]. Spine, 2014, 39(18): E1058-1065.
- Wang J, 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.
- 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, 2014, 39(1): E12-19.
- Papagelopoulos PJ, Currier BL, Hokari Y, et al. Biomechanical comparison of C1-C2 posterior arthrodesis techniques[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2007, 32(13): E363-370.
- Lau SW, Sun LK, Lai R, et al. Study of the anatomical variations of vertebral artery in C2 vertebra with magnetic resonance imaging and its application in the C1-C2 transarticular screw fixation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2010, 35(11): 1136-1143.
- Jea A, Sheth RN, Vanni S, et al. Modification of Wright's technique for placement of bilateral crossing C2 translaminar screws: technical note[J]. Spine J, 2008, 8(4): 656-660.
- Wang MY. Cervical crossing laminar screws: early clinical results and complications[J]. Neurosurgery, 2007, 61(5): 311-315.
- Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, et al. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique[J]. J Neurosurg, 1997, 86(6): 961-968.
- Abou MA, Solanki G, Caset AT, et al. Variation of the groove in the axis vertebra for the vertebral artery: implication for instrumentation[J]. J Bone Joint Surg Br, 1997, 79(5): 820-823.
- Jun BY. Anatomic study for ideal and safe posterior C1-2 transarticular screw fixation[J]. Spine, 1998, 23(15): 1703-1707.
- Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation[J]. J Neurosurg, 1996, 85(2): 221-224.
- Elliott RE, Tanweer O, Boah A, et al. Comparison of screw malposition and vertebral artery injury of C2 pedicle and transarticular screws: meta-analysis and review of the literature[J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(6): 305-315.
- Yeom JS, Buchowski JM, Kim HJ, et al. Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws[J]. Spine J, 2013, 13(7): 775-785.
- Sahoo S, Salunke P, Garg R. Unusual case of C2 subisthmus vertebral artery with atlantoaxial dislocation: persistent second cervical intersegmental artery[J]. World Neurosurg, 2018, 115: 154-156.
- Lehman RA Jr, Dmitriev AE, Helgeson MD, et al. Salvage of C2 pedicle and pars screws using the intralaminar technique: a biomechanical analysis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2008, 33(9): 960-965.
- Sinha S, Jagetia A, Shankar R. C2 intralaminar (crossing/ipsilateral) fixation as a bailout procedure for failed transpedicular/pars interarticularis screw placement [J]. Acta Neurochir(Wien), 2012, 154(2): 321-323.
- Salunke P, Sahoo SK, Krishnan P, et al. Are C2 pars-pedi-

- cle screws alone for type II Hangman's fracture overrated[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2016, 141: 7-12.
24. Chun DH, Yoon DH, Kim KN, et al. Biomechanical comparison of four different atlantoaxial posterior fixation constructs in adults: a finite element study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2018, 43(15): E891-E897.
25. Cassinelli EH, Lee M, Skalak A, et al. Anatomic considerations for the placement of C2 laminar screws [J]. Spine, 2006, 31(24): 2767-2771.
26. Goel A, Kulkarni AG. Screw implantation in spinous process for occipitoaxial fixation [J]. J Clin Neurosci, 2004, 11 (7): 735-737.
27. Nagata K, Baba S, Chikuda H, et al. Use of C2 spinous process screw for posterior cervical fixation as substitute for laminar screw in a patient with thin laminae [J]. BMJ Case Rep, 2013, 2013. pii: ber2013009889.
28. 刘观葵. 改良枢椎椎板螺钉联合寰椎侧块螺钉固定治疗齿状突骨折一例报道[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(2):186-187.
29. 高志朝, 王梅, 王大勇, 等. 后路寰枢椎椎弓根螺钉结合单侧枢椎棘突椎板钉固定治疗寰枢椎不稳的临床疗效[J]. 中华骨科杂志, 2015, 35(05): 503-510.
30. 刘观葵, 徐荣明, 马维虎, 等. 枢椎后路棘突螺钉固定技术及其解剖学研究[J]. 中华外科杂志, 2010, 48(21): 1653-1656.
31. Dou N, Lehrman JN, Newcomb AGUS, et al. A novel C2 screw trajectory: preliminary anatomic feasibility and biomechanical comparison[J]. World Neurosurg, 2018, 113: e93-e100.
32. 刘观葵, 叶鹏翰, 张峰. 枢椎棘突、椎板和椎弓根的 CT 测量[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2013, 28(5): 401-402.
33. 刘观葵, 徐荣明, 马维虎, 等. 枢椎棘突螺钉与椎弓根螺钉的解剖学比较[J]. 中国骨伤, 2011, 24(8): 61-63.
34. 刘观葵, 徐荣明, 马维虎, 等. 枢椎棘突螺钉与椎弓根螺钉固定的生物力学比较[J]. 中华创伤骨科杂志, 2012, 14(4): 318-320.
35. 刘观葵, 徐荣明, 马维虎, 等. 枢椎棘突椎板螺钉固定技术及其解剖学研究[J]. 中华外科杂志, 2011, 49(2): 162-165.
36. Gu J, Lei W, Xin Z, et al. Occiput-axis crossing translaminar screw fixation technique using offset connectors: an in vitro biomechanical study[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2018, 169: 49-54.
37. Gabriel JP, Muzumdar AM, Khalil S, et al. A novel crossed rod configuration incorporating translaminar screws for occipitocervical internal fixation: an in vitro biomechanical study [J]. Spine J, 2011, 11(1): 30-35.
38. Sim HB, Lee JW, Park JT, et al. Biomechanical evaluations of various C1-C2 posterior fixation techniques[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(6): E401-E407.
39. 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.
40. Singh B, Cree A. Laminar screw fixation of the axis in the pediatric population: a series of eight patients [J]. Spine J, 2015, 15(2): e17-25.
41. Goel A. C2 Spinous process screws [J]. World Neurosurg, 2018, 116: 476.

(收稿日期:2019-04-30 末次修回日期:2019-07-10)

(本文编辑 卢庆霞)