

临床论著

后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定植骨融合治疗
成人不稳定性寰椎骨折的效果

杨 敏, 古辉云, 钟厚成, 谢远龙, 金 伟, 魏任雄

(武汉大学中南医院脊柱外科 430071 武汉市)

【摘要】 目的: 探讨后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定并植骨融合治疗成人不稳定性寰椎骨折的效果。**方法:** 对 2014 年 1 月~2018 年 8 月我院收治的 27 例不稳定性寰椎骨折的患者进行回顾性研究, 其中女性 7 例, 男性 20 例, 年龄 29~78 岁(54.1 ± 10.8 岁)。以横韧带断裂作为不稳定的标准, 其中单纯不稳定性寰椎骨折 16 例, 寰椎骨折合并枢椎齿状突骨折 10 例, 合并枢椎 Hangman 骨折 1 例。致伤因素为交通伤 6 例, 高处坠落伤 20 例, 重物砸伤 1 例。均行寰枢椎椎弓根螺钉内固定并植骨融合手术, 记录患者术前和术后的临床资料与影像学资料, 比较术前与术后的颈部疼痛视觉模拟评分(VAS 评分)、日本骨科协会(JOA)评分, 随访观察骨折愈合和植骨融合情况、有无内固定物松动和/或断裂以及伤口感染等情况。**结果:** 所有患者手术顺利, 手术时间 89~125min(103.7 ± 9.3 min), 术中出血 90~180ml(135.6 ± 24.2 ml), 未出现椎动脉损伤、脊髓损伤或脑脊液漏等手术并发症。所有患者均获随访, 随访时间 12~30 个月(21.63 ± 4.64 个月), 随访期内未出现内固定物松动、断裂和伤口感染等情况, 所有患者骨折均愈合, 植骨均获得骨性融合。术前颈部疼痛 VAS 评分 6.70 ± 0.70 分, 术后 3 个月随访时为 1.59 ± 0.61 分, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 术前 JOA 评分为 10.85 ± 1.11 分, 术后 3 个月随访时 JOA 评分为 15.96 ± 0.84 分, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:** 后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定并植骨融合手术对成人不稳定性寰椎骨折能重建良好的上颈椎稳定性, 可获得满意的临床疗效。

【关键词】 寰椎骨折; 横韧带; 寰枢椎不稳; 融合内固定

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2020.02.07

中图分类号: R687.3, R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2020)-02-0136-06

Posterior atlantoaxial pedicle screws fixation combined C1/2 fusion in adult unstable atlas fracture/YANG Min, GU Huiyun, ZHONG Houcheng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(2): 136-141

【Abstract】 Objectives: To investigate the clinical outcomes of posterior atlantoaxial pedicle screws fixation combined C1/2 fusion in adult unstable atlas fracture. **Methods:** A retrospective study was carried out on 27 patients with unstable atlas fracture who were admitted to our hospital from January 2014 to August 2018, including 7 females and 20 males, aging from 29 to 78 years(54.1 ± 10.8 years). The integrity of the transverse atlantal ligament(TAL) was used as a stability standard. Of the 27 patients, 16 patients were of simple atlas fracture, 10 patients were of atlas fractures with odontoid fractures, and 1 patient was of atlas fracture with Hangman fracture. 20 patients were injured by falling, 6 by car accidents, and 1 by bruise. All the patients were operated with posterior atlantoaxial pedicle screws fixation combined C1/2 fusion. The preoperative and postoperative clinical data and imaging data were recorded, and the preoperative and postoperative neck pain visual analogue scores(VAS), Japanese Orthopedic Association(JOA) scores. Bone fusion, internal fixation failure and wound infection were observed in the follow-up. **Results:** All the patients had successful operation. The operation time was 89-125min(103.7 ± 9.3 min), and the intraoperative blood loss was 90-180ml(135.6 ± 24.2 ml). No vertebral artery injury, spinal cord injury, or cerebrospinal fluid leakage occurred. All patients were followed up for 12-30 months(21.63 ± 4.64 months). During the follow-up, there was no internal fixation failure, or wound infection. Bone fusion was completed in all the patients. The VAS scores of neck pain were $6.70 \pm$

第一作者简介: 男(1994-), 硕士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: 18171422958 E-mail: ya_ming@whu.edu.cn

通讯作者: 魏任雄 E-mail: weirenxiang@whu.edu.cn

0.70 before surgery, and decreased to 1.59 ± 0.61 at three months after surgery ($P < 0.05$). The JOA scores were 10.85 ± 1.11 before surgery and increased to 15.96 ± 0.84 at three months after surgery ($P < 0.05$). **Conclusions:** Posterior atlantoaxial pedicle screws fixation combined C1/2 fusion has clinical outcomes in adult unstable atlas fracture.

【Key words】 Atlas fractures; Transverse atlantal ligament; Atlantoaxial instability; C1/2 fusion

【Author's address】 Department of Spine, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan, 430071, China

寰椎由前后弓及两侧侧块组成,位于枕颈交界处,是枕-寰-枢复合体的重要组成部分,由于其复杂的解剖结构及特殊生物力学关系,导致寰椎骨折的治疗既重要又困难。寰椎骨折通常由于外部高能量暴力由颅顶向颈椎轴向传递,导致寰椎前后弓与侧块交界处的薄弱部分骨折及侧块向两侧移位^[1]。寰椎的稳定性主要由横韧带及枢椎齿状突维持,横韧带横向连接寰椎左右两侧,并经过齿状突后侧,有限制寰椎过度前移的功能,横韧带断裂将导致寰椎的过分前移,导致寰椎不稳^[2]。通常将合并有横韧带断裂的寰椎骨折称为不稳定性寰椎骨折,不合并有横韧带的单处前弓或后弓骨折为稳定性寰椎骨折^[2,3]。稳定性寰椎骨折通常采用硬颈围、头颈胸石膏固定、Halo vest 支具等保守治疗即可获得较好的治疗效果^[4];而对不稳定性寰椎骨折的治疗方式仍存在较大争议,目前临床上应用的治疗方式主要有枕颈融合术(C0-C2 融合)、寰枢椎融合术(C1-C2 融合)、后路单节段寰椎椎弓根螺钉加横杆内固定术、经口咽入路单纯寰椎内固定术等^[5,6]。2014 年 1 月~2018 年 8 月我院采用后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定植骨融合术的手术方式治疗 27 例不稳定性寰椎骨折患者,总结报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例纳入与排除标准

纳入标准:(1)有明显外伤史;(2)入院后经影像学检查证实为新鲜寰椎骨折;(3)横韧带断裂致寰枢椎不稳定,横韧带断裂依据为满足以下条件之一:①颈椎侧位 X 线片上寰齿前间距 (ADI) $> 5\text{mm}$;②颈椎张口位 X 线片上寰椎侧块相对于枢椎向外移动的距离之和 (LMD) $> 6.9\text{mm}$;③颈椎 CT 提示寰椎侧块内缘存在撕脱性骨折;④颈椎高分辨率 MRI 提示横韧带有明显断裂;(4)同意手术治疗,并同意纳入本研究。

排除标准:(1)合并有严重颅脑损伤或其他节段脊髓损伤导致截瘫的患者;(2)基础情况太差或

合并有严重基础病而不能耐受麻醉或手术的患者。

1.2 一般资料

共有 27 例患者纳入本研究,男 17 例,女 10 例;年龄 29~78 岁(54.1 ± 10.8 岁)。所有患者都有明显的外伤史,交通伤 6 例,高处坠落伤 20 例,重物砸伤 1 例。其中,寰椎侧块爆裂性骨折伴前弓或后弓骨折 13 例,不典型 Jefferson 骨折 9 例,典型 Jefferson 骨折 5 例。10 例同时合并枢椎齿状突骨折,1 例合并枢椎 Hangman 骨折。

1.3 手术方法

患者全身麻醉后取俯卧位,颅骨牵引维持头颈部稳定,保持颈部中立位。消毒后铺无菌巾,手术区域覆盖无菌薄膜。颈后正中纵向切口,逐层切开皮下组织,骨膜下剥离显露枢椎棘突、椎板、侧块,骨膜下剥离小心暴露寰椎后弓,注意不要损伤寰枢椎间静脉丛。应用神经剥离子探查寰椎椎弓根内外侧壁和下壁,确定寰椎后弓的进钉点及方向,高速磨钻去除进钉点骨皮质后手钻缓慢钻入椎弓根,用探针仔细探查钉道四壁及底部,确定骨性钉道完整,攻丝后再次探查骨性钉道完整性,沿钉道方向置入直径 3.5mm,长度 26~30mm 螺钉,检测螺钉稳定性及把持力。以同样的方法置入寰椎对侧椎弓根螺钉以及枢椎椎弓根螺钉,枢椎中置入直径 3.5mm、长 24~26mm 螺钉。C 型臂 X 线机透视下确定螺钉位置无误后选择合适长度的连接杆,预弯成合适弧度后安装连接杆,拧紧螺母的同时依靠其提拉作用使寰椎充分复位,骨折复位效果不好时可以适当双侧加压以促进骨折块复位。用磨钻将寰椎后弓、枢椎椎板及棘突的骨皮质打磨粗糙以制备植骨床,将同种异体骨骨条植于寰枢椎间植骨床,生理盐水彻底清洗伤口,放置负压引流管后逐层缝合伤口。

21 例患者术中采用双侧椎弓根螺钉固定方式;6 例患者因侧块粉碎性骨折导致钉道损毁,采用单侧椎弓根螺钉固定方式。患者麻醉清醒、麻醉医师评估患者生命体征平稳后返回病房。

1.4 术后处理

术后 24h 内常规抗感染治疗,复查血生化指标,维持电解质及内环境稳定;视患者术后引流管中引流液情况,于术后 24~48h 拔除伤口引流管。拔除引流管后在硬颈围保护下适当下床活动,采用双侧固定的患者术后佩戴颈托 4 周,采用单侧固定的患者术后佩戴颈托 6 周。所有患者术后 3~5d 复查颈椎正侧位和张口位 X 线片,以及颈椎 CT,查看内固定位置情况及骨折块复位情况,记录患者颈部疼痛 VAS 评分。出院后在术后 3 个月和 12 个月时来我院门诊复查颈椎 CT,评估有无内固定松动或断裂的情况,观察骨折愈合和植骨融合情况,记录患者颈部疼痛 VAS 评分、JOA 评分。并在术后 12 个月之后开始每 6 个月电话随访 1 次,了解患者术后恢复情况。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用非独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所有患者手术顺利,术中无椎动脉损伤、脊髓损伤和脑脊液漏等来得并发症发生。手术时间 89~125min (103.7 ± 9.3 min);术中出血 90~180ml (135.6 ± 24.2 ml)。住院时间为 7~14d (10.19 ± 1.96 d)。所有患者出院后均获随访,随访时间 12~30 个月 (21.63 ± 4.64 个月),随访期间未出现椎弓根螺钉松动、断裂,无伤口感染等情况。术后 1 年复查 CT 时所有患者骨折均已愈合,植骨均已达到骨性融合(图 1)。术前和术后 3 个月时颈部疼痛 VAS 评分和 JOA 评分见表 1,术后 3 个月时与术前比较均有统计学差异($P < 0.01$)。

3 讨论

寰椎左右侧块相对较厚,前后弓相对薄弱,侧块与前后弓交界处较细,骨质相对疏松,是寰椎最薄弱、最容易发生骨折的部位^[7,8]。近年来,随着交通伤和高处坠落伤的增加,寰椎骨折的数量也不断增加。寰椎椎之间无椎间盘,关节囊薄弱,其稳定性主要由诸韧带和肌肉来维持,横韧带是其最重要的一条韧带^[9],但横韧带的弹性较低,在承受高能量损伤时可发生断裂,头部发生屈曲型暴力时,前方的齿状突会对横韧带产生一个剪切力,极

易造成横韧带中间处断裂(I 型),而寰椎爆裂性骨折通常造成横韧带撕脱或侧块撕脱性骨折(II 型),这两种损伤导致的横韧带损伤均会引起寰枢椎不稳。对于不稳定性寰椎骨折,治疗的首要目的是恢复并最大程度地保持上颈椎的稳定^[10]。本研究纳入了由不同致伤因素导致的 27 例不稳定性寰椎骨折患者,经后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定并植骨融合手术治疗,均取得了良好的维持颈椎稳定性的效果,并极大地改善了患者的生活质量,取得了满意的治疗效果。

不稳定性新鲜寰椎骨折的诊断一般不存在争议,有巨大暴力的外伤史,加上典型的影像学表现,一般可确诊。但是对于其治疗方式的选择,尚存在一定争议,保守治疗及各种手术方法都不乏支持者。保守治疗通常由 Halo-vest 支架持续佩戴 8~12 周完成,由于其方法简单,有一定的治疗效果,早期受到一部分人支持^[4,11],但是其发生骨折不愈合的几率太大、并发症较多。有文献报道^[12],长时间佩戴 Halo-vest 支具或牵引会引起颈部肌肉僵硬和颈椎生理弯曲的改变,造成颈部长期的慢性疼痛。由于需要长时间佩戴 Halo-vest 支架,对患者的日常活动(吃饭、睡觉、洗澡等)造成极大不便,很多患者难以接受;而且长时间佩戴支架,有螺钉松动、钉道感染的风险;因此,保守治疗的患者满意度也非常低。

近年来,治疗寰椎骨折的手术方式众多,可以分为融合内固定方式和非融合内固定方式。融合内固定方式中,经钢丝或钛缆固定的 Gallie 法和 Brooks 法由于需要用钢丝穿过椎管,有损伤脊髓和切割后弓的风险,已被逐渐弃用^[13]。目前临床上主要使用的是用钉棒系统完成的枕颈融合术和寰枢椎融合术,两种方式都是以牺牲一部分上颈椎的生理活动功能来完成维持上颈椎稳定。枕颈融合术由于同时牺牲了颈部的旋转和屈伸功能而被较少使用,但是在合并有枕寰关节不稳的情况下,枕颈融合可能也难以避免^[14-16]。寰枢关节提供了约 50% 的头部旋转功能,寰枢椎融合术也因牺牲了这部分旋转功能而遭到一部分学者反对。国内外学者研究新的非融合固定的手术方式,以期能改善寰枢椎融合术的弊端,达到既能保持上颈椎稳定,又能保留颈椎生理活动功能的效果。马维虎等^[17]在 2011 年报道了应用单纯寰椎椎弓根螺钉固定治疗不稳定性寰椎骨折的效果;Shatsky 等^[9]、

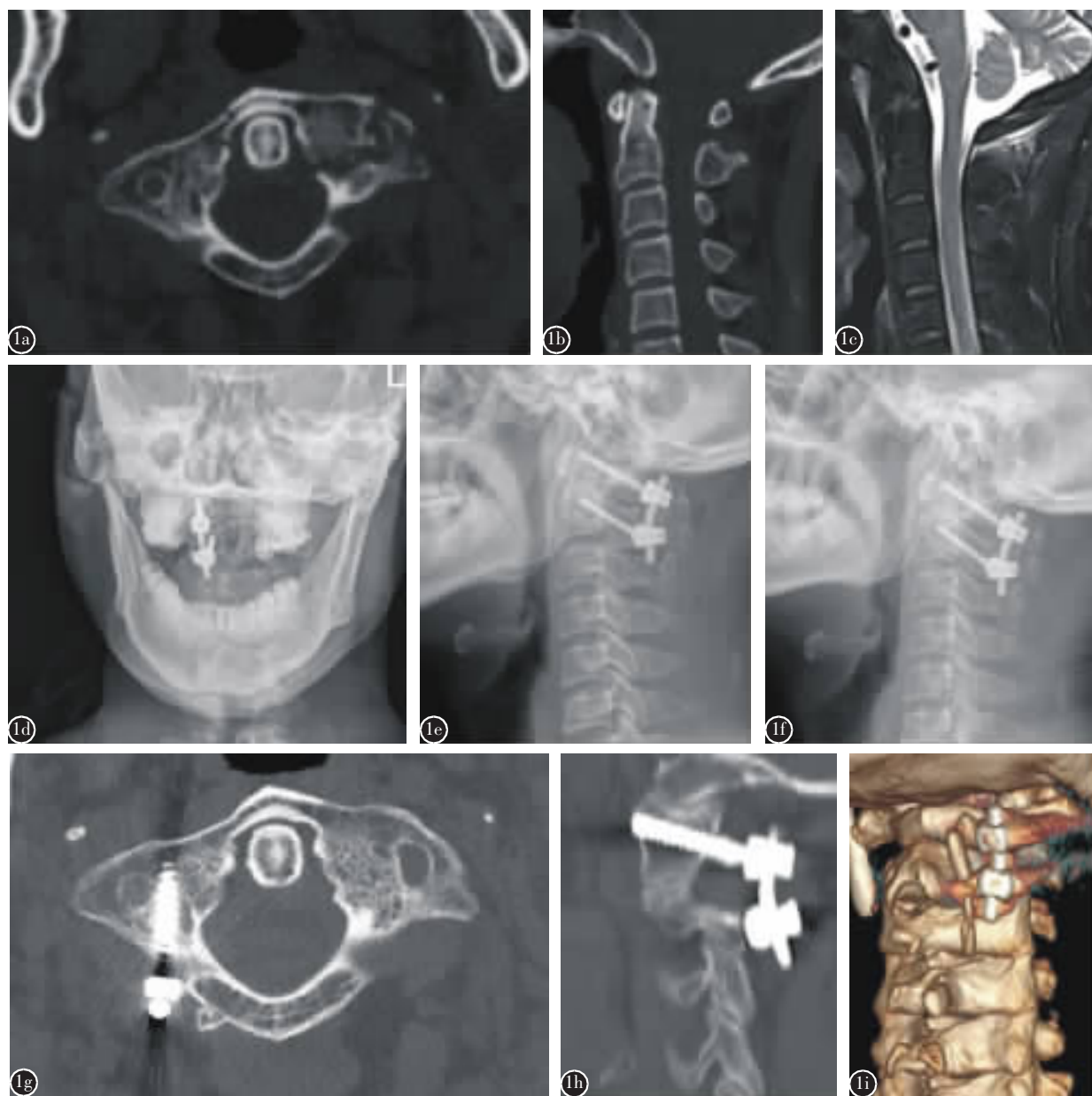


图 1 患者男性,55 岁,从高约 2m 处滑到摔下,头部着地,伤后无明显神经损伤症状,四肢感觉运动正常,术前 ASIA 分级为 E 级 **a、b** 术前颈椎 CT 示寰椎左侧侧块粉碎性骨折,伴右侧前弓骨折,无齿状突骨折 **c** 术前颈椎 MRI 示寰椎后弓处有一高密度影,未见其他椎体信号改变 **d、e** 后路寰枢椎右侧椎弓根螺钉内固定植骨融合术后 1 周,颈椎 X 线片示内固定位置良好 **f** 术后 2 个月颈椎 X 线片示内固定无松动或断裂 **g-i** 术后 1 年颈椎 CT 示骨折线消失,骨折已基本愈合,寰枢椎骨性融合

Figure 1 A 55-year-old male patient, who fell from a height of two meters and landed on his head, without signs of neurological deficits **a, b** Preoperative CT scans of the cervical spine showed comminuted fractures of the left lateral mass of the atlas along with fracture of the right anterior arch, in absence of fracture of odontoid process of axis **c** Preoperative MRI of the cervical spine showed hyperintense signal at the posterior arch of the axis **d, e** X-ray of the cervical spine at one week after posterior atlantoaxial pedicle screws fixation showed adequate alignment of the instrumentations **f** X-ray of the cervical spine at 2 months after surgery continued to show adequate alignment and no signs of loosening or failure of instrumentation **g-i** CT scans of the cervical spine at one year after the surgery showed healing of the fracture with bony fusion between the the axis and the atlas

表 1 术前与术后 3 个月随访时颈部疼痛 VAS 评分及 JOA 评分

Table 1 VAS score of neck pain and JOA score before surgery and 3 months after surgery

	颈部疼痛 VAS 评分 VAS score of neck pain	JOA 评分 JOA score
术前 Preoperation	6.70±0.70	10.85±1.11
术后 3 个月 3 months postoperation	1.59±0.61	15.96±0.84
t 值 t value	47.39	33.17
P 值 P value	<0.01	<0.01

Hu 等^[18]以及 Zhang 等^[19]分别报道了经口咽入路或经后路单纯寰椎椎弓根螺钉加横杆固定对寰椎爆裂性骨折的手术效果。单纯 C1 固定确实避免了牺牲颈椎屈伸或旋转的功能, 但是其适应证的范围还值得进一步探讨。理论上单纯 C1 固定不能适用于伴有横韧带断裂的不稳定性寰椎骨折, 也不能适用于伴有齿状突骨折或 C2 椎体骨折的情况, 因为其没有修复 C1/2 之间的稳定性, 不能限制寰椎过度前移。有学者提出^[20,21], 采用临时枕颈固定不融合或 C1/2 椎弓根螺钉内固定但不融合的手术方式, 以期达到既能保持上颈椎稳定性, 又能避免牺牲颈椎生理活动功能的效果。但这种手术方式需要待骨折处愈合后再行二次手术取出内固定物, 其实际临床效果需要进一步研究。

后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定并植骨融合是目前普遍认可的治疗不稳定性寰椎骨折的手术方式。近年来相继有很多学者也曾报道了此种手术方式的治疗效果^[22,23]。张国旺等^[24]还曾报道了单侧寰枢椎椎弓根螺钉固定与双侧寰枢椎椎弓根螺钉固定有相似的维持颈椎稳定性的效果, 对于单侧侧块严重粉碎性骨折, 钉道破坏严重的患者可用单侧椎弓根螺钉固定的方法, 这一观点也在本研究中得到了印证。寰椎骨折一般是由高能量暴力损伤引起, 除了伴有横韧带损伤, 一般还伴有 C2 齿状突 Hangman 骨折, 对于伴有齿状突或 Hangman 骨折的寰枢椎结合性骨折患者, 后路寰枢椎植骨融合内固定术依然具有良好的效果, 且得到了很多学者的认可^[25-27], 是其他手术方式目前所不具备的优点。椎弓根螺钉贯穿了整个寰椎, 利用了所有能行内固定的骨质, 具有良好的生物力学稳定性。但是该手术不仅会牺牲头颈部旋转功能, 椎动脉损伤、C1/2 之间静脉丛出血、术后

枕大神经分布区放射性疼痛也是该术式的潜在风险^[28]。Elliot 等^[29]报告经关节螺钉固定椎动脉损伤的几率是 4.1%, 而经椎弓根钉棒系统固定损伤椎动脉的几率是 2%。但是在本研究的 27 例患者中, 未出现椎动脉损伤, C1/2 之间静脉丛出血少见, 在末次随访中, 枕大神经放射性痛也基本不存在。椎动脉损伤的减少和静脉丛出血的减少可能与手术医生技术的提高以及对解剖结构的进一步认识有关。我们相信, 随着脊柱外科医生对置钉技术和解剖结构的熟练掌握以及术中导航和手术机器人的应用, 置钉会越来越精准, 手术并发症会越来越少。

本研究结果显示后路 C1/2 植骨融合椎弓根螺钉内固定对不稳定性寰椎骨折有良好的治疗效果。但是在本研究中未设置对照组。在今后的研究中, 进一步探讨不稳定性寰椎骨折的治疗术式, 并对不同术式之间的效果进行比较, 以期能找到一种融合不同术式优点的理想术式。

4 参考文献

1. Mead LN, Millhouse PW, Krystal J, et al. C1 fractures: a review of diagnoses, management options, and outcomes[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2016, 9(3): 255-262.
2. Kaiser DR, Ciarpaglini R, Maestretti G. An uncommon C1 fracture with longitudinal split of the transverse ligament [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(Suppl 4): S471-S474.
3. 中国医师协会骨科医师分会. 成人急性寰椎骨折循证临床诊疗指南[J]. *中华创伤杂志*, 2016, 32(7): 595-601.
4. Kim HS, Cloney MB, Koski TR, et al. Management of isolated atlas fractures: a retrospective study of 65 patients [J]. *World Neurosurg*, 2018, 111: e316-e322.
5. Huang DG, Hao DJ, He BR, et al. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques[J]. *Spine J*, 2015, 15(10): 2271-2281.
6. 胡勇, 徐荣明. 寰椎骨折的研究进展[J]. *中华创伤杂志*, 2011, 27(2): 133-136.
7. 韩应超, 李立钧, 谭军. 寰椎骨折的研究进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23(1): 77-80.
8. Nowell M, Nelson R. Traumatic posterior atlantoaxial dislocation with associated C1 Jefferson fracture and bilateral vertebral artery occlusion without odontoid process fracture or neurological deficit[J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(Suppl 2): 9-12.
9. Shatsky J, Bellabarba C, Nguyen Q, et al. A retrospective review of fixation of C1 ring fractures: does the transverse atlantal ligament(TAL) really matter[J]. *Spine J*, 2016, 16(3): 372-379.
10. 王雷, 赵庆华, 柳超, 等. 寰枢椎复合骨折的临床治疗方法

- 选择[J]. 中华创伤杂志, 2013, 29(5): 438-442.
11. Longo UG, Denaro L, Campi S, et al. Upper cervical spine injuries: indications and limits of the conservative management in Halo-vest: a systematic review of efficacy and safety[J]. Injury, 2010, 41(11): 1127-1135.
 12. Bransford R, Chapman JR, Bellabarba C. Primary internal fixation of unilateral C1 lateral mass sagittal split fractures: a series of 3 cases[J]. J Spinal Disord Tech, 2011, 24(3): 157-163.
 13. 陈诚, 王新伟. 寰椎骨折的诊断与治疗进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(1): 75-78.
 14. 胡勇, 徐荣明, 马维虎, 等. 不稳性寰椎骨折的外科治疗策略[J]. 中华创伤杂志, 2011, 27(2): 115-120.
 15. Pissonnier ML, Lazennec JY, Renoux J, et al. Trauma of the upper cervical spine: focus on vertical atlantoaxial dislocation[J]. Eur Spine J, 2013, 22(10): 2167-2175.
 16. Chang DG, Park JB, Cho KH. Traumatic posterior atlantooccipital dislocation with Jefferson and occipital condyle fractures: a case report[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(31): e16668.
 17. 马维虎, 许楠健, 徐荣明, 等. 经后路单纯寰椎椎弓根螺钉内固定治疗不稳定性寰椎骨折[J]. 脊柱外科杂志, 2011, 9(3): 140-143.
 18. Hu Y, Xu RM, Albert TJ, et al. Function-preserving reduction and fixation of unstable Jefferson fractures using a C1 posterior limited construct[J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(6): E219-E225.
 19. Zhang YS, Zhang JX, Yang QG, et al. Posterior osteosynthesis with monoaxial lateral mass screw-rod system for unstable C1 burst fractures[J]. Spine J, 2018, 18(1): 107-114.
 20. Guo Q, Deng Y, Wang J, et al. Comparison of clinical outcomes of posterior C1-C2 temporary fixation without fusion and C1-C2 fusion for fresh odontoid fractures [J]. Neurosurgery, 2016, 78(1): 77-83.
 21. Theologis AA, Deviren V, Tay B. Temporary fusionless posterior occipitocervical fixation for a proximal junctional type II odontoid fracture after previous C2-pelvis fusion: case report, description of a new surgical technique, and review of the literature[J]. Eur Spine J, 2017, 26(Suppl 1): 243-248.
 22. 张宁, 李方财, 陈其昕, 等. 后路寰枢椎椎弓根螺钉内固定治疗合并横韧带断裂的不稳定寰椎骨折[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(3): 225-229.
 23. 蒋伟宇, 马维虎, 赵刘军, 等. 一期后路寰枢椎固定治疗不稳定寰椎爆裂性骨折 [J]. 中华骨科杂志, 2015, 35(5): 536-541.
 24. 张国旺, 连小峰, 杨二柱, 等. 单边寰枢椎椎弓根螺钉加结构性植骨治疗不稳定寰椎骨折[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(7): 627-633.
 25. Lin B, Wu J, Chen ZD, et al. Management of combined atlas-axis fractures: a review of forty one cases[J]. Int Orthop, 2016, 40(6): 1179-1186.
 26. Zhao ZS, Wu GW, Lin J, et al. Management of combined atlas fracture with type II odontoid fracture: a review of 21 cases[J]. Indian J Orthop, 2019, 53(4): 518-524.
 27. 王守国, 赵庆华, 谢跃, 等. 寰枢椎弓根钉棒系统内固定融合术治疗寰枢椎结合性骨折[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(31): 2172-2175.
 28. Gautschi OP, Payer M, Corniola MV, et al. Clinically relevant complications related to posterior atlanto-axial fixation in atlanto-axial instability and their management [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2014, 123: 131-135.
 31. Elliott RE, Tanweer O, Boah A, et al. Outcome comparison of atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs: meta-analysis and review of literature [J]. J Spinal Disord Tech, 2014, 27(1): 11-28.
- (收稿日期:2019-09-27 末次修回日期:2019-12-23)
(英文编审 唐翔宇/谭 啸)
(本文编辑 卢庆霞)