doi:10.11659/jjssx.04E018093

·临床研究·

术中锥束 CT 辅助下脊柱侧凸畸形椎弓根螺钉置入的精确性及安全性

赵阳阳[1,2],谢雁春[1],李 卓[1],张 猛[1],刘国利[1],于海龙[1] (1.沈阳军区总医院骨科,辽宁 沈阳 110016;2.大连医科大学研究生院,辽宁 大连 116044)

[摘 要] **目的** 评估术中锥束 CT 辅助下脊柱侧凸畸形矫形椎弓根置钉的精确性和安全性。**方法** 收集 2014 年 3 月至 2017 年 3 月在我院行手术治疗的 28 例脊柱侧凸畸形患者,术中行锥束 CT 扫描观察椎弓根螺钉位置和椎弓根破坏情况,术后复查传统 CT 评价螺钉植入的精确性及安全性。**结果** 28 例脊柱侧凸畸形患者均顺利完成手术,共置入椎弓根螺钉总数为 402 枚;根据 Gertzbein-Robbins 分级:0 级 377 枚,1 级 13 枚,2 级 8 枚,3 级 4 枚,4 级 0 枚;术中根据锥束 CT 扫描图像进行位置修正的螺钉共 64 枚,术后无患者出现神经及血管损伤症状。**结论** 术中锥束 CT 扫描能够提高脊柱侧凸畸形矫形手术中的椎弓根置钉的精确性,减少术中神经损伤等并发症的发生。

[关键词] 脊柱侧凸畸形;椎弓根;术中 CT;内固定

[中图分类号] R687.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2018-04-13

Accuracy and safety of pedicle screw placement for spinal deformity under intraoperative CT-assisted

ZHAO Yang-yang[1,2], XIE Yan-chun[1], LI Zhuo[1], ZHANG Meng[1], LIU Guo-li[1], YU Hai-long[1] (1. Department of Orthopedic, General Hospital of Shenyang Military Region, Shenyang Liaoning 110016, China; 2. Graduate School, Dalian Medical University, Dalian Liaoning 116044, China)

Abstract: Objective To evaluate the accuracy and safety of pedicle screw placement for spinal deformity under intraoperative CT-assisted. **Methods** The clinical data of 28 patients with spinal deformity, who underwent intraoperative CT-assisted placement of pedicle screws in our hospital from March 2014 to March 2017, were analyzed retrospectively. Intraoperative CT-assisted placement of pedicle screws was to observe the position of pedicle screws and adjust the screw position. The safety of pedicle screw fixation was assessed by the postoperative complications. **Results** All 28 patients of scoliosis were successfully performed surgery. A total of 402 pedicle screws were placed in the spines and the placements of 64 screws of them were adjusted according to intraoperative CT findings. Of 402 screws, 377 were placed in the pedicles, 13 by grade 1 pedicle breach, 8 by grade 2 pedicle breach and 4 by grade 3 pedicle breach according to Gertzbein-Robbins classification of pedicle screw placement accuracy. No complication was directly related to the screws placement. No patient required reoperation due to the misplacement of the pedicle screws. **Conclusion** Intraoperative cone-beam CT scan can help the surgeon improve the accuracy and safety of pedicle screw placement for spinal deformity with less complication.

Keywords: scoliosis; vertebral pedicle; intraoperative CT; internal fixation

[基金项目] 辽宁省自然科学基金计划重点项目(20170540958);2015 全军医学科技青年培育项目计划(15QNP004)

[6] 双 峰,唐家广,侯树勋,等.极外侧型腰椎间盘突出症椎旁肌间隙入路与后正中入路的病例对照研究[J].中国骨伤,2014,27(9):734-737.doi:10.3969/j.issn.1003-0034.2014.09.007.

[7] 郭振鹏,温国宏,尚 晖,等.Quadrant 通道系统 TLIF 与传统 TLIF 方法治疗腰椎间盘突出症的效果比较[J].中国医药导报,2016,13(12):97-100.

[8] 米盼盼,陈胜乐,许雅芳,等.经皮椎间孔镜椎间盘切除术对单阶段腰椎间盘突出患者 ODI、MacNab 优良率、Lehmann 腰椎功能的影响[J].中国医药导报,2018,15(3):56-57.

[9] 苏文珍,林永杰,孙立民,等.体外冲击波与传统方法治疗腰椎间盘突出症疗效比较[J].医学与哲学,2014,7(10):30-32.

[10] 林舜艳,尹正录,高 巨,等.针药复合麻醉对老年患者术后早期认知功能障碍及炎性细胞因子 TNF-α、IL-1β、IL-6 的影响[J].中国中西医结合杂志,2014,34(7):795-799.

[11] 高浩然,韩 康,卞 娜,等.经皮椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症临床疗效观察[J].现代生物医学进展,2015,15(11):2134-2137.

[12] 刘艳兵,孙先泽,宫 瑞,等.两种手术方式治疗腰椎间盘突出症的疗效分析[J].临床骨科杂志,2017,20(1):13-16.

[13] 柳百炼,熊 鹰,顾 邵,等.经皮椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症的临床效果[J].实用医学杂志,2015,41(6):981-983.

[14] 王自洲,崔 波,田德宇,等.经皮椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出伴钙化的临床效果[J].局解手术学杂志,2018,27(1):32-36.doi:10.11659/jjssx.11E017004.

[15] 段丽群,张文志,刘鹏飞,等.经皮椎间孔镜技术治疗极外侧型腰椎间盘突出症[J].颈腰痛杂志,2016,37(3):214-218.

(编辑:左艳芳)

椎弓根内固定矫形技术因具有较强的把持力及椎体去旋转能力已广泛应用于脊柱侧凸畸形矫形手术[1-3],然而椎弓根解剖位置毗邻脊髓、神经根及血管等重要结构,且脊柱畸形患者椎弓根尺寸及方向存在较大差异,故脊柱侧凸畸形椎弓根置钉具有较大的手术风险[4-6],因此椎弓根置钉的安全性非常重要。传统置钉方法是基于椎弓根解剖结构和术中 X 射线透视来帮助术者判断置钉位置,但此方法用于脊柱侧凸畸形矫形手术存在一定的局限性。近年来随着锥束 CT 扫描技术在骨科手术的广泛应用,脊柱椎弓根内固定技术的准确性及安全性进一步提高。有学者报道术中锥束 CT 扫描能精确评估椎弓根螺钉的位置,提高术中椎弓根置钉的准确性[7],但目前锥束 CT 扫描对于提高脊柱侧凸畸形椎弓根置钉位置准确性的专项研究未见报道。本文分析总结了我科 28 例脊柱侧凸畸形患者在术中锥束 CT 辅助下行椎弓根置钉的经验,评估了术中锥束 CT 在脊柱侧凸畸形椎弓根置钉的精确性和安全性。

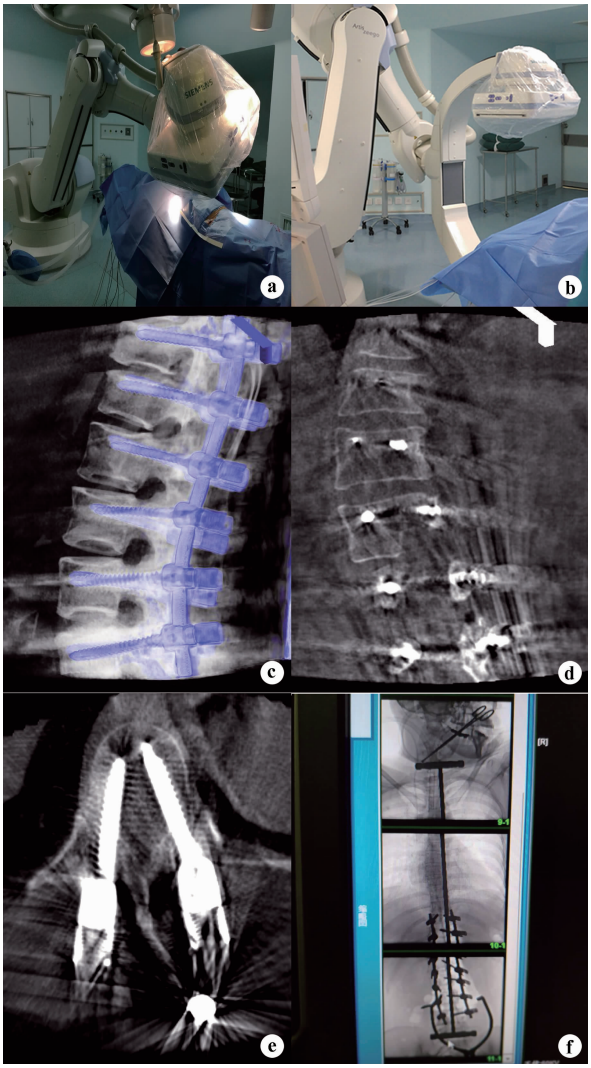
1 资料与方法

1.1 临床资料

选取 2014 年 3 月至 2017 年 3 月我院收治的行后路椎弓根螺钉固定矫形的 28 例脊柱侧凸畸形患者作为研究对象。其中男 10 例、女 18 例;年龄 17 ~ 68 岁,平均 38.2 岁;神经纤维瘤病 4 例,先天性脊柱侧凸畸形 12 例,特发性脊柱侧凸畸形 12 例;胸弯 15 例,胸腰弯 3 例,腰弯 10 例;术前主弯 Cobb 角 38° ~ 124°。所有患者既往均无脊柱手术史。所有患者术前均行肺功能及骨密度监测,其中 8 例患者因肺通气功能减低行 Halo 重力轮椅牵引治疗 1 个月。

1.2 方法

患者全麻成功后行俯卧位,首先用 ArtisZeego 系统行锥束 CT 扫描(图 1a、b),根据 CT 扫描图像测量椎弓根及椎体旋转角参数以确定每枚椎弓根螺钉直径、最佳置入方向及深度。然后经脊柱后方入路,沿双侧骨膜下剥离,显露拟固定椎体的椎板、关节突关节。应用 Parker 等[8]介绍的方法,根据解剖学标志确定螺钉进钉点。凿开进钉点后,根据 CT 扫描图像所测量的椎弓根方向将开路锥插入椎弓根。建立钉道后,用球探探查钉道四壁及底部是否完整,置入标记探针,进行 X 射线透视或术中 CT 扫描,确认钉道位置良好后,进行螺钉植入。再次 CT 扫描确定螺钉位置。如果螺钉位置不满意,需进一步调整穿刺点或钉道,换用较粗螺钉,根据 CT 影像修正螺钉方向或深度,再一次或多次行 CT 扫描,直至螺钉位置满意为止,术中全程采用肢体感觉及运动诱发电位监测(图 1)。



a、b:在杂交手术室,术中 ArtisZeego 系统围绕患者旋转预扫描;c、d:脊柱侧凸畸形椎弓根内固定术中置钉后锥束 CT 扫描固定节段的矢状位及冠状位图像;e:术中锥束 CT 扫描轴位图像显示椎弓根螺钉位置良好,未穿破骨壁;f:术中 ArtisZeego 系统下 SINGLE 模式图像评估矫形后脊柱整体冠状位平衡情况

图 1 术中锥束 CT 辅助下脊柱侧凸畸形椎弓根螺钉置入

1.3 精确性评估与安全性评估

术后对所有患者固定节段行螺旋 CT 扫描,所得图像分别由 2 位骨科副主任医师在 PACS 系统上通过 Pacs Client 软件采用 Gertzbein 分级系统[9]评估螺钉位置和椎弓根破坏情况:螺钉完全在椎弓根内为 0 级;螺钉穿破椎弓根骨壁小于 2 mm 为 1 级;螺钉穿破椎弓根骨壁 2 ~ 4 mm 为 2 级;螺钉穿破椎弓根骨壁 4 ~ 6 mm为 3 级;螺钉穿破椎弓根骨壁大于 6 mm 为 4 级。不良置钉定义为椎弓根螺钉穿破椎弓根内、外壁或椎体前缘的距离超过 2 mm[10-11]。同时统计术中或术后与椎弓根螺钉置入相关的并发症,具体包括神经根损

伤、脊髓损伤、硬脊膜撕裂、椎弓根骨折、螺钉松动拔出、断钉及假关节形成等。

2 结果

2.1 脊柱侧凸畸形椎弓根置钉精确性分析

28 例脊柱侧凸畸形患者均顺利完成手术,共置入椎弓根螺钉总数为 402 枚,平均每例患者置入 14.4 枚螺钉;胸椎置钉 234 枚、腰椎置钉 168 枚。根据 Gertzbein-Robbins 分级 0 级 377 枚,1 级 13 枚,2 级 8 枚,3 级 4 枚,4 级 0 枚,不良置钉 12 枚(表 1),术中根据锥束 CT 扫描图像进行位置修正的螺钉共 64 枚。

表 1 椎弓根螺钉置钉 Gertzbein 分级结果

部位	0 级(枚)	1 级(枚)	2 级(枚)	3 级(枚)	4 级(枚)	总计(枚)	不良置钉率(%)
胸椎	215	10	6	3	0	234	3.8
腰椎	162	3	2	1	0	168	1.8

2.2 脊柱侧凸畸形椎弓根置钉安全性分析

1 例患者在脊柱凸侧加压矫正过程中出现运动电位消失,术中调整责任节段椎弓根螺钉后运动电位恢复,术后无一例患者因椎弓根螺钉误置行二次手术调整钉位,也未发生椎弓根置钉导致的神经、血管及食管和肺部的损伤等并发症。

3 讨论

椎弓根螺钉固定与传统的内固定器械相比具有更强的把持力,可以减少融合节段,降低术后假关节形成率以及矫正冠状面畸形效果更好[12-13],因此成为了目前较为广泛使用的脊柱内固定技术。但由于椎弓根的解剖位置毗邻神经、血管及重要脏器,所以椎弓根螺钉一旦误置将会出现严重的并发症[14-15]。Di Silverstre 等[5]总结了一组后路手术病例,置入椎弓根螺钉 1 035 枚,并发症包括椎弓根断裂、胸腔积液、神经及主动脉损伤等。翁习生等[6]报道椎弓根置钉的术后并发症发生率为 15%。Kosmopeulos 等[16]对 130 篇相关文献行 Meta 分析后统计胸椎的不良置钉率为 3.5% ~72.4%,腰椎的不良置钉率为 2.5% ~40.0%。

对于脊柱侧凸畸形的患者而言,椎体的畸形旋转、椎旁结构位置的变化及椎弓根发育的不对称都造成椎弓根置钉的难度增加,损伤神经及血管损伤的风险进一步增大。Belmont 等[17]对脊柱畸形和不伴有脊柱畸形患者的椎弓根螺钉置入精确性进行了研究,发现脊柱畸形患者椎弓根置入的准确率明显低于无脊柱畸形患者,目前文献中对伴有脊柱畸形患者的椎弓根螺钉置入精确性、安全性报道较少,笔者结合以往文献及本组临床资料分析了对于脊柱侧凸畸形椎弓根置钉的危险因素总结为以下两点:①由于脊柱在冠状面上向凸侧的偏移,导致脊髓在椎管内的位置偏向脊椎的凹侧从而造成凹侧硬膜外安全空间的减小,一旦凹侧椎弓根发生置钉不良时更容易损伤相应脊髓及神经根[18];②对于主胸弯伴椎体旋转,脊柱双侧椎弓根出现自身发育及置钉方向的不对称,同时相应节段椎体前方相邻的大血管及食道等结构亦产生移位,并且凸侧胸腔容积降低后使得椎体与凸侧胸腔和肺间距缩短,这些病理改变均增加了胸椎椎弓根置钉的难度与风险,一旦置钉出现偏差即可造成神经、血管及肺的损伤[19]。对于上述脊柱侧凸畸形椎弓根置钉的危险因素,笔者提出以下几点建议:①对于椎弓根发育不对称及椎体旋转的病例,螺钉进针点及置钉方向存在偏移,所以置钉时应进行个体化分析,术前应在 CT 断层扫描图像上测量出双侧椎弓根直径和置入螺钉的最佳长度及方向,从而避免置钉致内外骨壁破损,同时减少手术并发症,缩短手术时间;②对于重度先天性脊柱侧凸畸形伴胸廓发育畸形的患者,置钉前可先行椎板开窗以确定好椎弓根进钉点并探查好椎弓根内缘和下缘边界后再行螺钉置入;③脊椎凹侧椎弓根横径发育较小而且椎管内走行的脊髓和神经根都会向凹侧偏移,因此凹侧置钉时增加了脊髓和神经根损伤的风险,所以保证矫形效果的前提下应该在凹侧椎弓根适当减少置钉,而在凸侧适当增加置钉以避免置钉时神经损伤[18];④由于置入螺钉的数目越多,发生误置的绝对数就会越多,以往的研究发现椎弓根置钉密度与螺钉矫形能力及术后外观无相关性,因此应该在保证矫正效果的前提下,尽量减少置钉以此降低并发症的发生率[20-23]。

除以上几点建议外,我们认为相对于传统术中 X 射线透视,术中锥束 CT 辅助下脊柱侧凸畸形椎弓根置钉可以进一步提高置钉的准确性。虽然术中 X 射线透视在显示脊柱侧凸畸形的整体平衡性及螺钉位置上有重要的作用,但是 X 射线判断螺钉在椎弓根内位置的准确性相对较差,准确性为 CT 的 10% ~83%,同时在检出椎弓根内侧壁穿破方面,CT 的检出率是 X 射线片的 10 倍[24-25],所以对于脊柱侧凸畸形椎弓根固定矫形技术而言,单纯依靠传统的 X 射线检测无法满足精确性置钉的要求。本研究中 ArtisZeego 系统锥束 CT 主要采用 X 射线发生器投照锥形射线束,围绕投照体旋转后得到影像数据交由计算机处理重建,显现出二维或三维图像[26],此系统初期主要应用于神经介入、心脏血管介入等领域,近年来逐渐被运用于非神经血管介入手术及骨科手术,我们发现术中 CT 扫描

不仅可以测量椎弓根直径、深度及方向,同时在脊柱侧弯矫正后可以为螺钉位置的评判提供多种角度的观察,准确地判断螺钉在椎弓根及椎体内的位置,还可以在 SINGLE 图像模式下观察脊柱矫形后整体平衡性,具有重要的临床指导价值。置钉后术者可以通过术中 CT 扫描成像清晰地观察到螺钉与椎弓根的位置关系,对于位置不满意的螺钉可以进一步调整,直至达到满意位置。患者术后均行 CT 检查确定螺钉在椎弓根内的位置,记录螺钉穿透骨壁的位置、数目和距离。总之,术中锥束 CT 辅助下脊柱侧凸畸形椎弓根螺钉固定技术精确性和安全性较高,可帮助术者纠正位置不良的螺钉,降低脊柱侧凸畸形置钉的风险及术后再次翻修手术率。

[参考文献]

[1] Botolin S, Merritt C, Erickson M. Aseptic loosening of pedicle screw as a result of metal wear debris in a pediatric patient[J]. Spine(Phila Pa 1976),2013,38(1):E38-42.

[2] Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? [J]. Spine, 2004, 29(3):333-342.

[3] Suk SI, Kim JH, Kim SS, et al. Pedicle screw instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis(AIS)[J]. Eur Spine J, 2012, 21(1):13-22. doi:10.1007/S00586-011-1986-0.

[4] Carbone JJ, Tonolani PJ, Quartararo LG. Fluoroscopically assisted pediele screw fixation for thoracic and thoracolumbar injuries: technique and short-term complications[J]. Spine, 2003, 28(1), 91-97.

[5] Di Silvestre M, Parisini P, Lolli F, et al. Complications of thoracic pedicle screws in seoliosis treatment[J]. Spine, 2007, 32(15): 1655-1661.

[6] 翁习生,邱贵兴,张 嘉,等. 椎弓根内同定技术的并发症分析[J]. 中国医学科学院学报,2002,24(3):294-297.

[7] Cordeman V, Kaminski L, Banse X, et al. Accuracy of a new intraoperative cone beam CT imaging technique(Artis zeego II) compared to postoperative CT scan for assessment of pedicle screws placement and breaches detection[J]. Eur Spine J, 2017, 26(11):2906-2916. doi:10.1007/s00586-017-5139-y.

[8] Parker SL, McGirt MJ, Farber SH, et al. Accuracy of freehand pedicle screws in the thoracic and lumbar spine: analysis of 6816 consecutive screws[J]. Neurosurgery, 2011, 68:170-178.

[9] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo[J]. Spine, 1990, 15(1): 11-14.

[10] Senaran H, Shah SA, Gabos PG, et al. Difficult thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scolisis[J]. J Spine Disord Tech, 2008, 21(3):187-191.

[11] Abul Kasim K, Ohlin A. The rate of screw misplacement in segmental pedicle Screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Acta Orthop, 2011, 82(1):50-55.

[12] Verlaan JJ, Dhert WJ, Oner FC. Intervertebral disc viability after burst fractures of the thoracic and lumbar spine treated with pedicle screw fixation and direct end-plate restoration[J]. Spine, 2013, 13(3): 217-221.

[13] Min K, Sdzuy C, Farshad M. Posterior correction of thoracic adolescent idiopathic scoliosis with pedicle screw instrumentation: results of 48 patients with minimal 10-year follow-up[J]. Eur Spine J, 2013, 22(2):345-354.

[14] Yoshihara H, Passias PG, Errico TJ. Screw-related complications in the subaxial cervical spine with the use of lateral mass versus cervical pedicle screws: a systematic review[J]. J Neurosurg Spine, 2013, 19(5): 614-623.

[15] Nakashima H, Yukawa Y, Imagama S, et al. Complications of cervical pedicle screw fixation for nontraumatic lesions: a multicenter study of 84 pstients[J]. J Neurosurg Spine, 2012, 16(3):238-247.

[16] Kosmopeulos V, Sohizas C. Pediele screw placement accuracy: a meta-analysis[J]. Spine, 2007, 32(3):E111-E120.

[17] Belmont PJ Jr, KIenlnle WR, Robinson M, et al. Accuracy of thoracic pedicle screw in patients with and without coronal plane spinal deformities[J]. Spine, 2002, 27:1558-1566.

[18] 邱 勇. 特发性胸椎脊柱侧凸矫形椎弓根螺钉误置的危险因素[J]. 脊柱外科杂志,2010,8(2):65-66. doi:10.3969/j.issn.1672-2957.2010.02.001.

[19] Suk S, Kim WJ, Lee SM, et al. Thotacic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(18):2049-2057.

[20] Bhaucha NJ, Lonner BS, Auerbach JD, et al. Low-density versus high-density thoracic pedicle screw constructs in adolescent idiopathic scoliosis: do more screws lead to a better outcome? [J]. Spine J, 2013, 13(4):375-381.

[21] Gebhart S, Alton TB, Bompadre V, et al. Do anchor density or pedicle screw density correlate with short-term outcome measures in adolescent idiopathic scoliosis surgery? [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(2):E104-E110.

[22] Chen J, Yang C, Ran B, et al. Correction of Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis uing pedicle screw instrumentation: does implant density influence the correction? [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(15):E946-E951.

[23] Salmingo RA, Tadano S, Fujisaki K, et al. Relationship of forces acting on implant rods and degree of scoliosis correction[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2013, 28(2):122-128.

[24] Farber GL, Place HM, Mazur RA, et al. Accuracy of pedicle srew placement in lumbar fusion by plain radiographs and computed tomography[J]. Spine, 1995, 20(13):1494-1499.

[25] Kim Y J, LenkeLG, Bridwell K H, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? [J]. Spine, 2004, 29(3):333-342.

[26] 鞠 昊,朱红华,段 涛,等. CBCT 的基本原理及在口腔各科的应用进展[J]. 医学影像学杂志,2015,25(5):907-909.

(编辑:左艳芳)