

· 短篇论著 ·

Iso-C 臂三维导航系统在颈椎骨折中的应用研究

李勇 周艳艳 沈冰 于晓川

【摘要】 目的 探讨 Iso-C 臂三维导航系统在颈椎骨折中应用的可行性及安全性。方法 总结 20 例颈椎骨折患者在 Iso-C 臂三维导航系统辅助下置入 75 枚颈椎椎弓根螺钉,术中经椎弓根螺钉水平的 Iso-C 臂三维重建,观察椎弓根螺钉置入的精确性;X 线透视引导下置入的颈椎骨折 76 枚颈椎椎弓根螺钉,术中行 Iso-C 臂三维重建评价置钉准确性,并与 Iso-C 臂三维导航引导组进行对比分析。并对其中 10 例患者进行术中导航操作时间和精确性的监测。结果 Iso-C 臂三维导航系统引导组螺钉置入满意率为 96.0%,X 线透视引导组螺钉置入满意率为 89.5%,两组满意率差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组病例均未出现明显的神经、血管损伤并发症。术中 Iso-C 臂三维重建的图像质量基本与术后 CT 一致。术中三维扫描和工具注册时间及再次扫描印证平均 13 min(10 ~ 16 min),位置误差率平均 0.75 mm(0.18 ~ 0.96 mm,导航仪自动计算)。每枚椎弓根螺钉置入所需时间平均 3 min(2 ~ 5.3 min)。结论 采用 Iso-C 臂三维导航系统辅助进行颈椎椎弓根螺钉内固定对于颈椎骨折是可行的,与 X 线透视引导相比,能显著提高椎弓根螺钉置入的精确性、安全性,并且节省了时间,其对内固定后的评价准确可靠,与 CT 基本一致,具有显著的临床意义。

【关键词】 颈椎; 骨折; 外科手术,计算机辅助; 内固定 Iso-C 臂

图像导航系统的应用大大提高了椎弓根钉植入的准确性,而椎弓根螺钉内固定因其可靠的三维稳定性,已经广泛地应用于胸、腰段脊柱稳定性的重建。但因为颈椎解剖关系复杂,椎弓根变异性大,特别对于颈椎骨折的患者,椎弓根螺钉正确置入困难,损伤神经、血管的风险大,使其临床应用受到限制。Iso-C 臂成像模式可以使患者相应的解剖结构清楚地呈现在三维画面中,具有精确、实时的特点。其自动注册的功能也消除了传统无框架影像立体导航定位系统中手动注册的缺点,这无疑提高了效率和精确性。滕州市中心医院自 2005 年 9 月引进 Iso-C 臂(Siemens Iso-3D)计算机骨科导航手术系统(metronic software danek stealthstation treon™),开始在此系统辅助下行颈椎椎弓根螺钉内固定术。本文旨在分析计算机 Iso-C 臂三维导航系统辅助下进行颈椎椎弓根螺钉内固定的可行性和置钉精确性。

一、对象与方法

1. 对象:本组 15 例均为颈椎骨折。所有患者均存在不同的颈椎不稳,其中男 10 例,女 5 例,平均年龄 49 岁。手术在枢法模计算机骨科导航手术系统引导下进行。术中采用 Iso-C 臂三维 CT 重建,共植入 75 枚颈椎椎弓钉;包括:C1 ~ C3 12 枚,C4 ~ C5 33 枚,C6 ~ C7 30 枚。

X 线透视引导组 20 例,男 13 例,女 7 例,年龄 23 ~ 76 岁,平均 45.7 岁,共置入椎弓根螺钉 76 枚。两组患者手术均由同一术者完成。

2. 方法:(1)术中 Iso-C 臂引导虚拟实时导航引导模式:全麻,患者俯卧位,卧于可透视床上,维持颈椎中立位,并将双上肢尽量下拉固定于身体两侧,以便于术中 X 线透视(图 1)。后正中入路,充分显露拟手术节段后方结构至双侧小关节突外侧缘。患者后方解剖结构显露清楚后,在棘突上安装示踪器。确保示踪器牢固固定于椎体上。导航工作站使用 Iso-3D. Spine 软件,在内固定植入手术前先将参考架安放在合适的手术部位,然后进行 Iso-C 型臂三维重建,将采集的数据传输到枢法模计算机骨科导航手术系统,这时导航设备中的图像处理系统和红外跟踪系统就会创造一个可随意添加手术工具,设计内置物路径的虚拟手术环境。由于安装在结构和手术器械上的参考架能瞬时反射红外光,同时红外光位置侦察仪能瞬时反馈位置变化信息,使得导航系统能对术者的手术器械进行动态跟踪,显示角度和深度的变化,最终使内植物按照预定的手术路径进行精确制导^[1]。我院现在还有一种参考架上装有能发射红外光的装置,改由机器接受红外光,精确性可能要比前一种高。

(2)X 线透视引导模式:我科自 2005 年开始在 X 线透视引导下施行颈椎椎弓根螺钉内固定手术。对其中 18 例患者(男 13 例,女 5 例;年龄 23 ~ 76 岁,平均 45.7 岁)共置入的 76 枚椎弓根螺钉进行经椎弓根螺钉水平的 Siemens Iso-C 3D 椎弓根层面扫描和三维重建,采用上述相同标准进行精确性判断。

(3)内植物位置验证方法(图 2):术中用 Siemens Iso-C 3D 椎弓根层面扫描和三维重建了解实际内植物位置差和角度差,以及有没有突破皮质。按照螺钉是否穿透椎弓根及穿透程度将其分为三类^[2]:①一类:螺钉位置满意,螺钉未穿透椎弓根皮

质,或仅轻微穿透($<1\text{ mm}$)。②二类(图3):螺钉穿透椎弓根皮质 $>1\text{ mm}$,但不需要翻修,患者无周围组织损伤症状,内固定稳定性良好。③三类:螺钉穿透椎弓根皮质 $>1\text{ mm}$,患者出现周围组织损伤表现或内固定稳定性差,需要进行翻修或取出。在导航系统应用熟练后,对其中20例患者进行术中导航操作时间和导航精确性的监测。

3. 统计学处理:使用SPSS 11.5 for Windows软件包,采用卡方检验分析不同手术组其螺钉置入准确性有无统计学差异(检验水准: $\alpha=0.05$)。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

二、结果

术中Iso-C臂引导虚拟实时导航引导模式组:术中Iso-C臂或术后CT扫描可知,75枚椎弓根螺钉中,一类螺钉共72枚(占总体的96.0%),其中螺钉完全在椎弓根结构内的69枚;仅轻微穿透($<1\text{ mm}$)的3枚,其中1枚向内侧穿出。二类螺钉共3枚(占总体的4.0%),均发生于早期病例;其中1枚向内侧穿出,2枚向外侧穿出。未出现三类螺钉。术中Iso-C臂和术后CT所获取的图像一致。

Iso-C臂扫描获取导航所需图像时间平均约5 min,其中扫描获取内固定后图像时间平均约6 min,术中工具注册时间平均1 min,位置误差率平均0.75 mm(0.18~0.96 mm,导航仪自动计算)。每枚椎弓根螺钉置入所需时间平均3 min(2~5.3 min)。

对照组76枚螺钉中,一类螺钉共68枚(占总体的89.5%),其中螺钉完全在椎弓根结构内的56枚;仅轻微穿透($<1\text{ mm}$)的12枚。二类共8枚(占总体的10.5%),其中2枚螺钉向内侧偏出,其余螺钉均向外侧偏出。所有患者术中、术后均未出现明显血管、神经损伤并发症。两组结果差异有统计学意义($P<0.05$)。

三、讨论

生物力学研究表明,颈椎椎弓根内固定技术的生物力学稳定性优于其他现有的内固定技术,包括前路钢板系统、各种后路钢丝内固定及侧块钢板螺钉系统,在进行多节段固定时,椎弓根内固定稳定性优于前路钢板+后路三重钢丝联合内固定,在维持轴向旋转和后伸稳定性方面有明显的优势^[3]。所以颈椎椎弓根已经广泛地应用于临床上,而导航技术的应用为颈椎椎弓根钉的正确植入提供了一种更为可靠的技术保障。

目前导航在实际应用中技术上日趋成熟和完善。其获取图像主要靠以下三种方法:(1)术前进行CT扫描,然后将扫描获取的三维图像传输到导航仪上。此法的优点主要是图像清晰,三维成像清楚,有利于术前设计。缺点是需要与参照点结合,步骤复杂,容易产生误差。(2)用普通的C型臂作矢状面和冠状面的扫描,将获取的图像传送到导航仪上。此法的优点是简便易行,易于操作。缺点是只能在普通的X线片下进行操作,不能精确地置入椎弓根钉,误差太大。(3)用术中CT和MR获取图像,虽然图像清晰,误差较小,但是价格昂贵,很难普及。(4)用Iso-C臂获取图像,也就是本文主要阐述的内容。Iso-C臂在颈椎大多数手术中都有用,无论是结合导航或作为术中CT使用,而且作为后者使用时,可用来评价三维状态下的骨性减压及颈椎韧带的情况,以确定内置物是否被正确的放置,其图像质量与术后CT相比稍差但基本一致。对于颈椎后路椎弓根内固定来说,Iso-C臂可以获取实时的图像(图4),且其图像质量与CT基本无异。在一些颈椎严重不稳定的病例中,传统无框架影像立体导航定位系统需要术前获取CT资料并与术中参照点结合,那么在精确性上与Iso-C臂三维导航相比更容易产生误差,特别是术中体位变化明显则有误导术者的可能^[4]。

我们在实践应用中发现Iso-C臂有如下优点:(1)摆位时更加随便,而传统的导航定位系统必须与获取CT资料时的体位保持一致。患者可以行颅骨牵引的同时进行手术,有利于术者接近手术切口,方便手术操作,消除肉眼误差。(2)Iso-C臂获取的图像清晰,与CT基本无异,但在三维立体成像方面不如CT清楚(图5)。(3)Iso-C臂的花费和普通C臂差不多,相比较术中CT,Iso-C臂显著节省了费用,更容易为患者所接受。相比较传统无框架影像立体导航定位系统需要术前获取CT资料,节省了术前CT三维重建的费用。(4)Iso-C臂降低医师和患者X线的辐射量,减少透视次数。有研究表明,Iso-C臂旋转一周获取100张图片(图6),相当于普通C臂照射40 s,而只相当于高分辨率CT辐射量的1/30^[5]。(5)对于骨质减少的患者和过度肥胖的患者Iso-C臂的图像效果较差。Iso-C臂导航系统的优点是显而易见的,但是我们在使用过程中也发现了很多缺点:(1)术中参考架或体位一旦移动,就会造成误差,另外参考架不能离手术区太远。(2)图像虽然清晰但较普通的CT仍有差距,特别是在三维成像方面的差距。

有研究表明,采用常规X线透视定位进行椎弓根螺钉固定,大约21%有明显皮质穿透的表现,其中92%为向椎管内突破,表明传统二维影像技术的局限性^[6-7]。在本组15例导航条件下内置物手术中可观察到虚拟状态下内植物位置与真实位置相当吻合,而且显示在椎节中的位置理想,其中位移误差不超过1 mm,吻合率达97%,角度误差不超过 2° ,所产生的误差是可接受的。主要误差原因如下:(1)手术中参考架移位或者患者的体位发生了移动。(2)由于工具的原因,手术中在用锥子钻取椎弓根钉的钉道时,整个颈椎会不可避免的晃动,特别是对于颈椎不稳和骨折脱位的患者,尤为严重。(3)我们发现离参考架越远的椎体,其精确性越差。为了防止产生误差,我们采取了以下措施:(1)术中不要人为地移动参考架和患者。(2)对于颈椎骨折脱位和不稳的患者最好先行颅骨牵引,尽量保持颈椎的稳定。(3)参考架尽量夹在手术范围靠近中间区域的椎体棘突上。

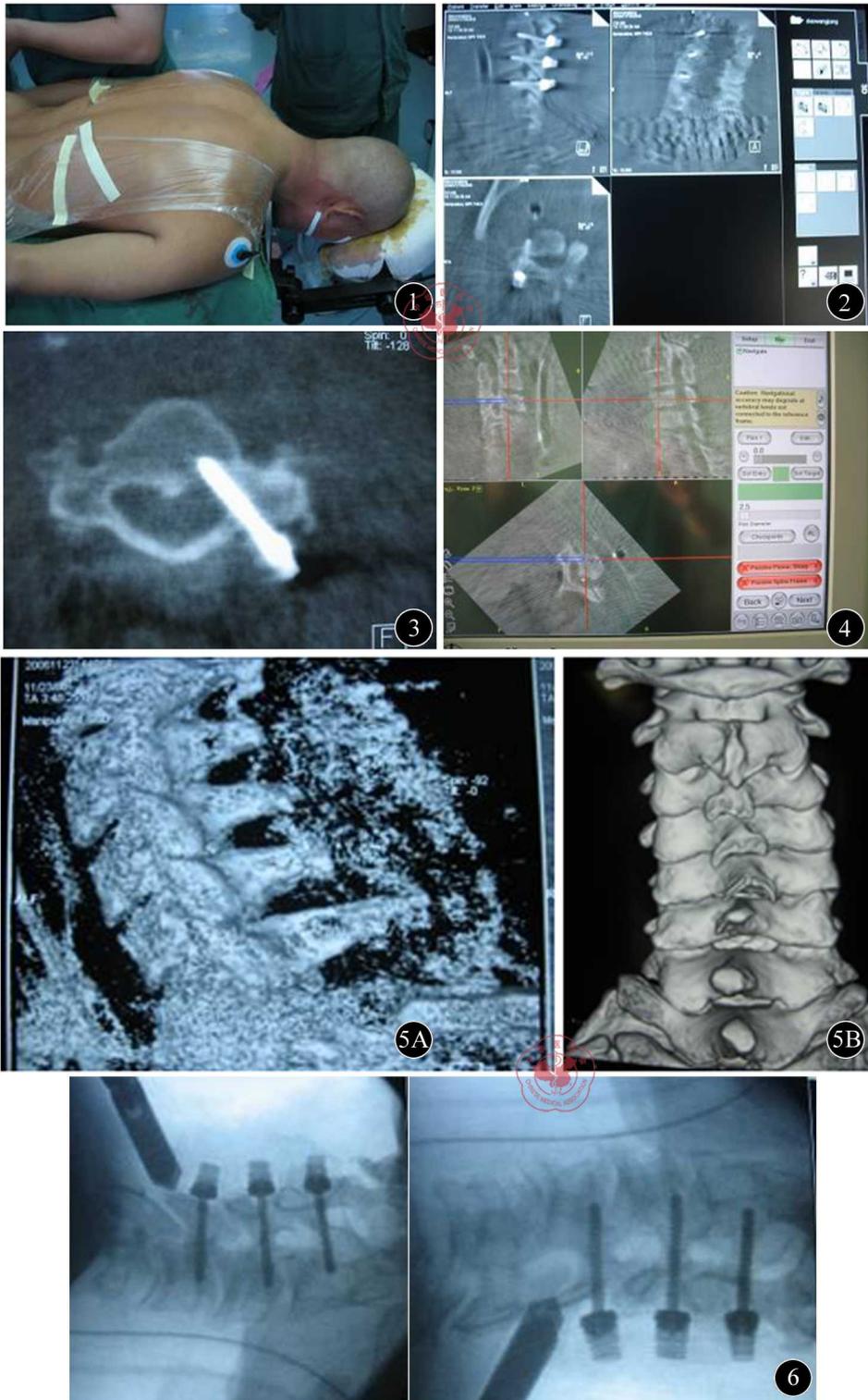


图1 患者的体位: 俯卧位, 卧于可透视床上, 维持颈椎中立位, 并将双上肢尽量下拉固定于身体两侧 图2 术中用Iso-3D C型臂印证椎弓根钉的位置, 图像清晰, 可从矢状面和水平面看到椎弓根钉完全位于椎弓根内, 为一类螺钉 图3 Iso-3D C型臂的3D成像示螺钉穿透椎弓根皮质 $>1\text{ mm}$, 但不需要翻修, 为二类螺钉 图4 术中导航系统可实时显示椎弓根探针所在位置, 如图所示探针位置理想, 完全处于椎弓根内 图5 5A为Iso-3D C型臂的3D成像, 5B为CT的三维成像, 可看出差别较大 图6 Iso-3D C型臂可获取360°的二维图像, 可从不同的角度观察钉子的位置

从影像学上看,Iso-C臂三维导航能显著提高颈椎弓根钉置入的精确性,从实际操作方面其安全性也大大提高了,而且节省了手术时间,而其作为CT使用亦能准确地判断椎弓根钉的位置。适用于定位要求高的颈椎后路内固定手术,并为以后手术微创化的发展提供了技术上的可能。

参 考 文 献

- [1] Foley KT, Simon DA, Rampersaud YR. Virtual fluoroscopy: computer-assisted fluoroscopic navigation. *Spine*, 2001, 26:347-351.
- [2] Richter M, Mattes T, Cakir B. Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine. *Eur Spine J*, 2004, 13: 50-59.
- [3] 谢宁,李家顺,贾连顺,等. 下颈椎后路固定方法的力学比较. *第二军医大学学报*, 2000, 21: 618-620.
- [4] 刘亚军,田伟,刘波,等. X线透视与计算机导航系统引导颈椎弓根螺钉内固定技术的对比研究. *中华外科杂志*, 2005, 43: 1328-1330.
- [5] Hott JS, Papadopoulos SM, Theodore N, et al. Intraoperative Iso-C C-arm navigation in cervical spinal surgery: review of the first 52 cases. *Spine*, 2004, 29: 2856-2860.
- [6] Jones EL, Heller JG, Silcox DH, et al. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws. Anatomic feasibility and biomechanical comparison. *Spine*, 1997, 22: 977-982.
- [7] Abumi K, Shono Y, Ito M, et al. Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine. *Spine*, 2000, 25: 962-969.

(收稿日期:2011-01-17)

(本文编辑:张岚)

李勇,周艳艳,沈冰,等. Iso-C臂三维导航系统在颈椎骨折中的应用研究[J/CD]. *中华临床医师杂志:电子版*, 2011, 5(9): 2721-2724.