

基础研究

三维可视化图像引导枢椎椎弓根螺钉个体化置入

王亚明¹, 田增民¹, 郑奎宏², 李志超¹, 王洪伟¹, 孙君昭¹, 卢旺盛¹

(1 海军总医院神经外科; 2 影像中心 100037 北京市)

【摘要】目的:探索一种三维可视化图像引导的枢椎椎弓根螺钉置钉方法。**方法:**选取 8 具成人颅-颈椎标本, 应用改良四柱式定位框架固定于枕颈, 使颅-颈-肩形成统一刚体, 保持空间位置恒定, 行 CT 薄层扫描获取枢椎三维定位信息, Aero-tech 立体定向手术规划系统三维建模, 以枢椎椎弓根和侧块做“图像容积重建”, 在重建的骨性“容积块”中调节钉道的轨迹, 确保其完全走行在椎弓根“容积块”内, 并避开脊髓和椎动脉, 形成可视化、个体化的置钉路径, 然后在导向弓把持下置入导向钢针, 复查 CT 评价置钉的准确性。**结果:**共置入 16 个枢椎椎弓根钢针, 15 个精确达到预设深度和方向; 方向出现偏差者(横突孔突破)1 个, 失败率为 6.25%。**结论:**目标椎弓根的容积三维重建、置钉路径可视化设计和虚拟演示, 操作过程简单、直观而精确。加上导向抓持装置提供的稳定性, 可视化图像引导置钉技术有较好的发展前景。

【关键词】 枢椎; 椎弓根螺钉; 可视化; 立体定向; 图像引导

中图分类号: R687.3, R814.42 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2007)-10-0769-04

Three-dimension visualized image guided individual axis pedicle screw placement/WANG Yaming, TIAN Zengmin, ZHENG Kuihong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2007, 17 (10): 769~772

【Abstract】 Objective: To investigate a new method of axis pedicle screws placement by three-dimension visualized image-guiding. **Method:** Eight adult cranio-cervical cadavers were immobilized by ameliorated four-column stereotaxis frame, cranio-cervical-scapular moulding was made as an uniform rigid body, spacial position was kept stable. Thin-slice CT scan provided spacial information of axial vertebral, Aero-tech surgical plan software assisted construction of three-dimension model. Aimed axis pedicle and lateral mass to make “image volume reconstruction”, modulated the screws path inside reconstructed “bone volume mass” to make sure the path absolutely tracking inside “volume mass”, avoiding the spinal cord and vertebral artery. Achieved visualized individual inserting path. Guide-arch hold the accurate direction to placet guidewire, the placement veracity was assessed by CT-countercheck. **Result:** One inserting divergence of guidewire (6.25%) appeared breaches of transverse foramen in 16 axis pedicle screw placement. **Conclusion:** Volume-reconstruction of aimed pedicle, visualized design and virtual maneuvering of inserting path made surgical process simplified, intuitionistic and rigorous. In addition to guide-holding equipment providing stability, visualized image guided pedicle screw placement shows better future.

【Key words】 Axial vertebral; Pedicle screws; Visualization; Stereotaxis; Image-guided

【Author's address】 Department of Neurosurgery, Navy general hospital, Beijing, 100037, China

枢椎椎弓根螺钉置入在寰枕融合及颈椎后路固定手术中应用广泛^[1,2], 但由于枢椎解剖结构独特, 椎动脉行经枢椎侧块前下方时, 由内下方向外上方走行, 在横突管内迂曲呈“C”形或“S”形, 使枢椎上关节面外侧 1/3 呈悬空状。侧块和上关节突的解剖暴露也不能预见骨性横突管中椎动脉走

行和位置的高低, 增加了枢椎椎弓根螺钉置入的危险^[3]。本实验以传统有框架立体定向技术和 Aero-Tech 手术规划系统为基础, 探索一种三维可视化图像引导的枢椎椎弓根螺钉置入技术。

1 材料及方法

1.1 标本

选取 8 具福尔马林浸泡的成人颅-颈椎标本(标本来源于北京三博复兴脑科医院神经外科解

第一作者简介: 男(1970-), 副主任医师, 医学博士, 研究方向: 脊柱脊髓外科和神经系统肿瘤

电话: (010)66958514 E-mail: yamingwang@sohu.com

剖研究室),标本包括颅枕部和 C1~C7 的椎体,保留完整的脊柱三柱结构和肌肉、皮肤。

1.2 实验器材

改良 Aero-tech 立体定向框架,CT 定位板,耳卡,CT 适配器,弓形导向仪(北京浪腾科技发展有限公司制造)。Φ=2.0mm 长杆钻和钻套,配套的塑料导向夹/制动夹,转接器,枪式轻便电钻,Φ=1.8mm 的穿刺针套(长度 189mm),配套的圆头、尖头穿刺针芯,Φ=1.2mm 的导向钢针(北京美迪澜医疗设备有限公司),Aero-tech 立体定向手术规划软件(北京浪腾科技发展有限公司),GE-lightspeed 型 16 排螺旋 CT(通用电气医疗系统有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 枢椎椎弓根的空间定位 借鉴 Halo-vest 外固定装置的设计,改进四柱-基环式 Aero-tech 立体定向框架,增加“扭矩螺丝纵向调节立杆长度”的设计使定位框架兼备了纵向牵引固定作用,框架底部基环附加了“卡紧式”双肩托垫和下颈椎“棘突固定螺钉”的设计。将改进的将定位框架套在颅颈椎标本上,立柱上部 4 个螺钉分别固定于额前、枕鳞下部,上紧螺钉钻破颅骨外板固定;扭矩螺丝调整立杆上纵向牵伸装置,将颈椎纵向牵引伸展后,通过基环下部设计附加的固定装置将颅-颈-肩固定,使之形成统一刚体,保持在框架内三维稳定性,限制其左右侧屈和前后仰伸(图 1,后插页 II)。安装带 N 型标记的 CT 定位框,使目标椎体在框架扫描范围,行螺旋 CT 薄层扫描(层厚 1.0mm)。

1.3.2 置钉路径的规划和虚拟演示 将 CT 扫描

图像数据输入 Aero-tech 手术计划软件,先行定位标记点的标记、整理、排序,建立统一坐标系;在各断层图像上以不同的颜色标记椎体表面、左右椎动脉和脊髓的轮廓线;在标记目标椎弓根时严格避开椎动脉和脊髓的轮廓线;将椎弓根钉尖端要达到的位置设为靶点,调整导向弓的环角和弧角,确保穿刺道的断层映射点在椎弓根或侧块内(图 2,后插页 II);“三维容积重建”椎弓根轮廓,在靶目标“容积块”中调节针道的方向,使钉道完全走行于“目标块”内(图 3,后插页 II);叠加椎动脉和脊髓的轮廓,不同角度观察置钉轨迹和二者的空间位置关系(图 4,后插页 II);叠加椎体表面轮廓确定“进钉点”位置是否合适,并测算椎弓根螺钉长度(图 5,后插页 II);在建立的三维模型上逐层叠加各断层图像,完成手术路径的规划和虚拟演示。

1.3.3 枢椎椎弓根钉的定向置入 按手术计划的三维坐标值和环、弧角,在基环上调整导向弓方向,皮肤切小口,旋入钻头,顶到实性骨质后,按导向夹引导方向将钻头钻至靶点深度,置入穿刺针套,撤除针芯后,置入硬质“导向钢针”。

1.4 椎弓根置钉准确性的评价

置钉完成后行颈椎侧位和前后位 X 线平片摄影以及薄层 CT 轴位扫描,评价置钉的准确性。

2 结果

共置入 16 枚枢椎椎弓根钢针,15 枚完全按照规划路径,精确达到预设深度和方向(图 6、7)。1 枚钢针出现向横突孔方向突破(图 8),失败率为 1/16(6.25%)。



图 6 复查 CT 显示,双侧枢椎椎弓根内导向钢针置钉准确 图 7 X 线侧位平片示经皮置入的枢椎椎弓根“螺钉”方向精确,深度达到椎体前缘 图 8 置钉后 CT 复查示左侧枢椎椎弓根螺钉方向精确,避开了脊髓和椎动脉,走行在侧块和椎弓根内;右侧钉道轨迹出现偏差,向外侧横突孔方向突破

3 讨论

“广义的椎弓根”是指连接于椎体侧后方和上关节突之间骨质,但枢椎椎体结构特殊,枢椎上关节在发育时向前上移位,椎弓为上下关节突之间的骨性连接部分占据,形成“狭义的椎弓根”。以横突后结节为界将其分为前后二部分:前份为横突孔区域,后份为枢椎的峡部,而横突孔区域纵向上又分为上、中、下宽,上宽指横突孔出口区,下宽指横突孔入口区,上下宽之间为中宽,中下宽的前方和“真正意义”上的椎弓根相移行^[3,4]。瞿东滨等^[4]报道枢椎椎弓根上、中、下宽不等,上宽平均 7.9mm(3.0~12.4mm),中宽平均 6.0mm(1.7~10.2mm),下宽平均 4.1mm(1.4~8.3mm),大约 20%~27.5%的枢椎椎弓根中下宽小于 5mm,“中宽”过小是枢椎椎弓根螺钉固定的主要制约因素。

枢椎椎弓根螺钉的安全置入除了精确的进钉点以外,螺钉在枢椎椎弓根中宽和下宽内的走行方向也至关重要。枢椎的椎弓根并非椭圆,横突管内的椎动脉由内下向外上的贯通,除了形成椎弓根上、中、下宽以外,还形成两个椎弓根轴线,上宽的椎弓根轴线指向上关节突,下宽轴线指向椎体内侧,二者呈一定角度,中宽和下宽在手术暴露中是不能显示的,而手术暴露的上宽大小和轴线方向并不能完全代表中、下宽的大小和走行,上宽可能掩盖着部分横突管内的椎动脉。所以完全按照观察到的上宽走行和大小进钉有一定盲目性,一旦横突孔区域的中下宽度不够,可向横突孔方向突破、损伤椎动脉的风险增大^[1,3,4]。对于枢椎椎弓根上、中、下宽差别显著的个体,单纯 X 线平面角度测量或“C”型臂侧方监测,并不能规避上宽、下宽大小和轴线差异引起的横突孔方向突破风险,因此将枢椎椎弓根(包括上、中、下宽)作为一个完整骨性结构行“容积型三维重建”,用不规则的“容积块”来显示上、中下宽的大小和形态差异,并在“容积块”内作钉道方向的调整,能立体、直观设计钉道路径以提高置钉的安全性。

传统手法椎弓根螺钉置入法除了精确地测量侧块进针点外,还要繁琐地测量椎弓根的上倾角和内倾角;因各倾角测量参照平面选择主观差异很大,使得不同学者测得的上倾角和内倾角相差较大,造成进钉角度参数标准不统一。况且术中各倾角的确定需要借助各式各样角度瞄准器,设计复杂的角度瞄准器临床操作复杂,不容易掌

握^[5,6];整个置钉路径选择很大程度仍旧依赖于外科医生的经验、解剖知识和三维空间想像力,不具备直观性、可视性和前瞻性。

计算机 3D 导航技术的应用使置钉准确性和直观性提高,但其准确性各家医院报道不一致,大约在 76%~97.6%,但是以下因素限制了导航置钉的准确性和临床应用^[7-9]:(1)相邻椎体间的空间位移导致“靶点飘移”;(2)术前定位体位与手术体位变化;(3)导航系统缺乏导向把持系统,在钻探椎弓根通道时,器械的抖动使实际方向偏离设计路径;(4)开路锥扩大椎弓根钉道时,定位参考架在空间坐标系中的晃动,使目标和操作器械轨迹在虚拟的三维图像中晃动,不能真实地反映实际位置,产生误差;(5)设备价格昂贵。

框架立体定向作为神经外科重要的传统技术,稳定性和精确性良好。三维可视化手术规划软件的开发使手术路径能虚拟演示,安全性和直观性明显增高。Johnson 等^[10]研究表明,Halo-vest 架可以限制颈椎 96%屈伸、侧屈活动及 99%的旋转活动,是最有效的颈椎外固定装置。用改进的四柱-基环式定位框架能将颅-颈-肩固定成“一体化”,限制了颈椎的屈伸和旋转活动,使颈椎形成统一“刚体”,在术前图像采集和手术操作过程中,保持三维空间位置的稳定,减少相邻椎体位移产生的靶点“漂移”误差。改进的框架不仅在影像扫描中起影像定位作用,在术前牵引固定及术中头位固定中都能起到替代“头架”的作用。本组 8 例标本均采用改进的框架实现了颅-颈坚实的固定,结果证实完全满足手术定位和操作的需要。

置钉路径的设计采用海军总医院神经外科和北京浪腾公司合作研制的 Aero-tech™ 立体定向手术规划系统。该系统功能强大,以高性能的图像工作站为基础,结合先进的计算机和图像处理技术,进行交互式头颈断层图像输入和三维重建,精确地对钉道方向、目标靶区及周围结构进行空间几何描述,并可三维立体、多角度动态显示。设计手术路径时,不用选择进针点和“X”线角参数测量,而是在每个 CT 断层图像中以椎弓根为目标逐层轮廓标记,然后对椎弓根进行“图像三维容积重建”;软件可将模拟钉道直观显示在“容积三维空间”内,只要在靶目标“容积块”中动态地调节钉道方向,确保钉道完全走行在“目标块”内,系统就计算出安全钉道的导向弓环、弧角参数。为验证钉

道的安全性,除了可以将钉道在各断层图像上的映射点直观或三维模拟显示,还可将虚拟脊髓和椎动脉轮廓与目标“容积块”叠加,动态旋转观察三者空间位置关系。此外,通过叠加椎体表面轮廓,显示钉道在椎体侧块表面的“进钉点”,还可对“进钉点”至“靶点”(钉尖)的距离(即螺钉的长度)实时计算,使术前个体化地选择螺钉长度轻而易举。本组 16 个枢椎椎弓根置钉安全路径的设计均经上述方法完成,极大地简化了手术程序,置钉路径直观、可视化,具有可重复性,术前能反复动态虚拟演示手术过程。

置入 16 枚枢椎椎弓根导向钢针中,1 枚出现方向偏差,向横突孔方向突破,分析出现偏差现象的原因可能是:置钉过程为“经皮”操作,没有切开暴露椎板和侧块,进钉点骨平面的凹凸不平使钻头打滑,会出现方向偏差。在实际操作中,如采用切开暴露后导向弓引导下直视置钉,可能会更精确。

改进的定向框架不仅在术前影像扫描中起定位作用,在术前牵引固定及术中头位固定中都能起替代“头架”的作用。该技术不仅在切开暴露手术中能起定位引导作用,还可以“经皮”准确定位椎弓根的位置和走行。随着腰椎弓根螺钉和同轴钉棒(Sextant 系统,枢法模公司)“经皮”置入内固定技术的成功开展^[11,12],“经皮”枢椎椎弓根螺钉的置入可使该“微侵袭脊柱内固定技术”在颈椎应用成为可能,此外“经皮”椎弓根定位技术不仅可用于螺钉的置入,尚可尝试应用于其他微侵袭脊柱外科领域如:经皮椎体成形术、经皮脊柱内镜的导入术、椎体转移瘤定向植入^{125I}粒子间质内放疗等。

4 参考文献

1. 郝定均,贺宝荣,周颈松,等.后路寰椎侧块螺钉结合枢椎椎弓

根螺钉固定治疗上颈椎不稳[J].美中国际创伤杂志,2005,4(1):17-20.

2. 李胜华,朱东起,袁中山,等.经寰椎椎弓根钉棒(板)内固定治疗急性创伤性寰枢椎不稳[J].临床骨科杂志,2006,9(2):124-126.
3. 马向阳,钟世镇.枢椎椎弓根螺钉固定的应用解剖学[J].中华创伤杂志,2003,19(5):274-276.
4. 瞿东滨,钟世镇,徐达传.枢椎椎弓根及其内固定的临床应用解剖[J].中国临床解剖学杂志,1999,17(2):153-154.
5. Mao GP,Zhao JN,Wang YR,et al. Design of cervical pedicle locator and three-dimensional location of cervical pedicle[J]. Spine,2005,30(9):1045-1050.
6. 李必文,袁锋伟,谭文甫.一种新型颈椎椎弓根置钉定位器的研制[J].医疗装备,2006,19(1):14-16.
7. Seichi A, Takeshita K, Nakajima S, et al. Revision cervical spine surgery using transarticular or pedicle screws under a computer-assisted image-guidance system [J].J Orthop Sci, 2005,10(4):385-390.
8. Holly LT,Foley KT.Percutaneous placement of posterior cervical screws using three-dimensional fluoroscopy[J].Spine,2006,31(5):536-541.
9. Richter M,Cakir B,Schmidt R,et al. Cervical pedicle screws: conventional versus computer assisted placement of cannulated screws[J].Spine,2005,30(20):2280-2287.
10. Johnson RM,Hart DL,Simmons EF,et al. Cervical orthosis:a study comparing their effectiveness in restricting cervical motion in normal subjects[J].J Bone Joint Surg Am,1977,59(3):332-339.
11. Acosta FL,Thompson TL,Campbell S,et al.Use of intraoperative isocentric C-arm 3D fluoroscopy for sextant percutaneous pedicle screw placement:case report and review of the literature[J].Spine J,2005,5(3):339-343.
12. Teitelbaum GP,Shaolian S,McDougall CG,et al.New percutaneously inserted spinal fixation system[J].Spine,2004,29(6):703-709.

(收稿日期:2007-01-19 修回日期:2007-05-09)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 彭向峰)

消息

欢迎订购《中国脊柱脊髓杂志》2007 年合订本(上册)

《中国脊柱脊髓杂志》2007 年合订本(上册)为精装本,定价 100 元/册。本刊经理部可随时为国内外读者代办邮购(免邮寄费)。有需要者请与本刊经理部联系。地址:北京市朝阳区中日友好医院内《中国脊柱脊髓杂志》经理部,邮编:100029。联系电话:(010)64206649,64284923。

汇款时请在汇款单上注明“订购《中国脊柱脊髓杂志》2007 年合订本(上册)”及册数。