

• 基础研究 •

透视下分步引导下中胸椎椎弓根螺钉安全植入实验研究

徐卫星*, 陈其昕, 李方才

(浙江大学医学院附属二院骨科, 浙江 杭州 310009)

【摘要】 目的:探索 C 形臂 X 线监测引导下中胸椎椎弓根螺钉植入的方法,并评定其准确性与安全性。方法:①取 6 具正常成人 T₁-T₈ 脊椎骨架标本,分解出单个椎体,导针沿椎弓根轴线进针,分别于进针点、针前端位于椎弓根中部、椎体后缘及椎体前缘皮质下,通过 C 形臂 X 线透视,记录、分析椎弓根轴线导针在进针点及不同进针深度时在正侧位透视图像上导针前端的位置,以及相关位置对应关系变化规律。②按上述椎弓根轴线导针 C 形臂 X 线透视监测对应位置变化规律,作为 C 形臂 X 线透视下分步引导下中胸椎椎弓根螺钉安全植入的方法。取 6 具 T₁-T₈ 脊柱标本, C 形臂 X 线机引导下分步植入椎弓根螺钉 96 枚,然后将脊椎标本作 CT 扫描,判定椎弓根螺钉位置。结果:根据 CT 扫描结果,优(椎弓根螺钉安全位于椎弓根内者)90 枚,可(螺钉穿破椎弓根内或外侧骨皮质较少,突破在 2 mm 以内者)6 枚,差(螺钉穿破椎弓根内外骨皮质较多,突破在 2 mm 以上)0 枚。结论:C 形臂 X 线透视下分步引导下中胸椎椎弓根螺钉植入,是一种能提高上中胸椎椎弓根螺钉植入的简单经济、确实可行的方法。

【关键词】 X 线; 胸椎; 椎弓根螺钉; 内固定器

Research on safe implantation of upper-middle thoracic pedicle screws under the X-ray perspective XU Wei-xing, CHEN Qi-xin, LI Fang-cai. Department of Orthopaedics, the Second Affiliated Hospital of Medicine College, Zhejiang University, Hangzhou 310009, China

ABSTRACT **Objective:** To explore the method of implanting upper-middle thoracic pedicle screws under monitoring by X-ray and evaluate accuracy and safety. **Methods:** ① Six normal adult thoracic spine samples (T₁-T₈) were selected, from which single spine units were separated. A surgical probe went in along the pedicle axis. By C-shaped arm X-ray, the four probe positions were recorded; at the entering point, the front end of the probe in the middle of the pedicle, at the back of the spine, and under the cortex of the front of the spine. The position of the front end of the probe at the entering point, and the front end of the probe at different depth at central-side perspective position were analyzed. The related positions and their corresponding changing rules were also analyzed. ② Based on the changing rules mentioned above, different steps were adopted under the guidance of the C-shaped arm X-ray, to safely implant upper-middle thoracic pedicle screws. First, six T₁-T₈ spine samples were used, and under the guidance of the C-shaped arm device, 96 pedicle screws were implanted. After the operation, the spine samples were scanned through CT, and the positions of the screws were determined. **Results:** According to the result of the CT scanning, the result were excellent (the screw was safely inside the pedicle) in 90 screws; Medium (the screw penetrated a little of the inside or outside bone cortex, within 2 mm) in 6; No one was bad (the screw penetrated a lot, more than 2 mm). **Conclusion:** The implantation of upper-middle thoracic pedicle screw under the guidance of the C-shaped arm X-ray perspective is a simple and feasible method, and improve the accuracy and safety.

Key words X-rays; Thoracic vertebrae; Pedicle screw; Internal fixators

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2008, 21(2): 106-108 www.zggszz.com

椎弓根螺钉技术在胸椎的应用日趋成熟,但目前所用的术中监测方法都存在其局限性,因此我们对上中胸椎椎弓根螺钉植入方面进行实验研究以提高上中胸椎椎弓根螺钉植入的安全性及准确性。

1 材料与方法

1.1 材料 ①6 具正常成人脊柱骨架标本(T₁-T₈)和 6 具甲醛浸泡的正常人连续上中胸椎标本(由浙江中医药大学解剖教研室提供)。尽量保留侧方和后方软组织结构,并保存完整的胸肋关节结构,保留上中胸椎标本的连续性和完整性。分别进行经椎弓根平面 CT 平扫,以排除椎弓根结构细小不能置钉的标本,并通过肉眼观察排除发育异常和骨缺损者。②直

*现单位:浙江省立同德医院,浙江 杭州 310012

径 3.5 mm 胸椎椎弓根螺钉 4 枚,北京富乐公司生产,金华科惠器械公司提供。③C 形臂 X 线机影像增强器,荷兰飞利浦公司制造;CT 机(GE Light Speed 16 层 CT 机),美国通用公司制造。

1.2 实验方法

1.2.1 脊柱标本椎弓根轴线导针植入

6 具成人 T₁-T₈ 脊椎骨架标本,分解出完整的单个椎体,通过肉眼观察排除发育异常和骨缺损者,按照 Ebraheim 法^[1]确定椎弓根轴线及后端投影点;在椎弓根水平面与垂直面上平分椎弓根的面面相交线为椎弓根轴线,分别沿椎弓根长轴上缘及侧缘的中分线画 X、Y 两条线,两线在椎弓根的后端皮质上的交点为椎弓根轴线后端的投影点,标记该点。沿标记点钻入直径 1.5 mm 克氏针为导针,按椎弓根长轴上缘及侧缘的中分线 X、Y 线,直视下逐渐向前推进,分别于导针在进针点处,椎弓根中部,椎体后缘,椎体前缘皮质下时,C 形臂透视标准正侧位像。且在轴线导针制作完成后,用标准轴位透视像证实轴位导针位置准确无误。椎体透视要求:①标准轴位及侧位像:椎管孔、两椎弓根及上下终板完全重叠,无双边影;②标准正位像:椎弓根与对应椎体棘突距离相等,椎弓根峡部投影位于棘突两旁^[2]。

1.2.2 C 形臂 X 线透视图像分析

①轴线进钉点分析:导针前端位于轴线进钉点处,C 形臂透视正位像,按时钟划分法记录标准正位 X 线透视像导针前端在椎弓根投影中位置。左侧导针尖端位于椎弓根投影 9~11 点之间,右侧位于 1~3 点之间,位于椎弓根投影外上缘。T₁-T₃ 的椎弓根投影呈横宽竖窄型椭圆形,T₄-T₈ 呈横窄竖宽椭圆形,这有利于正确认清进钉点在椎弓根投影中位置。②轴线进钉方向分析:C 形臂 X 线透视侧位像导针位于椎弓根中部时,正位透视像见导针前端位于椎弓根投影中心;C 形臂 X 线侧位像见导针位于椎体后缘时,正位像见导针前端位于椎弓根投影的内缘。这说明只要椎弓根螺钉进钉在椎弓根中部,椎体后缘不同深度时,C 形臂 X 线正侧位透视监测螺钉前端位置具有上述位置对应关系时,就能保证椎弓根螺钉按椎弓根轴线进钉。③椎弓根轴线导针沿椎弓根轴线至椎体前缘皮质下时,计算标准侧位透视图像中导针在椎体深度百分比(记为 a/b%,a 为导针椎体内长度,b 为椎体宽度)。不同节段比例不同,T₁-T₃ 约为 80%,T₄-T₈ 约为 70%。这可能与上中胸椎不同节段椎弓根 e 角不同有关(e 角为椎弓根纵轴与脊椎矢状轴所成的夹角)。通过观察计算上中胸椎不同节段 C 形臂 X 线侧位透视像椎弓根螺钉深度百分比,可帮助判断植入椎弓根螺钉深度安全性。即一般 T₁-T₃ 节段螺钉椎体深度百分比不超过 80%,T₄-T₈ 不超过 70%,我们认为是安全的。

1.2.3 C 形臂 X 线透视下分步引导上中胸椎椎弓根螺钉植入

将甲醛浸泡的正常人连续上中胸椎标本固定于手术台上,参照 Kim 等^[3]和 Suk 等^[4]置钉方法和胸椎椎弓根解剖结构^[5,6]。在 C 形臂 X 线透视辅助下置钉:①监测引导进钉点:开口器开口,C 形臂 X 线机正位透视见开口器尖端位于椎弓根投影外上缘,即左侧应位于 9~11 点之间,右侧位于 1~3 点之间,这说明进钉点选择正确,否则应予以调整。②监测引导进钉方向:开口器开口后,用手锥逐渐钻入,C 形臂 X 线机透视侧位像见手锥前端位于椎弓根中部时,正位透视像手锥前端

是否位于椎弓根投影的中心,若位于椎弓根投影中心,则说明进钉方向正确,否则应调整手锥进入方向。手锥继续钻入,C 形臂 X 线侧位透视见手锥前端位于椎体后缘时,正位透视像手锥前端是否位于椎弓根投影的内缘,否则应予调整手锥进入方向。③监测进钉深度:确定手锥钻入方向正确后,继续钻入,C 形臂 X 线机侧位透视见手锥前端位于椎体前中 1/3 交界处时,并用探针确定孔道四壁、前端均为骨质后,然后再拧入长度合适自攻椎弓根螺钉。置入螺钉长度根据术前 CT 测量结果确定:螺钉长度为椎弓根通道长度的 80%^[7]。侧位透视图像见螺钉在椎体深度百分比 T₁-T₃ 不超过 80%,T₄-T₈ 不超过 70%,则说明螺钉长度安全合适,否则予以调整。

1.2.4 评定标准

所有标本的实验操作完成后,先将标本进行 CT 扫描判断椎弓根螺钉位置,再将标本逐节段解剖分离,大体观察判断椎弓根螺钉的位置准确率,并在椎弓根的不同平面横断骨质部分观察螺钉在椎弓根横断面上的位置将椎弓根螺钉按照穿出椎弓根最狭窄部皮质的程度分为:优,螺钉完全位于椎弓根内;可,仅有部分螺钉螺纹穿出椎弓根峡部皮质,突破在 2 mm 以内,对周围神经脊髓无危险;差,螺钉明显穿出椎弓根峡部皮质,突破在 2 mm 以上,有对周围神经脊髓造成损伤的危险。

2 结果

依据以上评定标准,本组标本共置入椎弓根螺钉 96 枚,其中优 90 枚,占 93.8%,螺钉完全位于椎弓根内者;可 6 枚,占 6.2%,螺钉穿破椎弓根内或外侧骨皮质较少,突破在 2 mm 以内;差,无。

3 讨论

3.1 上中胸椎椎弓根螺钉固定的可行性和术中 X 线监测的局限性

Sandeep 等^[8]报道正常人 T₄ 和 T₅ 椎弓根横径最小,中胸椎椎弓根可置入直径 4 mm 螺钉,上胸椎和下胸椎椎弓根可置入直径 5 mm 螺钉,可见上中胸椎椎弓根螺钉固定是可行的。然而通过椎弓根外侧-肋骨间隙置钉,其力学强度仅达到椎弓根螺钉强度的 64%;而椎弓根钩和椎板钩仅提供椎弓根螺钉强度的 40%~52%^[9]。相对于其他内固定方法,椎弓根螺钉具有更好的力学强度,节省固定和融合节段,更利于椎体去旋转和预防曲轴,从而提高脊柱畸形的矫正效果。但是上中胸椎椎弓根直径较小且周围重要的脏器较多,置入椎弓根螺钉操作技术要求高且危险性大,因此许多学者采用 X 线监视、诱发电位、计算机辅助导航等许多方法来增加胸椎椎弓根螺钉植入准确性和安全性。Suk 等^[4]在 462 例脊柱侧凸患者中置入 4 604 枚胸椎椎弓根螺钉,根据术后 X 线判断 48 例(10.4%)患者 67 枚螺钉(1.5%)出现位置错误,虽然未出现神经、血管和内脏损伤等并发症,但根据 X 线判断螺钉位置的准确性较差,与 CT 断层扫描或尸体标本解剖相比准确性误差在 10%~83%。由于椎弓根与脊柱矢状面及水平面有夹角,使导针在正位片上呈一条线穿过椎弓根投影,而不是一个点落在椎弓根投影内或外。椎体呈圆柱形,当螺钉穿出椎体侧方,侧位片显示螺钉虽然在椎体内,也不能判断螺钉是否穿出椎弓根内侧或外侧皮质。因此,尽管术中摄片可以帮助提高螺钉植入的准确性,但该方法可靠性不够高,很大程度上依靠手术医生的临床经验,也缺乏判断螺钉位置的客观依据,因此,

国内外一些学者对术中 X 线监测方法做了一些改进和探索。

3.2 C 形臂 X 线透视下分步引导上中胸椎椎弓根螺钉安全植入的可行性及实用性 理想的进钉点是椎弓根轴线在椎弓根后端的投影点,沿椎弓根轴线进钉,这样椎弓根的横径、矢状径才能得到最大限度的利用,进钉点的偏移会使螺钉误置及引起并发症风险增加。解剖学定位方法虽各有不同,但均以横突、关节突等椎后解剖标志为参照物,但当横突和关节突有变异、关节突骨质增生等骨性结构改变时,依靠椎后解剖标志定位的方法就会不够准确,具有一定的局限性。C 形臂 X 线监测进钉点可弥补这个缺点,同时 C 形臂 X 线监测分步引导可及时调整进钉方向,避免椎弓根螺钉穿破椎弓根内外骨皮质进入椎管,损伤神经脊髓或使内固定强度下降,引起并发症发生。Myles 等^[10]设计了一种带有小珠的导针,将带有小珠的导针植入椎弓根后,摄侧位片使小珠位于椎弓根中段,当前后位片小珠位于椎弓根投影的中心,认为导针与椎弓根中心轴吻合。利用上述方法,在手术组判断的敏感度为 100%,特异度为 97%。本实验也进行了上中胸椎椎弓根轴线导针在进钉点、不同进钉深度时 C 形臂 X 线正侧位透视图像监测及对应关系变化规律分析研究。根据上中胸椎轴线螺钉进钉点、进钉方向、进钉深度 C 形臂 X 线透视监测规律,我们可以在 C 形臂 X 线监测下分步引导行上中胸椎椎弓根螺钉安全植入。因此,我们认为 C 形臂 X 线透视分步引导上中胸椎椎弓根螺钉安全植入是可行的,具有经济性、实用性,能提高上中胸椎椎弓根螺钉植入的安全性和准确性,值得推广。当然在实际临床运用中,T₁-T₂ 节段因肩部结构阻挡,C 形臂 X 线透视不能清楚显示监测,故不能运用此法监测椎弓根螺钉安全置入。但可以采用椎弓根轴位和导针轴位透视监测引导椎弓根螺钉安全置入。

在椎弓根螺钉内固定术中,计算机辅助导航技术是目前较为准确的监测方法,是未来脊柱外科的一种发展趋势,但它需要借助昂贵的设备和特殊的器械,操作较为复杂,一些技术问题仍未完全解决^[11]。注册系统要求定位精确,一旦定位后就不能移动,否则将严重影响椎弓根螺钉置入准确性。有时术中仍需要结合传统的 X 线透视以减少手术失败^[12]。Joe 等^[13]在术中诱发电位监测螺钉置入实验模型上将椎弓根螺钉通电刺激运动神经根诱发肌电图,通过监测肌电图的变化来判断螺钉置入的准确性并可与 X 线监测联合运用而增加敏感性,但术中如果已监测到肌电图变化,神经损伤可能已经发生,在调

整椎弓根螺钉位置术后也可能出现神经损伤症状。因此目前所运用的术中椎弓根螺钉置入监测方法都各有其优缺点。本实验所采用的 C 形臂 X 线透视下分步引导上中胸椎椎弓根螺钉置入,对硬件设备要求不高,普通 C 形臂 X 线机就可以满足要求,该方法引导上中胸椎椎弓根螺钉置入具有较高的安全性和准确性。

参考文献

- 1 Ebraheim NA, Rollins JR, Xu R, et al. Projection of the lumbar pedicle and its morphometric analysis. *Spine*, 1996, 21(11): 1296-1300.
- 2 杨慧林, Yuan HA, 陈亮, 等. 椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松脊柱压缩骨折. *中华骨科杂志*, 2003, 23(5): 262-265.
- 3 Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? *Spine*, 2004, 29(3): 333-342.
- 4 Suk SI, Kim WJ, Lee SM, et al. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine*, 2001, 26 (18): 2049-2057.
- 5 张永刚, 王岩, 刘郑生, 等. 数字化三维重建技术定量评估青少年特发性脊柱侧弯胸椎椎弓根的形态变化. *中国临床康复*, 2005, 9(22): 13-15.
- 6 Kotte R, O'Holleran J, Liu W, et al. Internal architecture of the thoracic pedicle. *Spine*, 1996, 21(3): 264-270.
- 7 吕厚山. 脊柱内固定学. 第 2 版. 北京: 中国医药科技出版社, 2001. 261.
- 8 Sandeep P, Datir MS, Sajal R. Morphometric of the thoracic vertebral pedicle in an India population. *Spine*, 2004, 29(11): 1174-1181.
- 9 Lehman RA Jr, Kuklo TR. Use of the anatomic trajectory for thoracic pedicle screw salvage after failure/violation using the straight-forward technique: a biomechanical analysis. *Spine*, 2003, 28(18): 2072-2077.
- 10 Myles RT, Fong B, Esses SI, et al. Radiographic certification of pedicle screw pilot hole placement using Kirshner wires versus beaded wires. *Spine*, 1999, 24(5): 476-480.
- 11 海涌, 马华松, 邹德威, 等. 电磁影像导航技术在胸腰椎手术中的运用. *总装备部医学学报*, 2003, 5(2): 96-98.
- 12 Youkilis AS, Quint DJ, Mc Gillicuddy JE, et al. Stereotactic navigation for placement of pedicle screws in the thoracic spine. *Neurosurgery*, 2001, 48: 771-779.
- 13 Joe M, Lai KA. Neuromonitoring of an experimental model of clip compression on the spinal nerve root to characterize acute nerve root injuring. *Spine*, 1998, 23: 932-940.

(收稿日期: 2007-05-24 本文编辑: 王宏)

本刊关于参考文献著录的要求

本刊参考文献按 GB7714-7《文后参考文献著录规则》采用顺序编码著录。参考文献必须以作者亲自阅读过的近年主要文献为限,并由作者对照原文核定。参考文献中的作者, 1~3 名全部列出, 3 名以上只列前 3 名, 后加“等”。外文期刊名称用缩写, 中文期刊用全名。每条参考文献均须著录起止页, 只占 1 页的文献, 给出所在页即可。将参考文献按引用先后顺序, 用阿拉伯数字排列于文末。

期刊: 作者. 文题. 刊名, 年, 卷(期): 起页-止页. 例: 周辉, 彭亮, 韩勇, 等. 体外充气复位结合椎体成形术治疗胸腰椎压缩性骨折. *中国骨伤*, 2007, 20(3): 155-157.

专著: 作者. 书名. 版次(第 1 版不标注). 出版地: 出版者, 出版年. 起页-止页. 例: 刘云鹏, 刘沂. 骨与关节损伤和疾病的诊断分类及功能评定标准. 北京: 清华大学出版社, 2002. 30-31.

专著中析出文献: 析出责任者. 析出题名. 见: 原文献责任者. 原文献题名. 版次. 出版地: 出版者, 出版年. 起页-止页. 例: 孙树椿, 张清. 手法治疗. 见: 孙树椿, 孙之镛. 临床骨伤科学. 北京: 人民卫生出版社, 2006. 72-83.