

基础研究

虚拟手术系统支持下置入寰椎侧块螺钉的实验研究

何建荣¹, 李超¹, 杨会武², 何飞², 黄河²

(1 大理州医院骨科 671000; 2 昆明医学院第一附属医院骨科 650032 昆明市)

【摘要】目的:建立虚拟手术系统支持下经寰椎侧块内固定的标准体系及操作流程,探讨在其支持下置入寰椎侧块螺钉的可行性及准确性。**方法:**选取 8 例成年无破损和畸形的寰椎(C1)防腐头颈标本,CT 扫描后,数据导入虚拟手术系统进行三维重建和螺旋 CT 多平面重建(MPR),测量寰椎侧块数据;选择侧块与后弓根部下方交界区和横突孔的内侧缘与寰椎后弓内侧壁中点为进钉点,分别测量横突孔的内侧缘与寰椎后弓内侧壁的距离(L1),进钉点与侧块前缘最高点的距离(L2),进钉点与侧块前缘的垂直距离(L3),进钉点的垂线与寰椎侧块上缘切线的角度(α),进钉点垂线与横突孔内侧缘切线的角度(β),进钉点垂线与侧块内侧缘切线的角度(γ),并计算内斜角度 $[\delta=(\beta+\gamma)/2-\beta]$ 。左右两侧均测量 3 次,取其均值,进行统计学分析。根据虚拟手术系统测量结果,在标本上模拟手术置入寰椎侧块螺钉,然后虚拟手术系统进行重建,测量置钉准确性。**结果:**建立了虚拟手术系统手术流程,虚拟手术系统测量寰椎侧块相关参数 L1 左侧为 $9.82\pm0.76\text{mm}$,右侧为 $9.16\pm0.85\text{mm}$;L2 左侧为 $21.76\pm1.36\text{mm}$,右侧为 $21.50\pm1.02\text{mm}$;L3 左侧为 $17.78\pm1.67\text{mm}$,右侧为 $18.22\pm1.60\text{mm}$; α 左侧为 $36.78^\circ\pm1.23^\circ$,右侧为 $35.78^\circ\pm2.40^\circ$; β 左侧为 $18.84^\circ\pm1.80^\circ$,右侧为 $18.40^\circ\pm1.71^\circ$; γ 左侧为 $31.49^\circ\pm0.60^\circ$,右侧为 $30.46^\circ\pm1.56^\circ$; δ 左侧为 $6.32^\circ\pm1.08^\circ$,右侧为 $6.25^\circ\pm1.11^\circ$;经统计学分析,左右侧测量值均无统计学差异($P>0.05$)。尸体标本置钉 16 枚,全部位于侧块内,未伤及毗邻组织。**结论:**虚拟手术系统支持下置入寰椎侧块螺钉可行且准确性高。

【关键词】寰椎;侧块螺钉;内固定;虚拟手术系统

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2012.02.14

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2012)-02-0156-04

Atlas lateral mass screw insertion under virtual surgical system/HE Jianrong, LI Chao, YANG Huiwu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(2): 156-159

【Abstract】 Objectives: To establish a standard system and a standard operational process of atlas lateral mass screw insertion assisted by virtual surgical system and to investigate its feasibility and accuracy. **Methods:** CT scan were performed on eight specimens(bilateral) of atlas(C1) without damage or bony malformation, then the data were transferred into the virtual surgery system for three-dimensional reconstruction and multiple planar reformation (MPR) so as to measure the C1 lateral mass, the junctional zone of lateral mass and underside of posterior arch pedicle and midpoint of inner border of transverse foramen and inner wall of the posterior arch of atlas was selected as screw insertion point. The following parameters were measured: the distance between the inner border of transverse foramen and the inner wall of posterior arch of atlas(L1), the distance between screw insertion point and the highest point of front border of lateral mass (L2), the vertical distance between screw insertion point and the highest point of front border of lateral mass(L3), the angle between perpendicular of screw insertion point and tangent of up border of lateral mass (α), the angle between perpendicular of screw insertion point and tangent of inner border of transverse foramen (β), the angle between perpendicular of screw insertion point (γ) and tangent of inner border of lateral mass $[\delta:(\beta+\gamma)/2-\beta]$. The measurements were performed on left and right sides and the mean values were taken for statistical analysis. Based on the measurements, the procedure of atlas lateral mass screw insertion was simulated on specimens, the virtual surgical system reconstructed, and the accuracy of insertion finally evaluated. **Results:**

基金项目:昆明市社会发展科技计划重点项目(08S100311);云南省科技计划联合专项(2008C0013R)

第一作者简介:男(1970-),副主任医师,研究方向:骨外科

电话:(0872)2170567 E-mail:he700526@126.com

通讯作者:何飞 E-mail:drhefei@sina.com

A virtual surgical system for operational process was established. The relative parameters of atlas lateral mass were as follows, L1: the left side was $9.82 \pm 0.76 \text{ mm}$, the right side was $9.16 \pm 0.85 \text{ mm}$; L2: the left side was $21.76 \pm 1.36 \text{ mm}$, the right side was $21.50 \pm 1.02 \text{ mm}$; L3: the left side was $17.78 \pm 1.67 \text{ mm}$, the right side was $18.22 \pm 1.60 \text{ mm}$; α : the left side was $36.78^\circ \pm 1.23^\circ$, the right side was $35.78^\circ \pm 2.40^\circ$; β : the left side was $18.84^\circ \pm 1.80^\circ$, the right side was $18.40^\circ \pm 1.71^\circ$; γ : the left side was $31.49^\circ \pm 0.60^\circ$, the right side was $30.46^\circ \pm 1.56^\circ$; δ : the left side was $6.32^\circ \pm 1.08^\circ$, the right side was $6.25^\circ \pm 1.11^\circ$. All data from left and right side by virtual surgery system showed no statistical difference ($P > 0.05$). All sixteen screws located in lateral mass accurately, with no penetration into surrounding structure. **Conclusions:** Atlantoaxial lateral mass screw insertion assisted by the virtual surgical system is feasible and accurate.

【Key words】 Atlas; Lateral mass screw; Fixation; Virtual surgery system

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Hospital of Dali Prefecture, Dali, Yunnan, 671000, China

寰枢椎位于生命中枢对应的部位, 具有独特及复杂的解剖结构。寰枢椎后路手术是治疗寰枢椎疾患常用的手术方式, 先后有寰枢椎的线缆固定技术、椎板夹和椎板钩技术、经关节螺钉技术、寰椎侧块螺钉技术、寰枢椎椎弓根螺钉固定技术等。目前寰椎侧块螺钉技术主要依赖传统经验和通用解剖学数据指导, 无法实现个体化置钉, 且此类患者解剖变异较大, 传统操作容易引起静脉丛、神经根和椎动脉的损伤。

近年来出现的虚拟手术系统^[1]是计算机技术、图像处理技术与医学交叉应用的成果。我们观察了虚拟手术系统支持下置入寰椎侧块螺钉的可行性及准确性, 报告如下。

1 材料和方法

1.1 材料

选取 8 例无破损和畸形的寰椎(C1)防腐头颈标本, 不分种族, 全部为男性, 年龄 18~54 岁, 平均 32 岁, 并逐一编号。

1.2 主要设备及软件

64 层螺旋 CT 机 (Somatom Definition, Siemens, Germany), 自主研发的 BioMxsf 脊柱手术模拟系统。图形工作站为 DELL7400 (CPU XEON X5482 3.20GHz; RAM 32.0GB; 显卡 Quadro Fx 4800 1.5GB; 32 位操作系统)。

1.3 方法

将标本固定于 64 排 CT 扫描床上, 基线与寰椎平行。分别对 8 具标本(C1~C7)进行扫描, 扫描后原始数据经 CT 机工作站计算处理, 生成 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 格式图像数据。导入 DICOM 数据到自主开发的 BioMxsf 虚拟手术系统中进行重建。

选择寰椎侧块与后弓根部下方交界区和横突孔的内侧缘与寰椎后弓内侧壁中点为进钉点, 分别测量以下指标: 横突孔的内侧缘与寰椎后弓内侧壁的距离 (L1); 进钉点与侧块前缘最高点的距离 (L2); 进钉点与侧块前缘的垂直距离 (L3); 进钉点的垂线与侧块上缘切线的角度 (α); 进钉点垂线与横突孔内侧缘切线的角度 (β); 进钉点垂线与侧块内侧缘切线的角度 (γ); 计算内斜角度 (δ), β 与 γ 和的平均值减去 β 即为进钉的内斜角 $[(\beta + \gamma) / 2 - \beta]$ 。左右两侧均测量 3 次, 取其均值, 采用 SPSS 11.0 统计软件包进行分析。左右侧两组间比较采用 t 检验。

使用常规颈后路工具清除椎体后方软组织, 保留前方软组织、后方骨连接韧带, 暴露参照的解剖标志点, 注意避免破坏骨性结构参考标志。严格按虚拟手术系统术前测量的数据进行寰椎侧块螺钉置钉。再次将标本固定于 64 排 CT 扫描床上, 分别对 8 具标本进行扫描, 扫描后原始数据经 CT 机工作站计算处理, 生成 DICOM 格式图像数据。导入 DICOM 数据到自主开发的 BioMxsf 虚拟手术系统中, 进行多平面重建 (MPR), 测量侧块螺钉有无穿破或伤及毗邻组织, 并记录数量。

2 结果

建立了虚拟手术系统支持下寰椎侧块螺钉手术流程, 即术前 CT 扫描 → CT 数据采集 → CT 数据虚拟手术系统重建 → 术前测量及模拟手术 → 手术 → 术后评估。虚拟手术系统测量寰椎侧块相关参数 L1、L2、L3、 α 、 β 、 γ 、 δ 见表 1, 左右侧测量值间无统计学差异 ($P > 0.05$)。通过虚拟手术系统测量后进行尸体标本置钉, 术后 8 例标本 MSCT 扫描示侧块共置入螺钉 16 枚, 均完全位于侧块内,

表 1 寰椎侧块左右测量值比较

Table 1 Comparison between left and right side of

寰椎 (Atlas)	C1 lateral mass		$(\bar{x} \pm s)$	
	左 (Left side)	右 (Right side)	T值 (T value)	P值 (P value)
L1	9.82±0.76	9.16±0.85	1.966	0.086
L2	21.76±1.36	21.50±1.02	0.647	0.538
L3	17.78±1.67	18.22±1.60	-0.956	0.371
α	36.78±1.23	35.78±2.40	1.094	0.310
β	18.84±1.80	17.97±1.62	1.634	0.137
γ	31.49±0.60	30.46±1.56	1.661	0.131
δ	6.32±1.08	6.25±1.11	0.181	0.861

未伤及毗邻组织(图 1~3)。

3 讨论

寰椎和枢椎位于生命中枢对应的部位,具有独特及复杂的解剖结构,被称为“上颈椎”。从越来越多的文献报道^[2-6]不难看出,寰枢椎椎弓根钉棒系统的应用越来越广泛,但寰椎椎弓根解剖变异较大。何帆等^[7]研究了 48 个成人寰椎干燥标本,根据椎动脉沟底部后弓高度(AH)将“椎弓根”分为 3 型:①普通型:AH>3.5mm,占 83%;②轻度变异型:AH 介于 3.5mm 与 1.75mm 之间,占 13%;

③重度变异型:AH<1.75mm,占 4%,所以不是每个患者都适合行寰椎椎弓根螺钉的固定。在无法行寰椎椎弓根固定时,可选择寰椎侧块螺钉固定。寰椎侧块螺钉与枢椎椎弓根螺钉的抗拔出强度相当^[8],寰椎侧块螺钉+枢椎椎弓根螺钉的稳定性与 Magerl 螺钉相同^[9],寰椎侧块螺钉的固定强度是可靠的,不必辅以外固定,但显露困难,容易引起颈髓、C2 神经根、静脉丛和椎动脉的损伤^[10]。

传统手术方式多以尸体解剖学测得寰椎侧块相关参数为基础得到的钉道位置^[11]。个体间的变异、局部解剖变异、退行性变等均会影响标志判断和进钉的准确性。现今术前或术中 CT 测量椎弓根钉道参数已广泛用于临床^[12]。螺旋 CT 用于开展手术计划及测量,存在无直观器械三维模型、无法动态模拟矫形过程、术前三维重建模型不能完全真实反映术中实际空间位置等不足,其理想置钉路径的选择有明显的主观性,并且程序整合在 CT 设备上,需要到 CT 室进行手术计划,也存在交互性和针对性不足的缺陷,对骨科医生较为不便。

本虚拟手术系统基于 PC 和 Windows XP2 操作系统平台,以螺旋 CT 采集的术前图像为医学信息源,以 VC 6.0 为开发环境,用面向对象的 C++ 语言结合 VTK 软件开发包编制,建立基于微型计

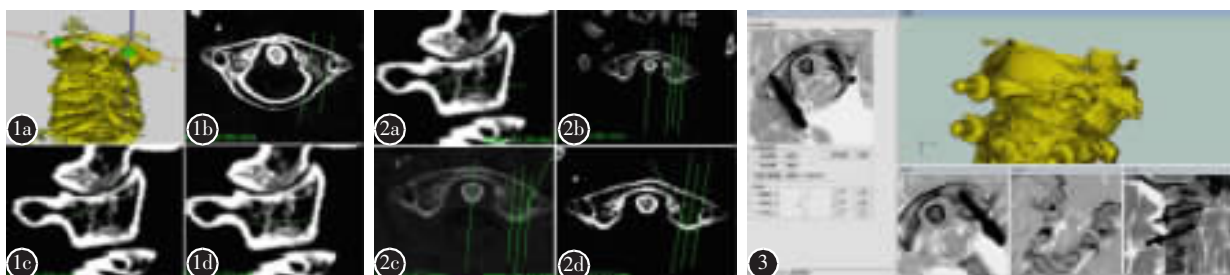


图 1 a 横断面与矢状面的交点即为进钉点,以保证横断面与矢状面测量值为同一钉道 b 横突孔的内侧缘与寰椎后弓内侧壁的距离 L1 c 进钉点与侧块前缘最高点的距离 L2 d 进钉点与侧块前缘的垂直距离 L3 图 2 a 进钉点的垂线与侧块上缘切线的角度 α b 由横突孔内侧缘的切线做垂线,其长度为 L1,调整到垂线的中点与侧块相交时,此点即为进钉点 c 进钉点垂线与横突孔内侧缘切线的角度 β d 进钉点垂线与侧块内侧缘切线的角度 γ 图 3 术后虚拟手术重建,显示螺钉位于侧块内,未伤及毗邻组织

Figure 1 a Screw insertion point b The distance between the inner border of transverse foramen and the inner wall of the posterior arch of atlas (L1) c The distance between screw insertion point and highest point of front border of lateral mass (L2) d The vertical distance between screw insertion point and highest point of front border of lateral mass (L3) **Figure 2** a The angle between perpendicular of screw insertion point and tangent of up border of lateral mass(α) b Screw insertion point c The angle between perpendicular of screw insertion point and tangent of inner border of transverse foramen (β) d The angle between perpendicular of screw insertion point (γ) **Figure 3** Postoperative reconstruction of the virtual surgical system, the screws inserted in specimens located in lateral mass. The screws did not hurt adjacent tissue

算机环境的可视化脊柱手术专用虚拟系统,以便辅助临床医生对脊柱疾病实施准确的诊断和精确的治疗。

虚拟手术系统在骨科手术中的应用主要包括完成术前规划、模拟手术过程、帮助完成手术。该类系统使医生能依靠术前获得的医学影像信息建立三维模型,在这个虚拟环境中观察、分析、预测手术方案的效果,帮助医生为不同的患者合理、定量制定个性化的手术治疗方案,甚至可模拟手术实施过程,对于选择最佳手术途径、减轻手术损伤、执行复杂骨科手术和提高手术成功率具有重要的意义。虚拟手术系统利用 CT 扫描的 DICOM 数据行三维重建和多平面重建(MPR)成像技术,实现三维图像和二维图像的同时显像,并且在三维模型结构中显示二维平面,任意调动,并在另外窗口显示二维图像。二维视图便于从多角度阅片(例如横断面、矢状面和冠状面),三维视图便于观察重构后的三维模型,并结合二维视图进行交互操作,在三维模型中任意选取二维平面快速定位兴趣平面和兴趣区域。

本研究建立了虚拟手术系统手术流程,经测量发现可选择侧块与后弓根部下方交界区处寰椎后弓内壁外约 4~5mm 为进钉点,也就是横突孔的内侧壁和寰椎后弓内侧壁的中点。术中可尽量减少向寰椎侧块外侧暴露,避免损伤神经根及静脉丛。侧块螺钉进钉深度在 18~22mm 之间。侧块螺钉进钉方向可向上倾斜约 18°~20°左右。进钉点确定后,在矢状位上可内收 6°是相对安全的角度,一般不会伤到椎动脉及脊髓。而夏虹等^[13]研究表明,寰椎侧块螺钉进钉点选择寰椎后弓下缘与寰椎侧块后缘的移行处,寰椎侧块的横向中点,螺钉内斜角度 15°,螺钉上斜角度 20°,可能与本研究测量参数不同,且数据量相对较小,缺乏女性标本等有一定关系。可先通过虚拟手术系统测量数据,进行虚拟手术模拟置钉,寻找最佳手术方法,并进行手术演练。术后复查 CT,数据导入虚拟手术系统进行重建测量,发现 16 枚螺钉均位于寰椎侧块内,没有伤及脊髓、椎动脉。结果表明,虚拟手术系统进行术前测量,指导置入寰椎侧块螺钉,具有一定的准确性。但本研究样本数量相对较少,

且都为男性尸体,故尚需大样本测量数据支持。

本研究通过结合当前虚拟手术系统辅助手术的优势,建立虚拟手术系统支持下寰椎侧块内固定的标准体系及操作流程,可提供治疗寰枢椎疾患的个体化方案。

4 参考文献

1. 代耀军,余伟巍,曹珏,等. 脊柱手术模拟系统的设计与研发[J]. 中华创伤骨科杂志, 2010, 12(2): 148-150.
2. Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. Anatomic considerations for the pedicle screw placement in the first cervical vertebra[J]. Spine, 2005, 30(13): 1519-1523.
3. 刘斌,尹东,肖丹,等. 寰枢椎不稳 Magerl 固定与椎弓根螺钉固定的生物力学分析[J]. 广东医学, 2009, 30(5): 717-720.
4. 谭明生,移平,王文军,等. 经寰椎椎弓根螺钉内固定技术的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(5): 336-340.
5. 戴加平,龚遂良,张炳祥,等. 寰枢椎椎弓根钉棒固定融合治疗上颈椎不稳[J]. 临床骨科杂志, 2009, 12(3): 273-274.
6. 马向阳,尹庆水,刘景发,等. 寰椎侧块螺钉与寰椎椎弓根螺钉的解剖与生物力学对比研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2005, 20(6): 361-363.
7. 何帆,尹庆水,赵延宝. 寰椎椎弓根形态分类与椎弓根螺钉植钉方法研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2008, 22(8): 905-909.
8. 蔡贤华,江斌,陈庄洪,等. 寰枢椎后路经关节螺钉内固定钉道与椎动脉的解剖学关系研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2009, 17(9): 693-694.
9. Richter M, Schmidt R, Claes L, et al. Posterior atlantoaxial fixation biomechanical in vitro comparison of six different techniques[J]. Spine, 2002, 27(16): 1724-1726.
10. Melcher RP, Puttlitz CM, Kleinsmeck FS, et al. Biomechanical testing of posterior atlantoaxial fixation techniques[J]. Spine, 2002, 27(22): 2435-2437.
11. 柯新,郑启新,熊晓芊,等. 寰椎侧块解剖学观测及其在侧块螺钉固定中的应用[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2006, 35(6): 799-800.
12. 王慧敏,谭明生,张光铂,等. 寰椎经后弓侧块螺钉固定通道的影像学测量[J]. 中国矫形外科杂志, 2003, 11(1): 34-37.
13. 夏虹,钟世镇,刘景发,等. 寰椎侧块后路螺钉固定的可行性研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2002, 10(9): 888-891.

(收稿日期:2011-06-20 2011-12-01)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)