

· 临床研究 ·

三维 CT 在儿童脊柱侧弯畸形手术矫正中的应用

米 爽, 李 明[△], 刘传康, 罗 聪, 曹豫江, 瞿向阳, 周 进, 曹光彪

(重庆医科大学附属儿童医院骨科 400014)

摘要:目的 探讨三维 CT 在儿童脊柱侧弯畸形手术矫正过程中的应用价值。方法 55 例儿童脊柱侧弯(其中特发性脊柱侧弯 42 例,先天性脊柱侧弯 13 例),术前采用俯卧位三维 CT 扫描,对椎弓根钉进针点进行三维定位,同时测量相应脊椎椎弓根松质骨宽度、进针长度,以及椎体内倾角、旋转角、矢状角,对手术置钉进行精确评估。术后三维 CT 扫描评估置钉准确率并测量脊柱冠状位主弯 Cobb's 角平均矫正度数。结果 55 例儿童脊柱侧弯患儿共置入螺钉 450 枚,置钉准确率为 98.22%;术前冠状位 CT 测量主弯 Cobb's 角平均为 62.3°(43.0°~108.6°),术后冠状位 CT 测量脊柱侧弯主弯 Cobb's 角平均为 16.5°(2.0°~60.7°)。结论 应用三维 CT 扫描定位进针点,可指导术中准确安置椎弓根钉,有利于提高手术操作安全,减少人为的误差,防止和减少并发症的发生。

关键词:儿童;脊柱侧凸;体层摄影术,X 线计算机;椎弓根钉

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2012.31.012

文献标识码:A

文章编号:1671-8348(2012)31-3270-03

Three-dimensional CT in surgery for children with spinal deformity

Mi Shuang, Li Ming[△], Liu Chuankang, Luo Cong, Cao Yujiang, Qu Xiangyang, Zhou Jin, Cao Guangbiao

(Department of Orthopaedics, Children's Hospital Affiliated to Chongqing Medical University, Chongqing 400014, China)

Abstract: Objective To evaluate the use of three-dimensional CT scan in surgery for children with spinal deformity. **Methods** 55 cases with scoliosis were studied, including 42 cases with idiopathic scoliosis and 13 cases with congenital scoliosis. All the cases underwent three-dimensional CT scan in prone position before operation, which located the pedicle entry point, worked out pedicle depth and the width of the pedicle spongy bone, meanwhile measured the pedicle inclination angle, vertebral rotation angle and the sagittal angle. Accuracy of pedicle screw placement and the mean Cobb's angle in coronal plane were measured through three dimensional CT scan after operation. All the data was processed though statistical analysis. **Results** There were 450 pedicle screws inserted in total, with the accuracy rate of 98.22%. The mean preoperative Cobb's angle and the postoperative angle scanned by three dimensional CT in coronal plane were 62.3°(43.0°—108.6°) and 16.5°(2.0°—60.7°) respectively. **Conclusion** Three dimensional CT scan preoperatively provides more complete measuring parameters, and helps to localize the insertion point more precisely, which can be used widely in clinical practice.

Key words: child; scoliosis; tomography, X-ray computed; pedicle screws

儿童脊柱畸形临床并不少见,对于严重的儿童脊柱侧弯畸形(以先天性脊柱侧弯、特发性脊柱侧弯最为常见)治疗常采取手术矫正。由于脊柱畸形手术难度高、手术操作复杂、风险大,因此,如何提高外科手术治疗儿童脊柱畸形的疗效,减少并发症的发生,是临床脊柱外科最为关心和重视的问题。本文对 55 例儿童脊柱侧弯畸形采用俯卧位 64 排 CT 扫描,并在传统方法的基础上对椎弓根置钉参数测量进行了调整,探讨其临床作用价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择本院 2008 年 6 月至 2011 年 6 月行手术矫正的儿童脊柱侧弯畸形患儿 55 例(其中特发性脊柱侧弯 42 例,先天性脊柱侧弯畸形 13 例)。男 21 例,女 34 例;年龄 4.2~17.4 岁,平均 12.8 岁。术前冠状位 CT 测量主弯 Cobb's 角 43.0°~108.6°(平均 62.32°);术前仰卧侧屈位 X 片评估,僵硬侧弯 12 例,柔软侧弯 43 例。

1.2 三维 CT 扫描 本组患儿在术前均采用 64 排 CT 扫描,并对置钉参数进行测量。术后三维 CT 扫描评价置钉位置及

准确性,并对脊柱冠状位主弯 Cobb's 角平均矫正度数进行测量。所有病例采用美国 GE 公司 64 排 Highspeed VCT 扫描。为保证与术中体位一致,从而使所有椎弓根钉安置参数在术中尽量准确,所有脊柱侧弯椎体均采用俯卧位进行扫描。扫描参数:电流 180 mA,管电压 120 kV,层厚 1.25 mm,层间距 1.0 mm,螺距比为 1.375:1.000;扫描参数完成后内插为层厚 0.625 mm、层间距 1.0 mm;手术后扫描参数:电流 60 mA、管电压 120 kV。扫描所得的图像为方便术中阅片,轴位图像均已旋转 180°处理,矢状位图像也经过水平翻转。

1.3 椎弓根安置参数测量

1.3.1 三维定位 首先需要对图像及数据进行处理,对每一手术目标椎体重建为轴位、冠状位、矢状位切面重建图以及 VR 三维重建图,准确调整纵切线、横切线及冠状位线。由于脊柱侧弯角度越大,其椎体变形、旋转情况常常越严重,其测量、计算椎弓根钉参数越为困难,因此标准化的纵切线、横切线及冠状位线作为参考十分必要。在标准轴位及标准矢状位上标示出所测畸形椎体椎弓根的最宽直径,然后取椎弓根最大直

径的中心线(即椎弓根轴线),作为椎弓根螺钉的最佳路径进针,见图 1;此线与椎板背侧的骨皮质的交点即为安置椎弓根螺钉的进针点 A,与椎体前缘的交点标记为 O(图 2)。在标准后前位 VR 图像上,确定出该椎体相邻的上两个椎体棘突连线 MN,之后再在此椎体的上关节突的上缘作出 MN 的垂线 KL,再对 A 点到 MN 和 KL 的距离(记为 AB 和 AC)分别进行测量。术中采用 MN 线和 KL 线作为参照,并由 AB、AC 对进针点 A 进行准确定位,见图 1。

1.3.2 椎弓根钉直径和长度的计算 对 A、O 两点的距离进行测量即为最大置钉深度,帮助椎弓根螺钉长度的选择;在标准轴位图像上对同一椎弓根两侧的骨皮质内缘距离进行测量,此距离即椎弓根骨松质的宽度 SD,见图 2。

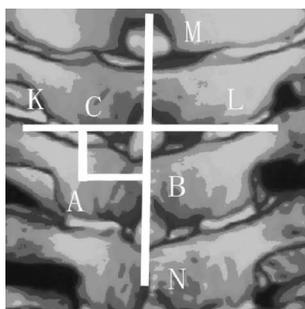


图 1 三维 CT 定位

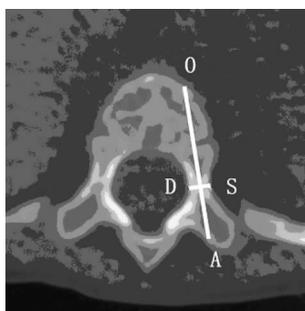


图 2 椎弓根钉长度和置钉深度的计算

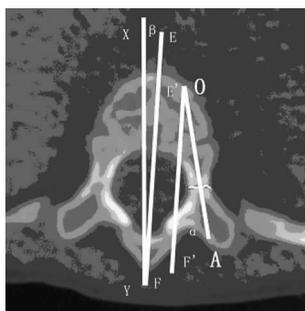


图 3 椎弓根钉置入椎弓根的内倾角

1.3.3 椎弓根钉置入角度的选择 (1)椎弓根轴线上内倾角:在

表 1 椎弓根置钉参数测量表($\bar{x} \pm s$)

椎骨节段	旋转角(°)	凸侧/凹侧			
		SD(mm)	AO(mm)	内倾角(°)	矢状角(°)
T ₁ ~T ₆	11.3±2.8	5.1±1.1/4.6±0.7	33.6±3.2/34.9±3.7	15.2±5.4/19.2±4.7	17.6±3.6/17.1±3.2
T ₇ ~T ₁₂	17.3±5.3	5.7±1.0/5.2±0.6	38.6±2.1/41.9±3.1	13.8±3.2/15.8±4.1	8.9±1.5/9.2±1.8
L ₁ ~L ₅	9.5±2.7	7.4±1.3/7.1±1.2	46.6±2.9/46.7±3.3	16.6±5.5/18.2±5.3	9.2±2.3/9.5±2.7

标准轴位图像上对 AO 同椎体轴线 EF(其平行线 E'F')的夹角即为椎弓根内倾角,记为 $\angle\alpha$,见图 3。(2)椎体旋转角:在标准轴位图像上对畸形椎体轴线 EF 和标准矢状线 XY 之间的夹角 $\angle\beta$,见图 3。再计算 $\angle\alpha - \angle\beta$ 即可得出椎弓根钉安置时在标准轴位上的左右偏转角度。(3)椎弓根轴线矢状角:在标准矢状位图像上对 AO 与水平线 XZ 的夹角 $\angle\gamma$ 进行测量,用于引导椎弓根螺钉安置方向在标准矢状位上的上下偏转角度,见图 4。

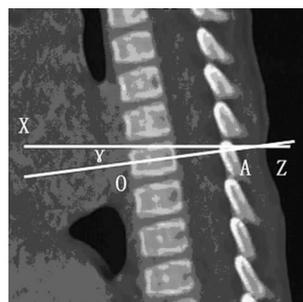


图 4 椎弓根轴线矢状角

2 结 果

55 例脊柱侧弯患儿手术矫正共置入椎弓根螺钉 450 枚(特发性脊柱侧弯 358 枚,先天性脊柱侧弯 92 枚),其中胸段置入 292 枚(T₁~T₆ 置入 92 枚,T₇~T₁₂ 置入 200 枚),腰段置入 158 枚。对椎弓根置钉测量参数进行统计学描述,见表 1。典型患儿术后复查 CT,见图 5,450 枚椎弓根螺钉中置钉准确率达到 98.22%。置钉偏差共 8 枚(特发性脊柱侧弯 5 枚,先天性脊柱侧弯 3 枚),均发生于胸段,其中凹侧 6 枚(4 枚在手术过程中偏外刺破椎弓根皮质,有 2 枚偏内刺破了椎弓根皮质);凸侧 2 枚偏外刺破椎弓根皮质,无偏内刺破椎弓根皮质发生。无椎弓根膨胀性改变,无椎体上下壁穿破、椎间盘组织损伤,无脊髓损伤,无硬脊膜损伤、持续性脑脊液漏出等表现。术后 X 线片复查,术后冠状位脊柱侧弯主弯 Cobb's 角平均为 16.5°(2.0°~60.7°),平均矫正率为 88.4%(54.6%~98.7%)。术后有 6 例患儿出现了轻微神经根刺激症状,术后积极治疗,出院时神经根刺激症状均消失。

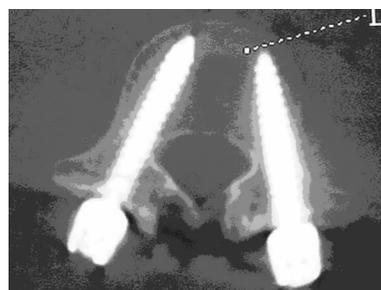


图 5 典型患儿术后 CT 图像

3 讨 论

3.1 儿童脊柱侧弯畸形矫正术前三维 CT 检测的意义 随着医学影像技术的发展,对脊柱侧弯的患儿采用仰卧位三维 CT 扫描以及扫描后的传统椎弓根置钉参数测量,已经逐渐成为本类疾病在术前评估及术中指导临床脊柱外科医生手术准确安放椎弓根螺钉最为常用的方法^[1-2],但仍有因为术中置钉偏差导致脊髓、神经根损伤等严重并发症发生的报道^[1-6]。本组患儿通过采用俯卧位三维 CT 扫描,并根据临床需要对传统椎弓根置钉参数的测量进行了进一步的调整,使置钉准确率有进一步的提高,达到了 98.22%,提高了手术安置椎弓根螺钉的安全性,对于手术并发症的减少也有很重要的意义。

3.2 儿童脊柱畸形矫正术前三维 CT 检测方法及其优点 本组患儿中为保证与术中体位的一致、满足手术对椎弓根置钉参数的需求而对术前进行三维 CT 扫描的方法及参数测量的内容进行了调整,采用俯卧位进行扫描,并对椎弓根置钉参数进行了调整,将椎弓根宽度测量改为椎弓根松质骨宽度的测量,加测了椎弓根轴线矢状角,并在三维 CT 图像上选取置钉点,使之更有利于患儿脊柱侧弯的分型及临床治疗方案的选择,为临床制订个性化的手术方案提供依据。采用该方法对本组患儿进行术前评估,置钉准确率为 98.22%,比传统测量方法稍高。而且,相对于椎体旋转角及椎弓根轴线上倾角协助确定标准轴位层面置钉角度的偏转,同时矢状角限定了螺钉在矢状位层面的偏转,达到了置钉角度的三维定位,置入后的螺钉受力更均衡,更易通过其优秀的把持力椎弓根螺钉固定系统的三维矫正作用得到发挥。因此,考虑了矢状位进钉角度安全性问题的改良置钉参数测量方法置钉相对更为准确、有效、牢固,术后并发症相对更少。此外,椎弓根松质骨宽度测量指导螺钉直径的选择更精确,降低了因置钉后椎弓根发生膨胀性改变带来的风险^[1,4-9]。且患者俯卧位进行三维 CT 扫描能够与手术中的体位尽可能地保持一致,在俯卧位三维 CT 扫描所得的图像上测量得出的椎体结构形态参数与术中畸形椎体的实际情况相吻合,有利于制订符合患儿自身解剖情况的个体化手术方案,降低了因体位不同、身体着力点不同而使椎体的形态位置发生改变的可能性,不容易出现误算,手术置钉的精确性更高^[10-12],而且利用此种三维测量方法可更有效地避免螺钉置入时的损伤。这种对椎体的旋转角度等实际参数的准确估算,对避免术中置钉角度的选择以及螺钉置入偏差引起的损伤显得尤为重要。

3.3 三维 CT 检测在手术矫正儿童脊柱畸形中的应用价值 目前导航技术是应用于椎弓根置钉矫正脊椎侧弯手术中最为先进的影像学技术,其准确率甚至高达 100%^[13-18],尽管如此,导航技术仍然存在着一些缺点。(1)采用导航技术在术中对患儿的辐射损伤大大增加,此种损伤对儿童这一特殊年龄群体可能产生的影响较成人更大;(2)增大了手术医生的辐射剂量,增加了其职业暴露的风险;(3)单独的导航技术无法用于术前对患儿侧弯情况的准确评估,也就无法筛选具有置钉风险的椎弓根;(4)由于导航设备使用专一、价格昂贵,其推广也因此受到了一定的限制。相较之下,目前儿童脊柱侧弯的三维 CT 扫描测量已广泛用于临床,但现阶段临床上仍然是以仰卧位三维 CT 扫描及对扫描后得出的图像进行传统椎弓根置钉参数测

量最为常用。本组患儿采用的俯卧位三维 CT 扫描及经过改进的椎弓根螺钉安置参数的测量方法在传统方法的基础上更为全面、准确地测量了椎体、椎弓根的各项参数值,有利于个体化置钉方案的制订,而且由于其扫描体位更符合患儿在术中的体位,将体位因素引起的影响降至最低。

综上所述,采用三维 CT 俯卧位扫描技术与术中体位保持一致,而调整后的椎弓根螺钉参数的测量,有利于临床医生在脊柱侧弯矫正术前更为充分地评估、制订个体化置钉方案,有利于术中更为准确地定位和置钉,有利于减少人为的误差,防止和减少并发症的发生,具有较好的临床参考及实用价值。

参考文献:

- [1] Yalniz E, Ciftdemir M, Eskin D, et al. The safety of pedicle screw fixation in the thoracic spine[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2009, 43(6): 522-527.
- [2] Lam GC, Hill DL, Le LH, et al. Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods. [J]. *Scoliosis*, 2008(3): 16.
- [3] 胡勇,徐荣明,谢辉,等.胸椎椎弓根螺钉置入治疗胸椎骨折的准确性和安全性评价[J]. *中华外科杂志*, 2006, 24(6): 1663-1666.
- [4] Upendra B, Meena D, Kandwal P, et al. Pedicle morphology in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Indian J Orthop*, 2010, 44(2): 169-176.
- [5] 张文通,马若凡,叶伟,等. CT 三维重建在特发性脊柱侧弯椎弓根个体化置钉中的作用研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2010, 26(6): 680-683, 686.
- [6] 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.
- [7] Kim YW, Lenke LG, Kim YJ, et al. Free-hand pedicle screw placement during revision spinal surgery: analysis of 552 screws. [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33(10): 1141-1148.
- [8] Modi H, Suh SW, Song HR, et al. Accuracy of thoracic pedicle screw placement in scoliosis using the ideal pedicle entry point during the freehand technique[J]. *Int Orthop*, 2009, 33(2): 469-475.
- [9] Wan SY, Lei W, Wu ZX, et al. Micro-CT evaluation and histological analysis of screw-bone interface of expansive pedicle screw in osteoporotic sheep[J]. *Chin J Traumatol*, 2008, 11(2): 72-77.
- [10] Jamieson D, Perdios A, Varghese R, et al. The use of CT in the development and implementation of a preoperative protocol to aid in pedicle screw placement during scoliosis surgery[J]. *Pediatr Radiol*, 2008, 38(4): 452-456.
- [11] Abul-Kasim K, Karlsson MK, Hasserijs R, et al. Measurement of vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis with low-dose CT in prone position - method description and reliability analysis[J]. (下转第 3275 页)

床检验人员对抗酸杆菌认识的培训工作。

本院脑脊液结核杆菌检查阳性率提高提示:(1)TBM 早期临床诊断脑脊液中抗酸杆菌阳性优于影像学检查。(2)应特别重视脑脊液病原学检查,尤其在正确的方法下找出抗酸杆菌和及时接种到结核培养基上。(3)一旦脑脊液抗酸杆菌检查阳性,临床 TBM 诊断成立。

影像学检查对 TBM 的诊断也很重要。尤其脑 CT 和 MRI 对发现 TBM 规律性的脑部改变十分重要,本组阳性率分别为 90% 和 89%,与文献[3]相符合。脑部 CT 以脑积水及脑实质病变为主。脑部 MRI 检查异常率并不高于脑 CT,但其分辨率高使脑实质病变阳性率较 CT 高^[11],故对诊断有帮助。如有条件应常规脑部增强 CT 或 MRI 检查,尤其是婴幼儿,本组 78% 患儿合并脑外结核,尤以原发性肺结核和粟粒性肺结核多见。故应常规 X 线片检查。

PPD 试验、胃液涂片、结核抗体及 ESR 等检查可辅助诊断。本组 PPD 试验强阳性率达 33%,但 PPD 阳性仅支持 TBM 诊断,阴性并不能排除,重症 TBM PPD 可呈假阴性。本组胃液涂片找抗酸杆菌阳性率 40%。而血液中结核抗体阳性率仅 4%(5/120),可能与儿童免疫机制不健全有关。

TBM 预后与病期有关,临床分期越晚,预后越差,国内 979 例中脑膜脑炎型病死率为 21.5%,脑底脑膜型则为 6.4%^[3]。范永琛等^[4]报道 TBM 病死率 13%,病死病例多为晚期。有文献报道多因素分析显示临床分期为晚期是影响近期预后的危险因素^[12]。本组病例分 4 型(I~IV 型),患儿预后与国内外报道相似,即分型越早,预后越好;而分型越晚,预后越差。

儿童 TBM 由于其临床症状的不典型性和临床医生对其警惕性不高,目前早期诊断仍有较大困难,而诊断正确和治疗及时与否与患儿预后密切相关。因此,详细的询问病史、掌握 TBM 的复杂临床表现,结合脑脊液等实验室检查、胸部 X 线片及头颅影像学检查,从而提高临床医生对儿童 TBM 的早期诊断水平并采取及时有效治疗手段,致力于改善患儿预后,减少致死率和病残率。

参考文献:

[1] Murakami S, Takeno M, Oka H, et al. Diagnosis of tuber-

culous meningitis due to detection of ESAT-6 specific gamma interferon production in cerebrospinal fluid enzyme-linked immunospot assay[J]. Clin Vaccine Immunol, 2008, 15(5): 897-899.

- [2] Prasad K, Singh MB. Corticosteroids for managing tuberculous meningitis[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2008, 23(1): CD002244.
- [3] 胡亚美, 江载芳. 诸福棠实用儿科学[M]. 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 994-997.
- [4] 范永琛, 徐勇胜, 卢鸣. 儿童结核性脑膜炎临床分期分型与早期诊断[J]. 中国实用儿科杂志, 2009, 24(1): 17-19.
- [5] 幸琳琳, 解元元, 朱朝敏. 卡介苗接种预防儿童结核性脑膜炎回顾研究[J]. 中国实用儿科杂志, 2009, 24(6): 469-470.
- [6] Farinha NJ, Razali KA, Holzd H, et al. Tuberculosis of the central nervous system in children; a 20 year survey [J]. J Infect, 2002, 41(1): 61-68.
- [7] 游永红, 端木宏谨. 我国儿童结核病流行和防治重点[J]. 中华儿科杂志, 2006, 44(4): 243-245.
- [8] 周勇, 吴江南, 郑金凤. 卡介苗预防结核病的效果与策略[J]. 中华疾病控制杂志, 2011, 15(8): 716-718.
- [9] Christensen AS, Andersen AB, Thomsen VO, et al. Tuberculous meningitis in Denmark; a review of 50 cases [J]. BMC Infect Dis, 2011(11): 47.
- [10] 任立歆, 万莉雅, 董汉权, 等. 小儿结核性脑膜炎 48 例临床分析[J]. 山东医药, 2010, 50(12): 109.
- [11] 万朝敏, 范娟. 儿童结核性脑膜炎的诊断和治疗[J]. 实用儿科临床杂志, 2008, 23(10): 723-726.
- [12] 廖琼, 邓建军, 万朝敏, 等. 儿童结核性脑膜炎近期预后的影响因素[J]. 中国当代儿科杂志, 2012, 14(5): 328-331.

(收稿日期: 2012-04-14 修回日期: 2012-07-10)

(上接第 3272 页)

- Scoliosis, 2010(5): 4.
- [12] Scutt ND, Dangerfield PH, Dorgan JC. The relationship between surface and radiological deformity in adolescent idiopathic scoliosis; effect of change in body position. [J]. Eur Spine J, 1996, 5(2): 85-90.
- [13] Fuster S, Vega A, Barrios G, et al. Accuracy of pedicle screw insertion in the thoracolumbar spine using image-guided navigation [J]. Neurocirugia, 2010, 21(4): 306-311.
- [14] Merloz P, Troccaz J, Vouaillat H, et al. Fluoroscopy-based navigation system in spine surgery [J]. Proc Inst Mech Eng H, 2007, 221(7): 813-820.
- [15] Zausinger S, Scheder B, Uhl E, et al. Intraoperative computed tomography with integrated navigation system in

spinal stabilizations [J]. Spine, 2009, 34(26): 2919-2926.

- [16] Jaiswal A, Shetty AP, Rajasekaran S. Role of intraoperative Iso-C based navigation in challenging spine trauma [J]. Indian J Orthop, 2007, 41(4): 312-317.
- [17] Scheufler KM, Franke J, Eckardt A, et al. Accuracy of image-guided pedicle screw placement using intraoperative computed tomography based navigation with automated referencing. Part II: thoracolumbar spine [J]. Neurosurgery, 2011, 69(6): 1307-1316.
- [18] 章凯, 王智运, 尹庆水, 等. 骨科手术导航系统引导腰椎椎弓根螺钉植入的效果 [J]. 第三军医大学学报, 2005, 27(5): 443-444.

(收稿日期: 2012-04-13 修回日期: 2012-07-06)