

三维 CT 导航系统辅助下枕颈畸形螺钉置入术

刘刚, 田野, 曹鹏, 陈华江, 袁文

(上海长征医院骨科, 上海 200003)

【摘要】 目的:探讨三维 CT 计算机辅助导航系统辅助下枕颈畸形螺钉置入术中应用的相关问题。**方法:**对 2015 年 7 月至 2018 年 3 月采用外科治疗的 61 例枕颈畸形患者进行回顾性分析, 其中男 39 例, 女 22 例, 年龄 25~73(46.20±12.09) 岁。根据螺钉置入的不同方式分为导航组(30 例)和非导航组(31 例), 导航组以三维 CT 计算机辅助导航技术引导螺钉置入, 非导航组依据 C 形臂 X 线透视及术中解剖标志置入。所有手术由同一手术组人员完成, 术后均行 CT 扫描以评价螺钉位置。**结果:**两组共置入螺钉 122 枚, 其中导航组置入 60 枚, 非导航组置入 62 枚。导航组 CT 扫描螺钉位置均满意, 无螺钉相关并发症。非导航组 3 枚(4.83%)螺钉位置不满意, 术后无明显神经症状。导航组手术时间为 87.5~112.5(99.6±12.0) min, 非导航组 87.5~107.5(97.5±10.5) min, 两组差异无统计学意义($P>0.05$)。导航组螺钉置入时间 1.50~4.20(2.51±1.02) min, 非导航组 1.80~5.10(3.25±1.05) min, 导航组螺钉置入时间短于非导航组($P<0.05$)。导航组术中出血量为 122~153(137.57±9.48) ml, 非导航组为 121~158(138.75±8.56) ml, 两组差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**三维 CT 计算机辅助导航系统具有成像清晰、定位准确的特点, 能有助于提高脊下枕颈畸形手术中置钉的准确性和安全性。

【关键词】 计算机辅助外科手术; 脊柱; 畸形

中图分类号: R687

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.11.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of aided three-dimension CT navigation system in craniocervical junction malformation disease surgery
LIU Gang, TIAN Ye, CAO Peng, CHEN Hua-jiang, and YUAN Wen. Department of Orthopaedics, Changzheng Hospital, Shanghai 200003, China

ABSTRACT Objective: To investigate the related problems of three-dimension CT navigation system applied to craniocervical junction malformation diseases surgery. **Methods:** The clinical data of 61 patients with craniocervical junction malformation disease who underwent surgical treatment from July 2015 to March 2018 was retrospectively analyzed. There were 39 males and 22 females aged from 25 to 73 years old with a mean of (46.20±12.09) years. According to the different ways of screw placements, these patients were divided into navigation group (30 cases) and non-navigation group (31 cases). The screws insertion in the navigation group were guided under three-dimension CT computer-aided navigation system, while the screws insertion were guided by C-arm fluoroscopy and intraoperative anatomical landmarks in non-navigation group. All surgeries were performed by the same group of surgeons. All cases were scanned by CT after operation to assess the accuracy of the screw insertion. **Results:** A total of 122 screws were inserted in the study, including 60 screws in navigation group and 62 screws in non-navigation group. The screw positions in navigation group were all satisfactory, and there were no screw-related complications. The position of 3 screws (4.83%) in non-navigation group was not satisfactory, and there was no obvious neurological symptoms after operation. The operation time of navigation group was from 87.5 to 112.5 min with a mean of (99.6±12.0) min; and non-navigation group was from 87.5 to 107.5 min, with a mean of (97.5±10.5) min. There was no statistically significant difference in the operation time between two groups ($P>0.05$). The screw insertion time in navigation group was from 1.50 to 4.20 min, with a mean of (2.51±1.02) min; and non-navigation group was from 1.80 to 5.10 min, with a mean of (3.25±1.05) min. The screw insertion time in navigation group was shorter than that in non-navigation group ($P<0.05$). The intraoperative blood loss in navigation group was from 122 to 153 ml, with a mean of (137.57±9.48) ml, which in non-navigation group was from 121 to 158 ml, with a mean of (138.75±8.56) ml, there was no statistically significant difference between two groups ($P>0.05$). **Conclusion:** The three-dimensional CT computer-aided navigation system has the characteristics of clear imaging and accurate positioning, which can help improve the accuracy and safety of the screw insertion in craniocervical junction malformation disease surgery.

KEYWORDS Computer-assisted surgeries; Spine; Abnormalities

通讯作者: 袁文 E-mail: yuanwenspine@163.com

Corresponding author: YUAN Wen E-mail: yuanwenspine@163.com

脊柱后路椎弓根螺钉系统能同时提供脊柱三柱的即时稳定性,自 20 世纪 80 年代成功的临床应用以来,迅速被广泛推广并取得了巨大的成功^[1]。但枕颈畸形椎体骨性结构变异大、周围毗邻关系复杂,存在损伤局部神经血管的风险。因此螺钉置入过程中的准确性和安全性是枕颈畸形内固定手术的关键所在。虽然随着术者经验的累积,椎弓根螺钉置钉准确性得到了大幅提高。然而,椎弓根螺钉置入位置错误仍有较高的发生率^[2-3]。计算机辅助导航系统(computer-aided navigation system, CANS)于 20 世纪 90 年代中期首次应用于腰椎后路手术^[4]。研究表明, CANS 具有提高手术中置钉的准确性、安全性和减少射线损伤的作用^[4-5]。然而,早期的导航系统在实际应用中常给人以耗时、昂贵和精确度不足的感觉。目前,随着计算机技术及影像识别技术的提高, CANS 的发展更为成熟。我科自 2005 年引入三维 CT 计算机辅助导航系统,将其在枕颈畸形手术中应用的相关经验,介绍如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄 20~75 岁。(2)术前经影像学检查明确为枕颈畸形患者。(3)术前经影像学检查确定无多种畸形同时存在。排除标准:(1)严重全身疾病不能耐受手术的患者。(2)患者及家属依从性差且不积极配合的患者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2015 年 7 月至 2018 年 3 月收集的需要手术治疗的枕颈畸形患者 61 例,年龄 25~73 (46.20±12.09)岁。患者术前均行颈椎 X 线、CT 三维重建及 MRI 检查,诊断为枕颈畸形。其中寰枢椎脱位 30 例, Chiaris 畸形 23 例,寰枕融合 8 例(表 1)。根据手术方式不同分为导航组和非导航组。其中导航组 30 例,男 18 例,女 12 例。非导航组 31 例,男 21 例,女 10 例。两组患者的性别、年龄、枕颈畸形类型等一般资料比较差异无统计学意义 ($P>0.05$),具有可比性(表 1)。

1.3 治疗方法

1.3.1 数据采集 两组术前均行高精度 64 排 CT 扫描,层厚 1.5 mm,数据以 DICOM 格式输入 Brain-Lab VECTVISION SPINE 5.5 导航软件系统进行三维 CT 重建。

1.3.2 手术方法 (1)寰枢椎融合术:患者全麻后,俯卧于石膏床上。托架按脊柱方向牵引颈部,定位枕骨区及上颈椎,后正中选取适当切口长度。常规枕颈部手术区消毒后贴脑科膜,颈后正中切口逐层切开,分离椎体与肌肉,充分显露枕骨及 C₁-C₃ 棘突和椎板,确认椎体节段无误后,根据术前影像学资料直视下确定进钉点和进钉角度。咬除枢椎入钉点的骨皮质,手锥钻孔,探针探测确认无误后,插入长度合适椎弓根螺钉,影像学检查下见定位针位置良好,同样方法处理对侧。同样方法处理寰椎椎弓根螺钉,影像见寰枢椎复位良好,核对器械和敷料后,术区置引流管 1 根,逐层缝合,敷贴包扎后辅以颈托固定。(2)非导航组:首先,暴露术前 CT 或 MRI 测量可置钉的椎弓根,置钉时充分显露枢椎椎弓根和椎板,显露椎弓根的上缘和内缘,应用 Ebraheim 等^[2]方法确定进钉点后,用磨钻磨除进钉点骨皮质后手锥沿着预定角度缓慢钻入,无阻力前提下缓慢进钉,遇到阻力较大时微调整方向。钻入满意长度后,用探针探测钉道四周及底部有无突破感,无误后置入术前预选长度的螺钉, C 形臂 X 透视下确认进钉位置和方向。(3)导航组:逐步暴露相应节段棘突与椎板,在选定节段脊椎棘突上安装参考架,按照系统提示以表面匹配方式选取 20 点进行椎体注册。由系统自动计算出椎体匹配误差,设定误差在 1.5 mm 以内,继续螺钉置入。置入工具经匹配被计算机识别,在导航引导下进行置入螺钉的位置探测,调整相应的螺钉长度及直径,并引导螺钉置入(图 1)。非导航组按同样方法显露后,在 C 形臂引导下按解剖标志进行相应节段的螺钉置入。术者行三维 CT CANS 技术前经正规操作训练 2 个月,术中由专人行计算机导航界面操作,以消除不熟悉系统导致的操作误差。

表 1 两组枕颈畸形患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative general data of patients with craniocervical junction malformation diseases between two groups

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	枕颈畸形类型(例)		
		男	女		寰枢脱位	Chiaris 畸形	寰枕融合
导航组	30	18	12	47.00±12.01	14	13	3
非导航组	31	21	10	46.10±12.03	16	10	5
检验值		$\chi^2=0.502$		$t=0.481$		$\chi^2=0.287$	
P 值		0.617		0.734		0.866	

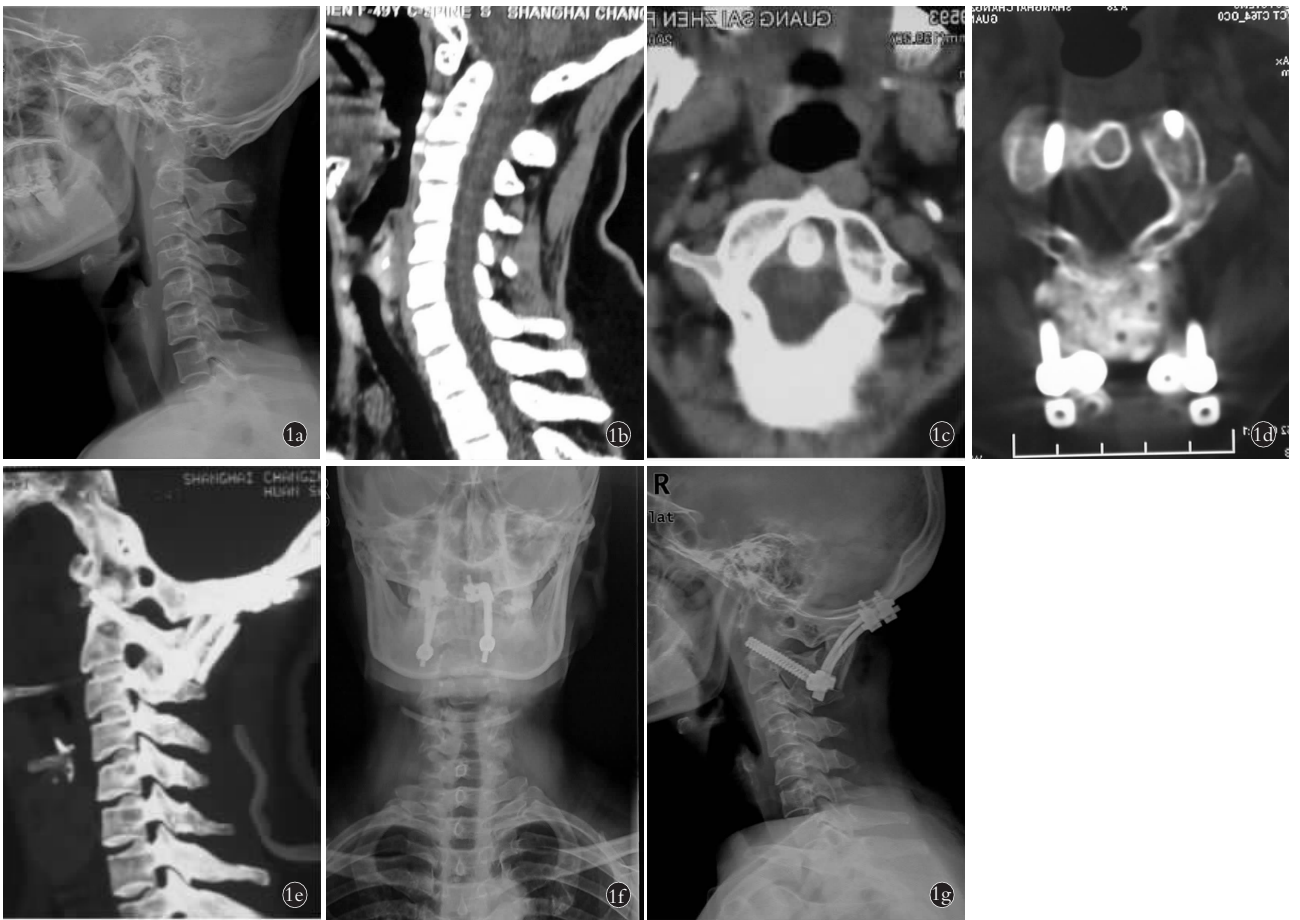


图 1 患者,女,49 岁,枕颈部畸形,行颈后路复位减压短节段枕颈椎骨内固定术 1a,1b,1c.术前侧位 X 线片、CT 侧位及横断位片提示枕颈部畸形,C₁、C₂半脱位 1d,1e.术后 CT 三维重建示内固定位置满意 1f,1g.术后正侧位 X 线片示寰枢椎脱位复位满意

Fig.1 A 49-year-old female patient with craniocervical junction malformation disease, which was treated by posterior reduction and decompression with short-segment internal fixation of craniocervical junction 1a, 1b, 1c. Preoperative lateral X-ray, lateral and axial CT showed craniocervical junction malformation and atlantoaxial subluxation 1d, 1e. Postoperative CT three-dimensional reconstruction showed a satisfactory position of internal fixation 1f, 1g. AP and lateral X-rays after operation showed a satisfactory reduction of atlantoaxial subluxation

1.3.3 术后处理 所有患者术后予以颈托固定,给进行心电血氧检测,待清醒后鼓励患者咳嗽,雾化药物吸入,嘱患者侧卧,定时翻身,防止压疮。术后给予营养神经药物营养神经,脱水药物消肿,抗感染药物预防感染,激素预防喉头水肿、减轻脊髓水肿。记录引流管引流液体性状及量,一般 48 h 内拔除引流管。病情允许条件下鼓励患者配戴颈托下地活动并进行功能锻炼,记录患者的症状改善情况。

1.4 观察项目与方法

记录两组手术时间、螺钉置入时间,手术出血量。术后均行 CT 扫描,参照 Rajasekaran 等^[6]方法评价螺钉的位置:0 级,螺钉完全在骨皮质内;1 级,仅螺钉的螺纹突破皮质,螺钉中轴仍在骨皮质内;2 级,螺钉中轴在骨皮质外;3 级,螺钉完全在骨皮质外。0 级和 1 级为置钉不满意,2 级和 3 级为置钉满意。

1.5 统计学处理

应用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析,定量资料

用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组手术时间、螺钉置入时间、手术出血量的比较采用独立样本 *t* 检验;两组置钉满意率比较采用 χ^2 检验;均以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究中共置入螺钉 122 枚,其中导航组置入 60 枚,非导航组置入 62 枚。术中出血量导航组为 122~153 (137.57±9.48) ml,非导航组为 121~158 (138.75±8.56) ml,两组差异无统计学意义($P>0.05$)。螺钉置入时间导航组为 1.50~4.20 (2.51±1.02) min,非导航组为 1.80~5.10 (3.25±1.05) min,两组差异有统计学意义($P<0.05$)。手术时间导航组为 87.5~112.5 (99.6±12.0) min,非导航组为 87.5~107.5 (97.5±10.5) min,两组差异无统计学意义。术后 CT 扫描导航组螺钉位置均满意,无螺钉相关并发症。非导航组 3 枚(4.83%)螺钉位置不满意,寰枢椎经关节螺钉突破寰椎侧块下壁,术后无明显神经症状。见表 2。

表 2 两组枕颈畸形患者手术时间、螺钉置入时间、术中出血量及螺钉位置比较

Tab.2 Comparison of operation time, screw insertion time, intraoperative blood loss, screw position between two groups with craniocervical junction malformation diseases

组别	例数	螺钉数(枚)	手术时间 ($\bar{x}\pm s, \text{min}$)	螺钉置入时间 ($\bar{x}\pm s, \text{min}$)	术中出血量 ($\bar{x}\pm s, \text{ml}$)	螺钉位置(枚)			
						0 级	1 级	2 级	3 级
导航组	30	60	99.6±12.0	2.51±1.02	137.57±9.48	60	0	0	0
非导航组	31	62	97.5±10.5	3.25±1.05	138.75±8.56	59	3	0	0
检验值			$t=0.502$	$t=5.540$	$t=-1.049$	$\chi^2=0.503$			
P 值			0.617	0.000	0.298	0.777			

3 讨论

3.1 枕颈畸形的特点

对于枕颈畸形的描述最早可追溯到 18 世纪末、19 世纪初期。随着人们对这类畸形认识的不断深化,尤其是 20 世纪 70 年代以后,随着 CT、MRI、三维 CT 重建等现代影像技术的问世,国内外的学者为了进一步完善和改进颅颈交界区畸形的诊治做了大量的工作^[7]。有别于欧美国家,中国人颅颈交界区畸形主要以先天骨性畸形为主,并常伴有椎动脉的走行异常。先天性颅颈交界区畸形是以枕寰枢复合体以及局部软组织发育异常而引起神经系统症状的一种先天性畸形疾病。其形式复杂多样,包括颅底陷入、扁平颅底、寰枕融合、寰枢椎脱位、Chiari 畸形等。枕颈区是由围绕枕骨大孔周围的枕寰枢复合体及其附近的韧带、神经和血管结构共同构成的解剖功能复合体,在这一重要区域实行内固定手术的关键要兼顾安全性和稳定性。

3.2 三维 CT 计算机辅助导航系统的特点

计算机辅助导航手术起源于 20 世纪初神经外科中应用的立体定向技术,是指将手术区域脊柱节段影像通过术前或术中成像确定并输入计算机,术中通过辅助运动分析系统将术中相应节段与计算机中所存储图像资料相匹配,进而对手术进行引航的一种方法^[8-9]。早期的计算机辅助导航系统操作较为复杂、耗时,精确性不高。近年来,随着计算机科技、医学影像技术的不断发展,计算机辅助导航系统逐渐成熟,并在国内外逐渐得到应用。

依据患者影像资料的成像方式不同,导航系统可分为基于 CT 的导航系统及基于 C 形臂 X 线的导航系统。其中基于 CT 的导航系统具有成像清晰,引导精确的特点^[9-11]。尤其是对于 X 线成像困难的特殊脊柱节段,如颈椎和颈胸段,能够进行清晰的成像。本组中所应用的是基于 CT 的三维导航系统,研究表明术中导航系统均成像满意。基于 C 形臂 X 线的手术导航系统成像于手术过程中,因此较之 CT 导航更具有实时性,但是其所成图像是二维成像,同时

成像质量相对 CT 较差,尤其是对于枕颈部。近年出现的 3D-C 形臂 X 线机虽然能在术中实时产生类似于 CT 的三维图像,但目前价格昂贵,尚难以普及,同时目前其成像质量与 CT 比较仍有一定差距^[8]。

3.3 螺钉位置准确性研究

以脊柱后路椎弓根螺钉系统为代表,通过后路手术中置入不同类型螺钉以重建脊柱的稳定性,是目前脊柱外科的重要手术方式。虽然随着术者经验的积累和术中 C 形臂 X 线透视的引导,螺钉置钉准确性得到了大幅提高,然而“非导航技术”毕竟有一定的“瓶颈”。研究表明椎弓根螺钉置入位置错误的发生率仍高达 5%~43%^[1-5]。Laine 等^[5]报道 30 例下腰痛患者行术中椎弓根螺钉置入,术后行 CT 扫描表明 152 枚螺钉中 32 枚(21%)突破椎弓根皮质。Elmeier 等^[12]报道一组胸椎弓螺钉共计 365 枚,其中 11.5%穿破椎弓根侧壁。

CANS 的出现为提高脊柱手术中置钉的安全性提供了更为切实的保障。虽然各研究报道的 CANS 下螺钉置入的准确率不一,但研究表明应用 CANS 确实能有效地提高术中置钉的准确性^[12-13]。对于高危脊柱节段或脊柱畸形而言,CANS 的作用则更能得到体现。Weidner 等^[14]报道一组 115 例 C_{1,2} 半脱位的病例,其中 37 例行 CT 导航下 C_{1,2} 经关节螺钉,78 例行 C 形臂 X 线引导下非导航技术置入,术后 CT 评价表明,非导航组中 8 枚螺钉出现置入位置错误,其中 1 例因损伤椎动脉而死亡,但导航组中无 1 例位置错误。Rajasekaran 等^[6]报道的胸椎畸形病例,其中 27 例侧凸畸形,6 例后凸畸形,侧凸平均为(58.4±8.0)°,后凸 Cobb 角平均为(54.6±4.0)°,共置入 478 枚螺钉,结果表明 C 形臂引导置入组中 23%(54/236)的螺钉突破椎弓根皮质,而导航组中则仅 2 枚螺钉(2/242)突破椎弓根皮质。

3.4 本组应用三维 CT 导航技术的体会

3.4.1 注册相关问题

导航系统在术中应用时只有通过注册才能“识别”目标椎体,进而可以实现导航。然而逐个注册椎体,则会显著增加手术时间。由

于邻近椎体间相对位置较为固定,尤其对于胸腰椎而言,因此本组中一般均注册 1 个椎节,其上下各 1 个椎节则通过导航显示的后部解剖标志与实际位置进行“校正”,进而引导螺钉置入。2009 年, Ternier 等^[15]报道了经口治疗斜坡及寰枢椎病变,其中唐氏综合征 13 例,复杂的先天性骨性畸形 3 例,斜坡脊索瘤 8 例,与导航系统结合过程中应用 Halo 架上的固定环作为额外的注册标志点来提高注册准确度,结果显示术中 CT 导航系统的准确性完全可满足经口入路手术的需要。术中参考架的位置影响导航的精确性^[7]。因此,术中应牢固固定参考架,一旦参考架位置发生意外变动则应重新注册椎体,才可进行导航手术。

3.4.2 手术时间相关问题 一些研究者认为,术中导航可能延长手术时间,因此不倾向于接受导航系统;而另一些则认为,导航有助于减少螺钉置入的时间^[6]。研究表明,术者对于导航系统的学习有一定的学习曲线才能逐渐适应并掌握^[16]。笔者体会到术中导航初期可能会在椎体表面注册和工具匹配上花费一定的时间,但随着技术的熟练,螺钉置入时间将缩短。本组为消除学习曲线对于导航下螺钉置入的影响,术者术前均行三维 CT CANS 技术正规操作训练 2 个月,并且术中由专人行计算机导航界面操作,以消除由于不熟悉系统导致的操作误差。

综上所述,在本研究中体会到三维 CT CANS 技术具有成像清晰、定位准确及引导便捷的优点,能更好的提高术中螺钉置入的安全性和准确性。同时,也认识到三维 CT 导航技术中图像毕竟成像于术前,术中操作时具有一定的“虚拟性”,因此术中仍应重视 C 形臂 X 线的使用和脊柱外科医师的临床实践经验。三者互相结合、互相验证才能更好地提高手术安全性和准确性。

参考文献

- [1] Gaines RW. The use of pedicle screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders[J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82: 1458-1476.
- [2] Ebraheim NA, Rollins JR, Xu R, et al. Anatomic consideration of C₂ pedicle screw placement[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1996, 21(6): 691.
- [3] Brown CA, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Complications of pediatric thoracolumbar and lumbar pedicle screws[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1998, 23: 1566-1571.
- [4] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1990, 15: 11-14.
- [5] Laine T, Lund T, Ylikoski M, et al. Accuracy of pedicle screw insertion with and without computer assistance: a randomized controlled clinical study in 100 consecutive patients[J]. Eur Spine J, 2000, 9(3): 235-240.
- [6] Rajasekaran S, Vidyadhara S, Ramesh P, et al. Randomized clinical study to compare the accuracy of navigated and non-navigated thoracic pedicle screws in deformity correction surgeries[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32: E56-E64.
- [7] Di Lorenzo N. Craniocervical junction malformation treated by transoral approach. A survey of 25 cases with emphasis on postoperative instability and outcome[J]. Acta Neurochir (Wien), 1992, 118(3-4): 112-116.
- [8] Gebhard F, Weidner A, Liener UC, et al. Navigation at the spine [J]. Injury, 2004, 35 (Suppl): S35-S45.
- [9] Schulze CJ, Munzinger E, Weber U. Clinical relevance of accuracy of pedicle screw placement: a computed tomographic supported analysis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1998, 23(20): 2215-2220.
- [10] Foley KT, Smith MM. Image-guided spine surgery [J]. Neurosurg Clin North Am, 1996, 7: 171-186.
- [11] Laine T, Makitalo K, Schenzka D, et al. Accuracy of pedicle screw insertion: a prospective CT study in 30 low back patients [J]. Eur Spine J, 1997, 6: 402-405.
- [12] Ebmeier K, Giest K, Kalf R. Intraoperative computerized tomography for improved accuracy of spinal navigation in pedicle screw placement of the thoracic spine [J]. Acta Neurochir, 2003, 85 (Suppl): 105-113.
- [13] 田伟. 使用计算机导航技术辅助脊柱骨折和不稳定的固定手术 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2004, 6: 1218-1219.
TIAN W. Use computer navigation technology to assist fixation surgery for spinal fractures and instability [J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2004, 6: 1218-1219. Chinese.
- [14] Weidner A, Wahler M, Chiu S. Modification of C₁-C₂ transarticular screw fixation by image-guided surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(20): 2668-2673.
- [15] Ternier J, Joshi SM, Thompson DN. Image-guided transoral surgery in childhood [J]. Childs Nerv Syst, 2009, 25(5): 563-568.
- [16] Arand M, Hartwig E, Hehold D. Precision analysis of navigation assisted implanted thoracic and lumbar pedicled screws: a prospective clinical study [J]. Unfallchirurg, 2001, 104(11): 1076-1081.

(收稿日期: 2020-09-15 本文编辑: 王宏)