

论床论著

低龄儿童脊柱侧凸矫正术中椎弓根螺钉
置入的精确性和安全性评估

朱 锋, 邱 勇, 王 斌, 俞 杨, 朱泽章, 钱邦平, 马薇薇, 张 兴

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:评估 10 岁及以下脊柱侧凸患儿侧凸矫正术中椎弓根螺钉置入的精确性及安全性,并分析其相关影响因素。**方法:**回顾性分析 2008 年 2 月~2008 年 7 月我院收治的行后路椎弓根螺钉固定的 10 岁及以下脊柱侧凸 41 例患儿的临床资料,所有患者术前、术后均行 CT 检查,男 26 例,女 15 例,年龄 2~10 岁,平均 5.4 岁。先天性脊柱侧凸 36 例,特发性脊柱侧凸 2 例,神经肌肉源性脊柱侧凸 2 例,先天性软骨发育不全伴脊柱侧凸 1 例。术中根据解剖标志徒手置入椎弓根螺钉。在 PACS 系统上通过 Pacs Client 软件测量螺钉尖距椎弓根内壁、外壁、上壁、下壁以及椎体前缘的距离。若左侧椎弓根螺钉突破椎弓根外壁或椎体前缘,测量钉尖与主动脉的距离。根据椎弓根螺钉所在位置(节段、凹凸侧、脊椎发育是否异常)分析其破壁率差别。不良置钉定义为椎弓根螺钉突破椎弓根内、外壁或椎体前缘的距离超过 2mm,和椎弓根螺钉进入椎间孔或突破终板进入椎间盘。**结果:**本组病例共置入 242 枚椎弓根螺钉,胸椎 128 枚,腰椎 114 枚,平均每例患者置入 5.8 枚螺钉。螺钉完全在椎弓根内 208 枚,占 86.0%。破壁 34 枚(占 14.0%),其中不良置钉 18 枚(占 7.4%),18 枚中有 5 枚突破外壁,8 枚突破内壁,5 枚突破椎体前缘。形态异常椎和凹侧的椎弓根螺钉的破壁率较高(分别为 24.1%和 17.9%)。术中一枚螺钉拔出,未出现其他螺钉置入相关并发症。突破椎体前缘螺钉距离主动脉距离平均 2.3mm。**结论:**10 岁及以下儿童椎弓根螺钉的徒手置入有较高的精确性和安全性,但在发育不良椎体及凹侧置钉时应谨慎。

【关键词】椎弓根螺钉;儿童;CT 扫描;并发症;脊柱侧凸

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2011.09.03

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2011)-09-0714-05

Safety and accuracy of pedicle screw placement in pediatric patients with spinal deformity/ZHU Feng, QIU Yong, WANG Bin, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(9): 714-718

【Abstract】Objective:To investigate the safety and accuracy of pedicle screw placement in pediatric scoliosis patients and its possible risk factors.**Methods:**Forty one consecutive cases from Feb. 2008 to Jul. 2008 undergoing posterior pedicle screw instrumentation were retrospectively reviewed. There were 15 girls and 26 boys, with a mean age of 5.4 years at surgery (range, 2-10 years). The diagnoses included congenital scoliosis ($n=36$), idiopathic scoliosis ($n=2$), neuromuscular scoliosis ($n=2$), scoliosis associated with achondroplasia ($n=1$). Free-hand pedicle screw placement was performed based on the anatomic landmark. Postoperative CT scans were performed in all cases. The extent of medial, lateral and anterior perforation were measured using Pacs Client software (PACS). The distance between aorta and screw tip was measured if the left pedicle screw penetrated lateral wall or anterior vertebral cortex. The misplacement was defined as pedicle screws breaking medial, lateral, anterior vertebral cortex more than 2mm or perforating endplate and neural foramen. **Result:**A total of 242 pedicle screws were inserted, 128 in thoracic spine and 114 in lumbar area, with an average of 5.8 screws for each patient. 208 screws (86.0%) were sited completely in pedicle. 18 screw malposition was noted (breaking more than 2mm), 5 of which penetrated lateral pedicle cortex, 8 penetrated medial pedicle cortex, and 5 penetrated vertebral anterior cortex. The vertebra with malformation or at the concave side had higher perforation rate (24.1% and 17.9% respectively). The mean distance between the screw tip and the anterior wall was 2.3mm for eight screws breaking the anterior wall. Screw loosening occurred in one patient.

基金项目:江苏省创新学者攀登项目(编号:BK2009001)

第一作者简介:男(1977-),副主任医师,研究方向:脊柱外科 电话:(025)83105113, E-mail:spine@vip.sina.com

通讯作者:邱勇 E-mail:scoliosis2002@sina.com.cn

Conclusions: For children less than 10 years old, free-hand screw placement is of high accuracy and safety; however the vertebra with malformation or at the concave side should be paid attention.

【Key words】 Pedicle screw; Pediatric; Spinal deformity; Complication; Spinal deformity

【Author's address】 Spine Surgery, the Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

椎弓根螺钉固定矫形术已成为成人和青少年脊柱畸形矫形时使用的标准手术方法^[1-3]。但是椎弓根螺钉置入仍然存在一定风险,严重并发症包括脊髓、神经、主动脉的损伤^[4-6]。由于对不良置钉的定义标准不一,文献报道成人或青少年椎弓根螺钉置入的精确性为 27.6%~97.5% 不等^[7-12],但文献关于低龄儿童椎弓根螺钉置入的精确性评估尤其是不同节段不同部位的置钉精确性差异报道较少^[13],本研究拟通过术后 CT 测量和术中、术后并发症记录对 10 岁及以下儿童椎弓根螺钉置入的精确性和安全性进行评估。

1 资料和方法

1.1 一般资料

研究对象为 2008 年 2 月~2008 年 7 月间我院收治的行后路椎弓根螺钉固定并有完整术后 CT 检查的 41 例 10 岁及以下脊柱侧凸患儿。其中男 26 例,女 15 例,年龄 2~10 岁,平均 5.4 岁。先天性脊柱侧凸 36 例,特发性脊柱侧凸 2 例,神经肌肉源性脊柱侧凸(脊肌萎缩症)2 例,软骨发育不全伴脊柱侧凸 1 例;其中胸弯 21 例,胸腰弯 3 例,腰弯 17 例,术前 Cobb 角 35°~120°,平均 56°。所有患儿继往均无脊柱手术史。其中有 3 例先天性脊柱侧凸患者伴有严重的后凸畸形和旋转半脱位,下肢肌力为 4 级,此 3 例患者接受了 2~3 个月术前 Halo 重力轮椅牵引治疗。

1.2 椎弓根螺钉置入

骨膜下剥离椎旁软组织至横突以显露椎板、关节突关节及横突。术中根据 Kim 等^[2]介绍的解剖结构定位方法确定胸椎进钉点,根据腰椎人字嵴顶点为标记的方法确定腰椎进钉点^[3]。咬骨钳去除螺钉进入点骨质,“开路器”凿出进钉点后用直径 2mm 克氏针通过椎弓根向椎体方向钻孔,并用小于拟置入螺钉直径 1mm 的丝攻确定钉道,然后徒手置入椎弓根螺钉。所有螺钉在最终置入前,均进行术中 X 线正侧位透视,“确认”钉道位置良好后才置入。合并半椎体畸形患者术中 X 线透视定位确认半椎体,于畸形椎上、下椎体行椎

弓根螺钉固定,并行半椎体切除。其余脊柱侧凸患者根据术前正侧位 X 线片及 Bending 位 X 线片确定融合范围。术中全程诱发电位监护。本组患者根据患者发育状况采用 CDH-M8 (5.5mm 直径矫形棒)或 VERTEX (3.5mm 直径矫形棒,2~4 岁低龄患者)两种椎弓根螺钉内固定系统(美敦力,美国),椎弓根螺钉直径和长度根据术前 CT 平扫测量结果确定,本组螺钉直径范围为 3.5~4.5mm。

1.3 影像学测量和分析

术后对所有患者固定节段进行螺旋 CT 扫描(通用公司,美国),扫描条件:120kV,320mA,层厚 10mm,然后利用软件拆薄为 1.25mm 层厚。在 PACS 系统上通过 Pacs Client 软件在能看清椎弓根螺钉的 CT 图层进行测量和分析。测量指标包括螺钉穿破椎弓根内、外壁以及椎体前缘的距离。若左侧椎弓根螺钉穿破椎弓根外壁或椎体前缘,测量钉尖与主动脉的距离并将其分为三级^[12]:A 级 (Adjacent) 为距离 $\leq 1\text{mm}$,D 级 (Distant) 为距离 $>1\text{mm}$,C 级 (Contour) 为螺钉使主动脉发生变形。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 2mm,和椎弓根螺钉进入椎间孔或穿破终板进入椎间盘(图 1);如不良置钉中穿破内壁、外壁超过 4mm 或钉尖碰到主动脉达 C 级,定义为高危置钉^[14-16]。根据螺钉所在部位(胸椎还是腰椎,形态异常椎还是形态正常椎,凸侧还是凹侧)分析其破壁率间的差别,先天性脊柱侧凸中半椎体、融合椎、骨桥相连的椎体和软骨发育不全伴脊柱侧凸的椎体定义为形态异常椎;先天性脊柱侧凸中形态无异常的椎体、特发性脊柱侧凸和神经肌肉源性脊柱侧凸的椎体定义为形态正常椎。安全性评估指术中或术后是否出现与椎弓根螺钉置入相关的并发症,包括硬脊膜撕裂、神经根损伤、脊髓损伤、椎弓根骨折、主动脉损伤、螺钉松动拔出、断钉及假关节形成等。

1.4 统计分析

采用 SPSS 13.0 统计软件对数据进行统计学处理,各比率之间比较应用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。



图 1 a 正常置钉 b 穿破椎弓根外壁的不良置钉 c 穿破椎弓根内壁的不良置钉 d 穿破椎体前壁的不良置钉 e 穿破终板进入椎间盘的不良置钉 f 穿破椎弓根皮质进入椎间孔的不良置钉 图 2 女, 9 岁 a 先天性脊柱侧凸 b 后路矫形融合 CDH-M8 加 TSRH 矫形内固定 c 术后 CT 显示左侧 T5 水平椎弓根螺钉偏外, 但未见主动脉受压, 未作特殊处理

2 结果

共置入 242 枚椎弓根螺钉, 胸椎 128 枚, 腰椎 114 枚, 平均每例患儿置入 5.8 枚螺钉。螺钉完全在椎弓根内 208 枚, 占 86.0%。破壁 34 枚 (占 14.0%), 其中穿破外壁 10 枚, 穿破内壁 12 枚, 穿破前壁 8 枚, 穿破上壁 4 枚, 未见穿破下壁者; 不良置钉 18 枚 (占 7.4%), 其中 5 枚穿破外壁超过 2mm, 8 枚穿破内壁超过 2mm, 5 枚穿破椎体前缘超过 2mm。无一例出现高危置钉。胸椎与腰椎之间的破壁率没有差异 ($P>0.05$)。形态异常椎的椎弓根螺钉破壁率高于形态正常椎 ($P=0.0165$)。凹侧椎弓根螺钉的破壁率明显高于凸侧 ($P=0.0966$)。形态异常椎的凹侧螺钉破壁率也明显高于凸侧 ($P=0.0275$)。形态正常椎的凹凸侧未见明显差异 ($P>0.05$, 表 1)。形态异常椎的椎弓根螺钉

不良率高于形态正常椎 ($P=0.045$)。与主动脉相距平均 2.3mm。术中一枚螺钉拔出, 全组患儿术中脊髓电生理监护平稳, 术中术后未出现神经并发症,

表 1 根据螺钉所在部位分析其破壁率差别

分类	螺钉数	破壁率
位置	胸椎	128
	腰椎	114
形态	异常椎	58
	正常椎	184
凹凸侧	凸侧	119
	凹侧	123
形态异常椎	凸侧	33
	凹侧	25
形态正常椎	凸侧	86
	凹侧	98

注: ①表示此分类破壁率有统计学差异 $P<0.05$

未出现其他螺钉置入相关并发症。3 例术前下肢肌力减退患者术后下肢肌力逐渐恢复至 5 级。

3 讨论

椎弓根螺钉固定是目前广泛使用的脊柱畸形内固定矫形技术,可以提供更加坚强的矫形力,对椎体旋转畸形的纠正,椎弓根螺钉固定技术较传统钢丝或钩内固定系统有较大的优势,因而可以使脊柱畸形获得较好的三维矫形效果^[17,18],而且椎弓根螺钉技术可以减少融合节段,降低术后假关节的发生率^[19]。就儿童脊柱内固定技术而言,传统使用的椎板钢丝或各种钩型由于把持力不够,存在矫形效果差、内固定松动和失败的发生率较高以及术后需长期石膏固定等缺点,随着椎弓根螺钉技术在儿童脊柱后路矫形和重建手术中的应用,上述并发症逐渐降低^[20],但置入椎弓根螺钉存在一定风险。Silverstre 等^[5]回顾了一组后路手术病例,共置入 1035 枚椎弓根螺钉,并发症包括椎弓根骨折、胸腔积液、脊髓和神经损伤、潜在的主动脉搏损伤等。翁习生等^[6]统计出椎弓根内固定技术的术中和术后并发症发生率分别是 5.5% 和 15%。目前文献中对儿童尤其伴有脊柱畸形患者的椎弓根螺钉置入精确性、安全性及其影响因素报道较少^[13,21]。

精确地置入螺钉需要熟悉儿童各时期的椎弓根形态,但文献中对于儿童椎弓根形态的报道少见,Zindrick^[22]对 75 例尸体标本的椎弓根及椎管进行了测量,其中有 29 例标本小于 10 岁,测量结果显示儿童椎弓根的宽度和长度都随着生长而增大,因此对于儿童脊柱各节段椎弓根螺钉使用的型号并无统一标准,使用直径过大的螺钉会增加内外壁的破壁几率,而使用过长的螺钉则会增加椎体前缘的破壁几率,甚至有损伤主动脉的风险。因此术前 CT 评估患者椎弓根横径以及长度尤为重要,本组患者术前 CT 评估除了判断有无脊椎发育畸形外还同时还测量了椎弓根直径和长度,减少了术中螺钉过粗导致椎弓根破裂以及螺钉过长穿破前壁的风险。

文献中关于低龄儿童椎弓根螺钉置钉精确性的报道较少,Harimaya 等^[23]统计的一组小于 10 岁儿童置入椎弓根螺钉的破壁率为 0.9%,而本组低龄儿童病例椎弓根螺钉破壁率 14.0%,不良置钉率占 7.4%,两者之间相差较大的原因可能是由于

Harimaya 统计时是通过术后正侧位 X 线片凭经验评估,存在一定偏差;而本文运用术后 CT 进行螺钉置钉的评估,结果更加精确。Kosmopoulos 等^[24]对 130 篇相关文献行 Meta 分析后发现成人或青少年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%,文献中关于成人或青少年脊柱侧凸畸形椎弓根螺钉置钉精确性的报道差异较大,其主要原因是评估的影像学手段以及不良置钉定义的差异。与类似 AIS 病例比较,本组患儿正常椎破壁率 10.9%,不良率 5.4%,较文献报道的略低。形态异常椎的椎弓根螺钉不良置钉率虽然高于形态正常椎,为 13.8%但也在较低水平,且本组未发生高危置钉病例,说明椎弓根螺钉在青少年和低龄儿童的使用中安全性是基本一致的。

本组病例根据椎弓根螺钉所在部位分组对比发现在形态异常椎体和凹侧椎弓根的破壁率较高,而腰椎和胸椎破壁率则无显著差异。形态异常的椎体包括半椎体、椎体分节障碍、椎板融合等,一方面形态异常的椎体,发育畸形和偏小的椎弓根和椎体增大了椎弓根内外壁和椎体前缘破损的几率,另一方面椎板的融合也增加了定位定钉点的难度,在一些伴有严重先天性脊柱及胸廓畸形的病例中,形态异常的椎体高度旋转,椎弓根变形,也增加了螺钉置入的难度。凹侧椎弓根的不良置钉率高,与在特发性脊柱侧凸的研究中一致^[14],一方面由于椎体旋转,凹侧置入螺钉需要更大的内倾角度,但为了安全起见,医生采取“宁外勿内”的原则而使外侧壁的破壁率增大,另一方面部分病例凹侧椎板融合和骨桥形成增大了椎弓根螺钉的置入难度。本组统计分析发现形态异常椎的凹侧发生不良螺钉置入的比例最高,笔者建议在此部位尤其注意,由于这一部位通常处于顶椎区,可以采用凸侧多置钉的方法尽量规避风险,或者采用术中导航技术。

儿童脊柱畸形患者尤其是先天性脊柱侧凸患儿骨质发育较差,同时螺钉直径及长度均不及成人,术中矫形需通过术者手法与器械操作联合完成,不可单纯依赖内固定器械,以免术中发生椎弓根螺钉切割椎体或螺钉松动。本组患者根据术前 CT 测量结果尽量采用粗的椎弓根螺钉,但由于直径只有 3.5~4.5mm,术中矫形应当循序渐进,不可使用暴力,采用平移和节段撑开抱紧技术避免螺

钉的拔出和松动。本组病例只出现 1 例螺钉置入相关并发症,此例为合并胸廓发育不良的先天性脊柱侧凸患儿,在矫形时由于张力过大而使螺钉拔出,但未出现其他症状,未出现其他螺钉置入相关的并发症。作者体会一方面脊柱外科医生经过系统椎弓根螺钉置入训练后,可以通过徒手置钉法在儿童脊柱畸形患者中安全的使用椎弓根螺钉技术;另一方面儿童在 4 岁时椎管横截面积和矢状径已经与成人相似,横径也达到成人的 87%,椎管面积相对较大也降低了螺钉损伤脊髓和神经的几率^[25]。总之,通过详细的术前评估,精细的术前操作,以及对畸形脊椎等“高危区域”的关注,10 岁及以下脊柱畸形儿童可获得精确和安全的椎弓根螺钉置入。

4 参考文献

1. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, et al. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis[J]. Spine, 1995, 20(12): 1399-1405.
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; discussion 42.
3. Boos N, Webb JK. Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view[J]. Eur Spine J, 1997, 6(1): 2-18.
4. Carbone JJ, Tortolani PJ, Quartararo LG. Fluoroscopically assisted pedicle 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 scoliosis treatment [J]. Spine, 2007, 32(15): 1655-1661.
6. 翁习生, 邱贵兴, 张嘉, 等. 椎弓根内固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. Belmont PJ Jr, Klemme WR, Dhawan A, et al. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws [J]. Spine, 2001, 26(21): 2340-2346.
8. Fayyazi AH, Hugate RR, Pennypacker J, et al. Accuracy of computed tomography in assessing thoracic pedicle screw malposition[J]. J Spinal Disord Tech, 2004, 17(5): 367-371.
9. Kuklo TR, Lenke LG, O'Brien MF, et al. Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curves more than 90 degrees [J]. Spine, 2005, 30(2): 222-226.
10. Wiesner L, Kothe R, Schulitz KP, et al. Clinical evaluation and computed tomography scan analysis of screw tracts after percutaneous insertion of pedicle screws in the lumbar spine [J]. Spine, 2000, 25(5): 615-621.
11. Castro WH, Halm H, Jerosch J, et al. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae [J]. Spine, 1996, 21(11): 1320-1324.
12. Lim MR, Girardi FP, Yoon SC, et al. Accuracy of computerized frameless stereotactic image-guided pedicle screw placement into previously fused lumbar spines [J]. Spine, 2005, 30(15): 1793-1798.
13. Ruf M, Harms J. Pedicle screws in 1- and 2-year-old children: technique, complications, and effect on further growth [J]. Spine, 2002, 27(21): E460-E466.
14. Senaran H, Shah SA, Gabos PG, et al. Difficult thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Spinal Disord Tech, 2008, 21(3): 187-191.
15. 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.
16. Upendra BN, Meena D, Chowdhury B, et al. Outcome-based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement [J]. Spine, 2008, 33(4): 384-390.
17. 张雪松, 王岩, 张永刚, 等. 全节段椎弓根螺钉与椎弓根钉、钩系统矫治单胸弯特发性脊柱侧凸的疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(3): 182-186.
18. Robitaille M, Aubin CE, Labelle H. Effects of alternative instrumentation strategies in adolescent idiopathic scoliosis: a biomechanical analysis[J]. J Orthop Res, 2009, 27(1): 104-113.
19. Vora V, Crawford A, Babekhir N, et al. A pedicle screw construct gives an enhanced posterior correction of adolescent idiopathic scoliosis when compared with other constructs: myth or reality [J]. Spine, 2007, 32(17): 1869-1874.
20. 吕国华, 王冰, 康意军, 等. 后路半椎体切除椎弓根螺钉内固定治疗小儿先天性脊柱畸形 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(3): 187-190.
21. Lehman RA Jr, Lenke LG, Keeler KA, et al. Computed tomography evaluation of pedicle screws placed in the pediatric deformed spine over an 8-year period [J]. Spine, 2007, 32(24): 2679-2684.
22. Zindrick MR, Knight GW, Sartori MJ, et al. Pedicle morphology of the immature thoracolumbar spine [J]. Spine, 2000, 25(21): 2726-2735.
23. Harimaya K, Son-Hing JP, Lenke LG, et al. Safety and accuracy of pedicle screws and constructs placed in infantile and juvenile patients[J]. Spine, 2011, Jun 13, [Epub ahead of print].
24. Kosmopoulos V, Schizas C. Pedicle screw placement accuracy: a meta-analysis [J]. Spine, 2007, 32(3): E111-E120.
25. Porter RW, Pavitt D. The vertebral canal: I. Nutrition and development, an archaeological study[J]. Spine, 1987, 12(9): 901-906.

(收稿日期: 2011-06-30 修回日期: 2011-08-09)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 刘彦)