文章编号:1000-5404(2013)04-0277-03

论著

O型臂导航系统与X线正侧位片引导下牛腰椎椎弓根打孔的对比研究

郭乃铭,张 鹤,李 杰,黄 博,郑文杰,周 跃 (400037 重庆,第三军医大学新桥医院骨科)

[摘要] **目的** 对比研究O型臂导航系统与X线正侧位片引导下牛腰椎椎弓根打孔的精准性。**方法** 对15具牛脊骨4~5个腰椎节段两侧椎弓根进行打孔,在每具标本一侧节段应用O型臂导航系统引导椎弓根打孔即导航组,另一侧相应节段应用X线正侧位片引导椎弓根打孔即放射组,两组各完成椎弓根打孔61次,共置入克氏针122枚。术中应用O型臂3D扫描模式进行扫描及三维重建,术后进行经克氏针水平的CT扫描,观察克氏针置入的精准度。**结果** 术后CT图像显示,放射组克氏针置入Ⅰ级(完全置入椎弓根内)28枚(45.9%),Ⅱ级(穿破侧壁但未完全置于椎弓根外)24枚(39.3%),Ⅲ级(完全置于椎弓根外)9枚(14.8%)。导航组克氏针置入Ⅰ级46枚(75.4%),Ⅱ级15枚(24.6%),无Ⅲ级克氏针置入情况。两组差异显著($P<0.05$)。术后O型臂图像评价克氏针置入精准度结果与术后CT评价结果差异不显著($P>0.05$)。放射组打孔时间平均6.5 min,导航组打孔时间平均3.9 min,差异显著($P<0.05$)。**结论** 应用O型臂导航系统辅助,能提高椎弓根打孔的精准性、缩短手术时间。

[关键词] 计算机辅助手术;O型臂;椎弓根;对比研究
[中图法分类号] R197.39;R615;R681.5 [文献标志码] A

O-arm based navigation *vs* X-ray fluoroscopy in accuracy of pedicle drilling in bovine lumber spine specimens

Guo Naiming, Zhang He, Li Jie, Huang Bo, Zheng Wenjie, Zhou Yue (Department of Orthopedics, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400037, China)

[**Abstract**] **Objective** To evaluate the feasibility and accuracy of bovine lumber spine pedicle drilling assisted by X-ray fluoroscopy and O-arm based navigation system. **Methods** Sixty-one holes were drilled assisted by X-ray fluoroscopy at one side of pedicles in 4 to 5 lumbar segments from 15 bovine lumber spine specimens, and another 61 holes were drilled assisted by O-arm based navigation system at the other side. Then 122 K-wires were put into the holes in all. K-wire positions were evaluated by O-arm 3 dimensional reconstruction after intraoperative cone beam computed tomography scanning (CBCT) and postoperative CT scanning. **Results** Postoperative CT scanning revealed that there were 28 (45.9%) K-wires in Grade Ⅰ (perfect within the pedicles), 24 (39.3%) Grade Ⅱ (breaching the pedicle wall but not completely outside the pedicle boundaries), and 9 (14.8%) Grade Ⅲ (completely outside the pedicle boundaries) in fluoroscopy group, and 46 (75.4%) in Grade Ⅰ, 15 (24.6%) in Grade Ⅱ, and none in Grade Ⅲ in O-arm group. The 2 groups had significantly difference in accuracy ($P<0.05$). There was no significant difference in the accuracy between the assessment of intraoperative O-arm scanning and postoperative CT scanning ($P>0.05$). Average hole drilling time was 6.5 min (ranging from 5.2 to 8.1 min) in fluoroscopy group and 3.9 min (ranging from 2.8 to 5.2 min) in O-arm group ($P<0.05$). **Conclusion** O-arm based navigation system increases the accuracy of pedicle drilling and reduces the surgical time significantly.

[**Key words**] computer-assisted surgery; O-arm; pedicle; comparative study

Supported by the "Twelfth Five-year Plan" of National Key Technology R&D Program (2012BAI14B02). Corresponding author, Zhou Yue, Tel: 86-23-68755608, E-mail: happyzhou@vip.163.com

近年来脊柱外科手术得到了很大发展,但脊柱解剖结构复杂,毗邻重要血管神经,手术难度和风险性很高。自20世纪90年代以来,计算机辅助骨科手术(computer-assisted orthopedic surgery, CAOS)应运而生,旨在通过手术过程中应用机器人设备或者计算机辅助手术导航系统,提高术野的可视度,使手术操作更微创、安全、精准[1-4]。O型臂导航系统由美力敦公司O型臂手术图像系统和StealthStation手术导航系统组

[基金项目] "十二五"国家科技支撑计划(2012BAI14B02)
[通信作者] 周 跃,电话:(023)68755608,E-mail: happyzhou@vip.163.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20121225.1250.010.html(2012-12-25)

成,该系统提供术中高质量二维、三维图像并实时跟踪手术器械及其对应解剖结构,精确指导医师完成手术操作。本研究旨在对X线正侧位片与O型臂导航系统引导下牛骨腰椎椎弓根打孔的精准性与安全性进行对比。

1 材料与方法

1.1 标本与器材

取15具新鲜市售牛腰椎标本,透视排除先天性畸形和骨折等疾病。剔除所有肌肉组织,保留各韧带、椎间盘等,用双层塑料袋密封保存于-20 ℃的冰箱中。实验前将标本移至室温(20~25 ℃)下解冻。器材包括美力敦公司O型臂手术图像系统与StealthStation S7手术导航系统、自制牛骨标本夹具、电钻、克氏针(Φ2.0×300)等。

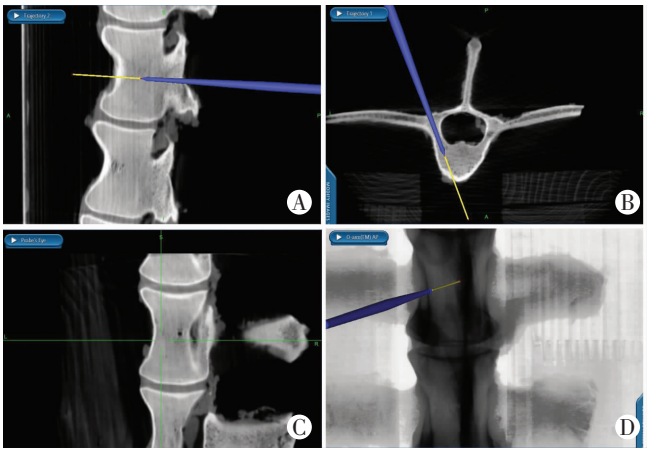
1.2 X线正侧位片与O型臂导航系统引导下牛骨腰椎椎弓根打孔步骤

将牛脊骨标本放置在自制牛脊骨标本夹具上,保持牛骨棘突向上、矢状位与夹具垂直,并将夹具固定于手术床上。连接并启动O型臂手术图像系统与StealthStation S7手术导航系统,将带有红外线反射球的参考架钳夹在牛脊骨L1棘突上,以能被导航系统红外线摄像机识别且不妨碍手术操作为宜。应用O型臂2D扫描模式拍摄牛脊骨手术节段正侧位X线片,设置O型臂3D扫描参数(管电压120 kV、管电流32 mA)并启动设备,O型臂连续旋转360°采集392幅高质量图像后,自动将采集图像三维重建并传输至StealthStation S7手术导航系统。在完成智能手术工具认证后,导航系统显示器即可实时显示已认证智能工具及其标定部位的三维图像。

对14具牛脊骨L_2~L_5节段、1具牛脊骨L_2~L_6节段两侧椎弓根进行打孔。在每具标本一侧节段应用O型臂导航系统引导椎弓根打孔即导航组,另一侧相应节段应用X线正侧位片引导椎弓根打孔即放射组。导航组应用智能尖钻工具在三维影像引导下选择最佳椎弓根打孔入点和方向,轻轻敲击尖钻后端,突破牛骨皮质后,应用智能探针工具在导航图像引导下实施椎弓根打孔操作,以通过椎弓根峡部为宜,取出智能探针工具并在孔洞中置入克氏针(图1)。放射组根据牛骨腰椎解剖结构及O型臂2D扫描模式拍摄的X线正侧位片,选择合适打孔入点和方向,在O型臂二维透视正侧位片引导下用开路器及直径2 mm电钻突破牛骨皮质并完成椎弓根打孔,在孔洞中置入克氏针,探测椎弓根皮质是否穿破。两组各完成椎弓根打孔61次,共置入克氏针122枚。

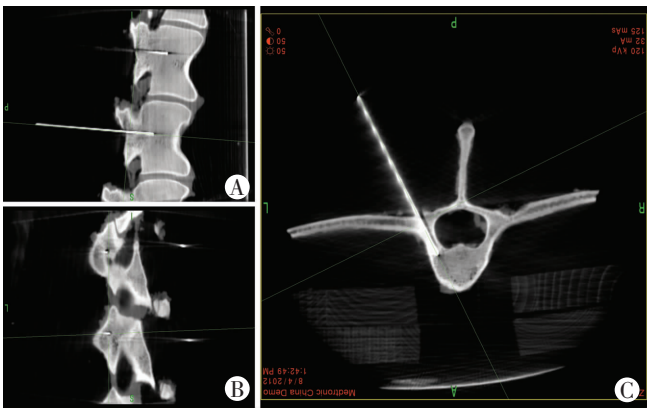
1.3 克氏针置入精准性评估方法

打孔完毕后即对牛脊骨手术节段进行O型臂3D扫描模式扫描及三维重建,在15具标本共61个手术节段中,完成58个节段的扫描与重建,有3个节段因O型臂3D扫描操作不当而漏扫。在O型臂计算机图像系统中读取经克氏针水平的重建图像,初步评价克氏针置入的精准性。术后标本都进行经克氏针水平的CT扫描,再次评价克氏针置入的精准性。按克氏针是否穿破椎弓根皮质及穿破程度将克氏针位置分为3级:Ⅰ级,克氏针完全置入椎弓根内;Ⅱ级,克氏针穿破内侧壁或外侧壁,但未完全置于椎弓根外,Ⅲ级,克氏针完全置于椎弓根外。见图2、3。



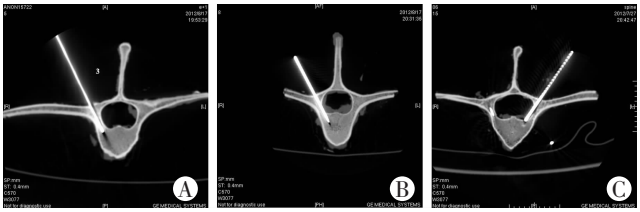
A:牛腰椎矢状位图像;B:智能探针轴位图像;C:智能探针视角;D:牛腰椎冠状位图像

图1 O型臂导航系统引导智能探针工具进行牛腰椎椎弓根打孔术中图像



A:牛腰椎矢状位图像;B:牛腰椎冠状位图像;C:克氏针轴位图像

图2 牛腰椎椎弓根打孔术中O型臂计算机图像系统经克氏针水平的重建图像



A:Ⅰ级克氏针(完全置入椎弓根内);B:Ⅱ级克氏针(穿破侧壁但未完全置于椎弓根外);C:Ⅲ级克氏针(完全置于椎弓根外)

图3 牛腰椎椎弓根打孔术后经克氏针水平的CT表现

1.4 统计学分析

应用SPSS 13.0统计软件,采用秩和检验分析不同手术组克氏针置入精准性及O型臂与CT评价结果有无统计学差异,采用两样本t检验分析不同手术组打孔时间有无统计学差异。

2 结果

2.1 术后CT图像评价

术后CT图像显示,放射组克氏针置入Ⅰ级28枚(45.9%),Ⅱ级24枚(39.3%),Ⅲ级9枚(14.8%)。导航组克氏针置入Ⅰ级46枚(75.4%),Ⅱ级15枚(24.6%),无Ⅲ级克

氏针置入情况。两组差异有统计学意义($\chi^2=13.38$, $P<0.05$)。

2.2 术中O臂图像评价

术中O臂三维重建图像显示,放射组克氏针置入Ⅰ级27枚(46.5%),Ⅱ级23枚(39.7%),Ⅲ级8枚(13.8%)。导航组克氏针置入Ⅰ级42枚(72.4%),Ⅱ级15枚(25.9%),Ⅲ级1枚(1.7%)。两组差异有统计学意义($\chi^2=9.45$, $P<0.05$)。且O型臂图像评价克氏针置入精准度结果与术后CT评价结果差异无统计学意义($\chi^2=0.16$, $P>0.05$)。

2.3 打孔计时及辐射暴露分析

放射组打孔时间平均6.5(5.2~8.1)min,X线拍摄次数平均6(5~8)次;导航组打孔时间平均3.9(2.8~5.2)min,两组打孔时间差异有统计学意义($t=15.29$, $P<0.05$)。

3 讨论

计算机辅助手术导航系统是以CT、X线等医学影像数据为基础,运用虚拟现实技术及立体空间定位技术,在计算机中建立一个虚拟环境,显示手术器械相对于病变组织的位置关系,从而实现对手术全过程的实时引导。手术导航技术在脊柱外科手术中应用日趋广泛,与传统手术技术相比,导航系统具有高精度、低射线暴露、微创等明显优势。在脊柱手术中应用较多的导航系统有基于术前CT的手术导航、Iso-C 3D手术导航等,但前者术中手工注册过程繁琐[5],后者成像质量一般难以精确反映复杂解剖关系[6],给临床应用带来不便。O型臂导航系统由O型臂手术图像系统和StealthStation S7手术导航系统组成,该系统可在1 min内完成高质量图像采集、三维重建与传输过程,并同时进行自动注册,图像传输完毕即可使用。本研究通过牛骨腰椎椎弓根打孔实验对比分析了在X线正侧位片与O型臂导航系统引导下进行手术操作的精准性、安全性,为该系统的临床应用做前期探索。

本实验结果显示,应用O型臂导航系统辅助显著提高了椎弓根打孔的精准性,无Ⅲ级克氏针置入情况,其原因可能主要有以下几点:①O型臂扫描成像质量高,术者可通过导航显示器清晰地观察椎弓根解剖结构;②应用导航引导椎弓根打孔,操作直观形象,可实时观察器械位置并做出调整,降低了穿破椎弓根皮质的风险。导航组平均打孔时间短于放射组,笔者认为原因可能在于:①应用导航引导椎弓根打孔,在精准定位后,打孔操作流畅,无需术中拍摄X线正侧位片验证孔道位置;②放射组术中需多次应用O型臂拍摄二维正侧位片验证克氏针位置,而O型臂拍摄设备较庞大,各向移动速度慢,导致O型臂拍摄设备的位置调整时间较长,从而进一步增加了放射组打孔平均用时。

应用O型臂导航系统辅助手术操作还具有以下优势:①手术医师无需术中反复拍摄正侧位X线片验证克氏针位置,减少了手术医师辐射暴露量,手术人员的放射安全性大大提高,而放射组平均X线拍摄次数为6(5~8)次。②手术医师在完成打孔操作后即可应用O型臂图像系统对手术节段进行扫描与重建高精度三维图像,以及时发现并修正不当操作,从而减少手术并发症的发生,也避免患者因术后不适甚至发生并发症而重返手术室。③O型臂导航系统根据术中实时解剖位置进行自动注册,此技术省时、方便且精度高[8],弥补了基于术前CT导航系统注册繁琐、人为误差大的缺点。④相比Iso-C 3D导航系统,O型臂导航系统的成像质量更高,对骨结构的显示更为清晰,因此O型臂导航系统在颈椎及脊柱畸形手术中可能更具应用优势。

我们体会,在应用该系统辅助椎弓根打孔过程中参考架的移位是造成打孔误差的主要原因之一。造成参考架与牛脊骨相对位置改变的原因可能有:①椎弓根打孔过程中引起的牛脊骨的移位、振动等可能造成参考架的移位。②为完成手术操作,手术智能工具可能与参考架相互接触使其移位。③术中更换失效的红外线反射球可能人为地移动参考架等。此外,本研究尚未对O型臂导航系统因手术操作而产生的误差进行定量评估,但仍为该系统的临床应用奠定了一定的基础。

参考文献:

[1] Tjardes T, Shafizadeh S, Rixen D, *et al*. Image-guided spine surgery: state of the art and future directions [J]. Eur Spine J, 2010, 9(1): 25-45.

[2] Verma R, Krishan S, Haendlmayer K, *et al*. Functional outcome of computer-assisted spinal pedicle screw placement: a systematic review and meta-analysis of 23 studies including 5,992 pedicle screws[J]. Eur Spine J, 2010, 19(3): 370-375.

[3] Ishikawa Y, Kanemura T, Yoshida G, *et al*. Clinical accuracy of three-dimensional fluoroscopy-based computer-assisted cervical pedicle screw placement: a retrospective comparative study of conventional versus computer-assisted cervical pedicle screw placement [J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(5): 606-611.

[4] Powell M F, DiNobile D, Reddy A S. C-arm fluoroscopic cone beam CT for guidance of minimally invasive spine interventions[J]. Pain Physician, 2010, 13(1): 51-59.

[5] Holly L T. Image-guided spinal surgery[J]. Int J Med Robot, 2006, 2(1): 7-15.

[6] Heiland M, Schulze D, Adam G, *et al*. 3D-imaging of the facial skeleton with an isocentric mobile C-arm system (Siremobil Iso-C3D) [J]. Dentomaxillofac Radiol, 2003, 32(1): 21-25.

[7] Cotterill P C, Kostuik J P, D'Angelo G, *et al*. An anatomical comparison of the human and bovine thoracolumbar spine[J]. J Orthop Res, 1986, 4(3): 298-303.

[8] Koivukangas T, Katisko J P, Koivukangas J P. Technical accuracy of an O-arm registered surgical navigator[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2011(2011): 2148-2151.

(**收稿**:2012-09-26;**修回**:2012-11-16)

(编辑 龙 亮)