

成人寰椎骨折的治疗策略

黄大耿, 贺宝荣, 郝定均, 刘团江, 吴起宁, 王晓东, 郭 华

(西安交通大学附属红会医院脊柱外科 710054 陕西省西安市)

【摘要】目的:探讨成人寰椎骨折的治疗策略。**方法:**2013 年 5 月~2015 年 12 月我科共收治成人单纯寰椎骨折患者 58 例,男 31 例,女 27 例;年龄 18~72 岁(45.3 ± 14.0 岁)。7 例稳定寰椎骨折患者采用硬颈围固定;22 例不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折患者,采用头颈胸支具固定 20 例,halo 支具固定 2 例;29 例伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折患者,采用后路寰椎椎内固定融合术 20 例,后路寰椎单椎节内固定术 9 例。对患者进行常规随访,记录美国脊髓损伤协会(ASIA)分级、疼痛视觉模拟评分(VAS)以及治疗相关并发症。采用 CT 评估骨折愈合情况和植骨融合情况,采用颈椎动力位 X 线片评估寰椎椎稳定性。**结果:**所有患者随访 12~24 个月(14.3 ± 4.0 个月)。随访 CT 示,采用硬颈围固定的 7 例稳定寰椎骨折及采用头颈胸支具或 halo 架固定的 22 例不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折均获得骨性愈合。20 例行后路寰椎椎内固定融合术的伴有横韧带断裂的不稳定寰椎骨折有 18 例获得骨性融合,2 例未融合但内固定仍牢靠。颈椎动力位 X 线片示 9 例行后路寰椎单椎节内固定术的患者均无寰椎椎失稳征象。治疗前 ASIA 分级 D 级 4 例, E 级 54 例;末次随访 ASIA 分级均为 E 级($Z=-2.000, P=0.046$)。治疗前 VAS 评分为 4~8 分(6.6 ± 1.0 分),末次随访为 0~2 分(0.4 ± 0.7 分)($Z=-6.682, P<0.001$)。保守治疗者有 2 例枕部发生皮肤压疮;手术者术中均无神经血管损伤,术后 2 例发生切口感染。**结论:**对于稳定的寰椎骨折,采用硬颈围固定即可;对于不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折,采用头颈胸支具或 halo 架固定可取得良好疗效;对于伴有横韧带断裂的不稳定寰椎骨折,采用后路寰椎椎内固定融合术或后路寰椎单椎节内固定术均可获得较满意的疗效。

【关键词】寰椎骨折;治疗策略;寰椎横韧带

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.05.03

中图分类号:R683.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2017)-05-0399-07

Treatment strategy of atlas fractures in adults/HUANG Dageng, HE Baorong, HAO Dingjun, et al// Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(5): 399-405

【Abstract】 Objectives: To discuss the treatment strategy of atlas fractures in adults. **Methods:** From May 2013 to December 2015, 58 adults with isolated atlas fractures(31 males and 27 females, average age 45.3 ± 14.0 , range 18-72 years) were treated in our hospital. Seven stable C1 fractures were treated by collar; while 22 unstable C1 fractures without transverse ligament injury were treated by skull-neck-thorax brace or halo-vest; 29 unstable C1 fractures patients with transverse ligament injury were treated by C1-C2 fusion or C1 fixation. Patients were followed up regularly. American Spinal Injury Association(ASIA) grades, visual analogue scale (VAS) and complications were recorded. Fracture healing and fusion were evaluated by computed tomography(CT) scan, and stability was evaluated by dynamic radiograph. **Results:** The mean follow-up period was 14.3 ± 4.0 (range 12-24) months. Stable fractures treated by collar and unstable fractures without transverse ligament injury treated by skull-neck-thorax brace or halo-vest healed. 18 of 20 who underwent C1-C2 fusion surgery got bony fusion, two failed, but the internal implant was still rigid. Atlantoaxial stability was confirmed by dynamic radiographs in all the 9 patients undergoing C1 fixation. ASIA grade was D in 4 cases and E in 54 cases before treatment. At final follow-up, ASIA grade was E in 58 cases($Z=-2.000, P=0.046$). The average VAS score was 6.6 ± 1.0 (range 4-8) before treatment and 0.4 ± 0.7 (range 0-2) at final follow-up ($Z=-6.682, P<0.001$). For those treated by external fixation, 2 suffered from skin contact ulcer. For those

第一作者简介:男(1988-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(029)87894724 E-mail: hdgrichard@sina.com

通讯作者:郝定均 E-mail: haodingjun@126.com

treated by surgery, no intraoperative blood vessel or nerve injury was observed, but two suffered from skin pressure ulcer. **Conclusions:** Collar immobilization is effective for stable C1 fractures. Both skull-neck-thorax brace and halo-vest immobilization are effective for unstable C1 fractures without transverse ligament injury. Both C1-C2 fusion and C1 fixation are effective for unstable C1 fractures with transverse ligament injury.

【Key words】 Atlas fractures; Treatment strategy; Atlas transverse ligament

【Author's address】 Department of Spine Surgery, Honghui Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710054, China

寰椎位于颅椎交界区,毗邻生命中枢延髓,椎动脉经由寰椎横突孔及椎动脉沟进入颅内。因而该部位的创伤对生命具有潜在的威胁,应积极治疗。寰椎骨折约占脊柱骨折的 1%~2%,占颈椎骨折的 2%~13%^[1-3],多由交通意外或高坠伤所致。由于该类骨折相对少见,相对于其他常见骨折而言,相关的文献报道尚较少。其治疗策略尚存在一些争议。2013 年,美国神经外科医师大会(Congress of Neurological Surgeons,CNS)发布了相关的诊疗指南^[4]。这对寰椎骨折的处理提供了较为可靠的指导性策略。笔者依据该指南,结合本科室的经验,制定了一套寰椎骨折的治疗策略,并按照该策略治疗了 58 例寰椎骨折患者。本研究旨在回顾性分析这 58 例寰椎骨折患者的治疗效果,探讨成人寰椎骨折的治疗策略。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2013 年 5 月~2015 年 12 月我科共收治成人单纯寰椎骨折患者 58 例。其中,男 31 例,女 27 例;年龄 18~72 岁(45.3±14.0 岁)。受伤原因:交通事故伤 33 例;高处坠落伤 16 例;重物坠落砸伤 9 例。寰椎后弓骨折 2 例,前弓骨折 5 例,侧块骨折 4 例,均不伴寰椎横韧带断裂;寰椎前后弓同时骨折 47 例,其中 29 例伴有横韧带断裂。颈部疼痛 VAS 评分 4~8 分(6.6±1.0 分)。ASIA 分级:D 级 4 例,E 级 54 例。

1.2 治疗方案

将不合并横韧带断裂的寰椎前弓单处骨折及后弓骨折视为稳定骨折,其余寰椎骨折视为不稳定骨折。对于不稳定骨折又根据横韧带的完整性分为不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折和伴有横韧带断裂的不稳定寰椎骨折。采用 Spence 准则^[5]或通过颈椎 MRI 直接观察评估寰椎横韧带的完整性。患者由于疼痛往往张口位摄片效果不甚理

想,故本组患者以 CT 冠状位重建图像测量寰椎侧块相对于枢椎向外移位的距离(LMD)(图 1),距离>6.9mm 则认为横韧带已断裂。LMD 的测量由经过专门培训的放射科医生进行(每一数据测量 3 次,取平均值),该医生对患者骨折情况知情,并未设盲。33 例采用颈椎 MRI 直接观察横韧带,横韧带完整性中断者为横韧带断裂。此外,若寰齿前间距>5mm 亦认为横韧带断裂^[4]。若 CT 图像上见寰椎横韧带附着点撕脱骨折,则横韧带功能已丧失,亦认为横韧带已断裂。最终,通过 MRI 观察确诊横韧带断裂者 16 例,通过 LMD 测量确诊断裂者 13 例。

对 7 例稳定寰椎骨折患者采用硬颈围固定 3 个月治疗;对 22 例不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折患者采用头颈胸支具(20 例)或 halo 架(2 例)固定 3 个月治疗;对 29 例伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折患者采用后路寰枢椎内固定融合术或后路寰椎单椎节内固定手术治疗,其中寰枢椎融合内固定术 20 例,寰椎单椎节内固定术 9 例,受伤至手术时间为 3~9d(4.7±1.3d)。

1.3 手术方法

患者行插管全麻,取俯卧位,手术消毒铺巾,于颈后正中作纵向切口,显露寰椎后弓和枢椎椎板。对于行寰枢椎融合内固定术者,依据术前设计好的进钉点及进钉方向于寰椎及枢椎置入万向螺钉各 2 枚;然后用连接棒将两寰椎螺钉横向连接并部分锁定,再加压抱紧复位向两侧移位的寰椎侧块。复位成功后取下横向连接棒,将同侧的寰椎螺钉和枢椎螺钉用连接棒连接起来,并加用横连将左右两侧内固定装置连接成一个整体。对寰椎后弓和枢椎椎板进行充分去皮质,取自体髂骨进行植骨。关闭伤口,完成手术。

对于行寰椎单椎节内固定术的 9 例患者,均采用自行研发的寰椎钉板固定系统进行内固定。于寰椎两侧制备完成椎弓根螺钉钉道后,将钉板

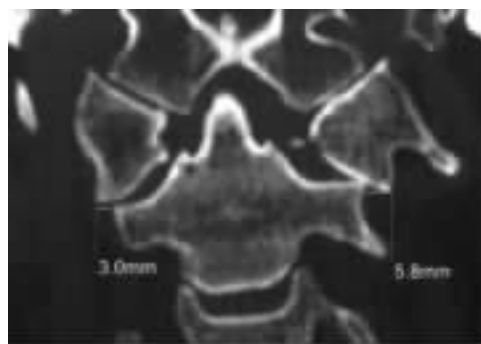


图 1 在 CT 冠状位重建图像上采用系统自带软件测量寰椎侧块相对于枢椎向外移位的距离 (LMD)(左侧移位距离+右侧移位距离, 此例左侧移位距离为 5.8mm, 右侧移位距离为 3.0mm, 故 $LMD=5.8mm+3.0mm=8.8mm$)

Figure 1 Measuring the lateral mass displacement(LMD) of atlas over axis(displacement on the left+displacement on the right, in this case, displacement on the left side is 5.8mm and that on the right side is 3.0mm, so $LMD=5.8mm+3.0mm=8.8mm$) on the CT reconstructed coronal image by the measurement software

系统装上,用专用的抱紧钳将系统抱紧,对移位的侧块进行加压复位。复位完成后锁紧各螺钉,关闭伤口,完成手术。

1.4 术后评估及随访

对手术患者记录手术时间、术中出血量、术中及术后并发症。术后行 X 线片、CT 评估内固定置入情况。对所有患者记录术前 ASIA 分级、VAS 评分以及治疗相关并发症。患者于治疗后 3、6、9、12 个月到门诊复查,以后每年复查 1 次。对于采用外固定治疗者,复查时行 CT 检查评估骨折愈合情况,直至骨折愈合或末次随访,并于外固定去除时复查颈椎动力位 X 线片明确是否存在寰枢椎不稳,3 个月后及伤后 1 年时分别再复查颈椎动力位 X 线片,如存在寰枢椎失稳则行寰枢椎固定融合术治疗;对行寰椎单椎节内固定术者,于每次随访时行颈椎动力位 X 线片评估寰枢椎稳定性,直至术后 12 个月;行寰枢椎内固定融合术者,于每次随访时行 CT 检查评估骨折愈合情况及植骨融合情况,对于植骨未融合者加拍颈椎动力位 X 线片评估寰枢椎稳定性,直至获得骨性融合或末次随访。每次随访均采用 VAS 评分及 ASIA 分级进行评估。

1.5 统计学分析

用 SPSS 22.0 进行统计学分析。采用非参数检验(Wilcoxon 符号秩和检验)分别比较术前及末次随访的 ASIA 分级和术前及末次随访的 VAS 评分, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所有患者获得至少 12 个月随访,随访时间 12~24 个月(14.3 ± 4.0 个月)。

接受保守治疗的患者中,1 例采用硬颈围固定和 1 例采用头颈胸支具固定的患者枕部发生皮肤压疮,对压疮处对症处理及加以保护后压疮愈

合;未见感染、骨折不愈合者。随访 CT 显示,采用硬颈围固定的 7 例稳定寰椎骨折及采用头颈胸支具(20 例)或 halo 架(2 例)固定的 22 例不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折均获得骨性愈合,复查颈椎动力位 X 线片均未见寰枢椎不稳(图 2)。

所有接受手术治疗的患者,术中均未发生椎动脉损伤或神经损伤。2 例发生切口感染,经清创处理后切口愈合。随访中未见内固定松动、断裂或移位。20 例行后路寰枢椎内固定融合术的伴有横韧带断裂的不稳定寰椎骨折患者,随访时 18 例获得骨性融合(图 3),2 例未获得骨性融合者末次随访颈椎动力位 X 线片显示内固定牢靠、寰枢椎稳定性良好。9 例行后路寰椎单椎节内固定术的患者,随访颈椎动力位 X 线片示均无寰枢椎失稳征象(图 4)。

治疗前 ASIA 分级:D 级 4 例,E 级 54 例;末次随访时 ASIA 分级均为 E 级 ($Z=-2.000, P=0.046$)。治疗前 VAS 评分为 4~8 分(6.6 ± 1.0 分),末次随访时为 0~2 分 (0.4 ± 0.7 分) ($Z=-6.682, P<0.001$)。

3 讨论

3.1 寰椎骨折概述及分型

1822 年 Cooper 首次报告寰椎骨折。1920 年,Jefferson 在回顾了先前报告的 42 例寰椎骨折的基础上新增加了 4 例病例,并首次对该骨折进行了详细描述^[6]。随后,对于该类骨折的报道逐渐增多。寰椎位于颅椎交界区,毗邻生命中枢延髓,且其解剖结构较为特殊,故该类骨折的处理具有一定的挑战性。多位学者对寰椎骨折提出了分型。Gehweiler 等^[7]将寰椎骨折分为 5 型:I 型,单纯寰椎前弓骨折;II 型,单纯寰椎后弓骨折;III 型,寰椎前弓和后弓同时骨折;IV 型,单纯寰椎侧块骨折;V 型,寰椎横突骨折。Lee 等^[8]则将寰椎骨折分为 3

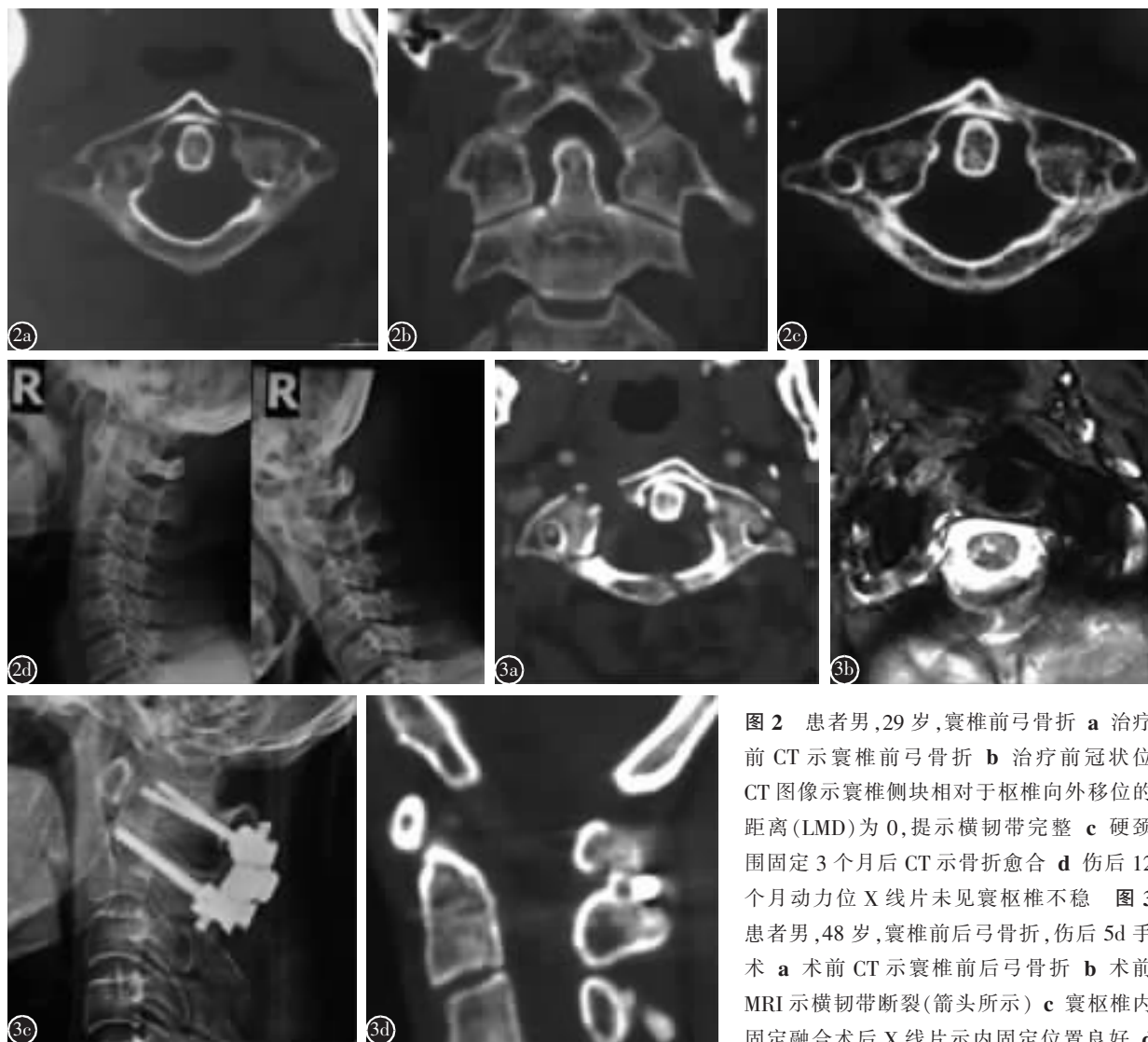


图2 患者男,29岁,寰椎前弓骨折 a 治疗前CT示寰椎前弓骨折 b 治疗前冠状位CT图像示寰椎侧块相对于枢椎向外移位的距离(LMD)为0,提示横韧带完整 c 硬颈围固定3个月后CT示骨折愈合 d 伤后12个月动力位X线片未见寰枢椎不稳 图3 患者男,48岁,寰椎前后弓骨折,伤后5d手术 a 术前CT示寰椎前后弓骨折 b 术前MRI示横韧带断裂(箭头所示) c 寰枢椎内固定融合术后X线片示内固定位置良好 d 术后12个月CT示植骨已融合

Figure 2 A 29-year-old male with C1 anterior arch fracture **a** CT image showed C1 anterior arch fracture **b** CT coronal image showed lateral mass displacement(LMD)=0, indicating the transverse ligament was intact **c** After immobilization by collar for a months, CT image showed fracture healing **d** 12 months after trauma, flexion-extension radiographs showed no atlantoaxial instability **Figure 3** A 48-year-old male with C1 anterior and posterior arches fractures underwent operation 5 days after trauma **a** Preoperative CT image showed C1 anterior and posterior arches fractures **b** Preoperative MRI image showed rupture of transverse ligament(arrow) **c** Postoperative X-ray film showed satisfactory placement of implant **d** CT image showed fusion 12 months after operation

型: I型,寰椎前弓或者后弓骨折; II型,寰椎爆裂骨折; III型,寰椎侧块骨折。两种分型的混用往往使临床医生对骨折的具体情形造成混淆。而且,无论哪种骨折分型,其治疗的指导意义都较为有限。由于寰椎横韧带的完整性对寰椎骨折治疗方式的选择更有意义,因而,我们建议采用骨折部位来描述寰椎骨折即可。

3.2 寰椎骨折的治疗

美国神经外科医师协会(AANS)和神经外科医师大会(CNS)曾于2002年联合制定了关于该骨折的处理指南^[9],并于2013年由美国CNS更新了该指南^[4]。这对寰椎骨折的处理提供了较为可靠的指导性策略。

寰椎骨折治疗方法的选择很大程度上取决于骨折的稳定性。CNS的指南认为横韧带系维持寰枢椎稳定的主要结构,其完整性系评估寰椎骨折

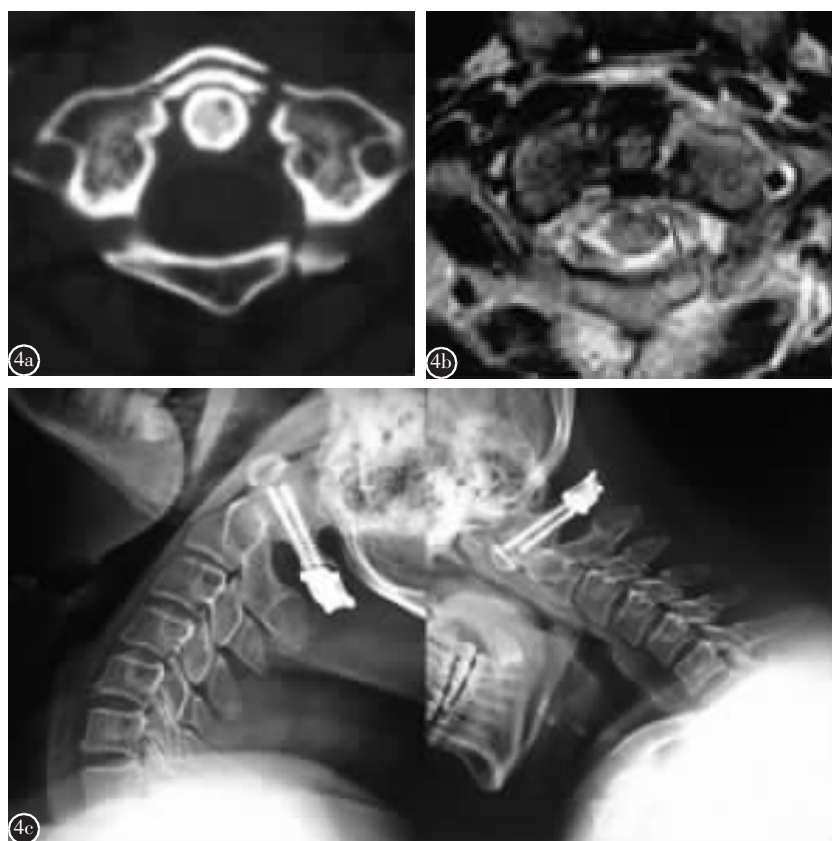


图 4 患者男,36 岁,寰椎前后弓骨折,伤后 4d 手术 a 术前 CT 示寰椎前后弓骨折 b 术前 MRI 示横韧带断裂(箭头所示) c 寰椎单椎节内固定术后 12 个月,动力位 X 线片示寰枢椎无失稳

Figure 4 A 36-year-old male with C1 anterior and posterior arch fractures underwent operation 4 days after trauma a Preoperative CT image showed C1 anterior and posterior arches fractures b Preoperative MRI image showed rupture of transverse ligament (arrow) c 12 months after solitary C1 fixation, flexion-extension radiographs showed no atlantoaxial instability

稳定性的主要指标^[4]。目前,许多学者亦根据横韧带的完整性来定义寰椎骨折的稳定性,将横韧带完整者视为稳定骨折,横韧带断裂者视为不稳定骨折。但是, Lee 和 Woodring^[10]及杨惠林等^[11]均回顾了大量的寰椎骨折病例,他们认为只有不合并横韧带断裂的前弓单处骨折、后弓骨折可能是稳定性骨折,其余类型均属不稳定骨折。因为对于前弓多处骨折者,即便横韧带未断裂,同样存在寰椎前弓不能束缚齿状突前移而引起寰椎向后脱位的可能性;对于无横韧带断裂的前后弓骨折,因韧带只能防止侧块发生过度的离心性分离移位却不能控制以韧带附着点为支点在韧带长度不增加的情况下骨块的旋转移位,也存在潜在脱位的可能性。该观点亦得到了部分学者^[12]的认可。笔者基本同意上述观点。笔者认为,从 Lee 和杨惠林等定义的稳定型寰椎骨折、到不伴横韧带断裂的不稳定性寰椎骨折、再到伴横韧带断裂的不稳定性寰椎骨折,其稳定结构的破坏程度逐级加重。而“稳定”是一个相对的概念,为了将以上三者的稳定性区分开来,我们将不合并横韧带断裂的寰椎前弓单处骨折及后弓骨折视为稳定骨折,其余寰椎骨折视为不稳定骨折;对于不稳定骨折,我们又根据横韧

带的完整性将其分为不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折和伴有横韧带断裂的不稳定寰椎骨折。CNS 的指南推荐对于横韧带完整的寰椎骨折,可采用硬颈围、头颈胸支具或 halo 支架固定治疗;对于横韧带断裂的寰椎骨折,可采用 halo 支架固定或手术内固定融合^[4]。但对何种骨折应用何种保守治疗方法并没有提供意见。我们认为,从稳定的寰椎骨折到不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折再到伴有横韧带断裂的不稳定寰椎骨折,其对稳定结构的破坏是一个逐级加重的趋势;而硬颈围、头颈胸支具、halo 支架固定及手术内固定融合这几种治疗方式,是恢复稳定性逐级加强的趋势,且治疗对患者带来的生活不便及创伤也是逐级加重的趋势。因而,我们推荐,对于稳定的寰椎骨折,采用硬颈围固定 3 个月;对于不伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折,头颈胸支具或 halo 架固定 3 个月;对于伴横韧带断裂的不稳定寰椎骨折,在充分告知 halo 架固定和手术内固定的优缺点后,根据患者意愿采用 halo 架固定或手术治疗(图 5)。我们的上述观点与之后于 2015 年 8 月中国医师协会骨科医师分会发布的相关指南的观点相近^[13]。需要强调的是,有研究^[14]表明,对于老年寰椎骨折

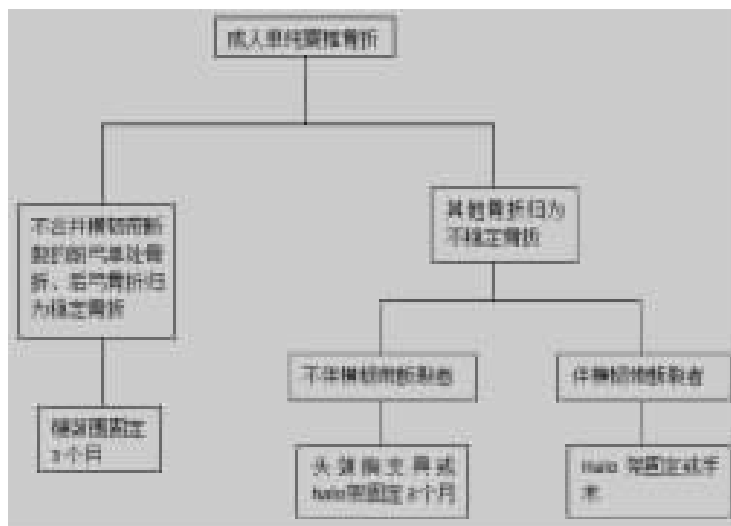


图 5 寰椎骨折治疗策略图示

Figure 5 Treatment strategy flow chart

患者,行外固定治疗时患者配合度较差,且更容易出现相关并发症,如吞咽和呼吸困难、颈部不适、感染、压疮和骨折不愈合等。本组 7 例采用硬颈围固定、20 例采用头颈胸支具固定、2 例采用 halo 支具固定均未涉及老年患者,但对于拟行外固定治疗的老年寰椎骨折,应注意到存在上述问题的可能性。此外,对于外固定治疗的寰椎骨折,应常规于治疗后复查颈椎动力位 X 线片以明确是否存在迟发性寰枢椎不稳,如存在不稳则应行寰枢椎内固定融合术^[15,16]。

近年来,关于寰椎单椎节内固定治疗不稳定寰椎骨折的报道越来越多,该术式保留了寰枢椎之间的旋转功能,系最为符合生理的一种手术治疗方式^[17-23]。Li 等^[18]认为,寰椎爆裂骨折横向的横韧带虽然会发生损伤,但纵向的韧带则由于相对短缩而得以保留完整。当对寰椎侧块进行有效复位时,C0-2 间的正常高度得以恢复,从而恢复 C0-2 之间纵向韧带的张力,纵向韧带的张力或许能够提供有效维持生理载荷状态下 C1-2 间的稳定性。这即是寰椎单椎节内固定术治疗伴横韧带断裂的不稳寰椎骨折的理论依据。因而,在选择手术方式时,我们对极其期望保留寰枢椎旋转功能且双侧寰椎侧块无骨折不影响置钉及螺钉稳定性的患者采用寰椎单椎节内固定术;其余患者则采用常规的寰枢椎内固定融合术。值得强调的是,虽然关于寰椎单椎节固定治疗寰椎骨折的报道越来越多,但是该术式的适应证及禁忌证目前尚无定

论^[24]。本研究中选择该术式的适应证系基于现有文献报道及我们自身经验而定的,亦是对该议题的一种探索。

此外,依据 CNS 指南^[4],判断寰椎横韧带是否断裂的依据有以下几种:(1)LMD>6.9mm(Spence 准则);(2)寰齿前间距超过>5mm;(3)MRI 显示横韧带断裂。满足任意 1 条即认为横韧带损伤。虽然,以上 3 项指标均可提示横韧带的损伤,但基于 CT 图像或 X 线片测量的 LMD 或寰齿前间距来对横韧带完整性进行的评估均系间接的评估,只有 MRI 观察横韧带是否完整是直接的评估。关于 Spence 准则,有学者^[25]提出 X 线片具有放大效应,故应将>6.9mm 的标准修正为>8.1mm;但在实践中,许多学者仍然沿用了>6.9mm 的标准^[4]。而在本研究中,我们在 CT 图像上对 LMD 进行测量,不存在 X 线的放大效应,故而仍然采用>6.9mm 的标准。

在本组病例中,29 例采用保守治疗的寰椎骨折均获得了骨折愈合,且均未发生迟发性寰枢椎不稳;手术治疗的 29 例患者均获得了较为满意的临床疗效,其中采用寰椎单椎节内固定的 9 例患者在随访中均未见寰枢椎失稳。但限于本研究为回顾性,所纳入样本量有限,对于寰椎骨折治疗的许多细节问题(如何种伴横韧带断裂的寰椎骨折必须进行手术、何种可以保守治疗等)尚不能给出答案,仍然需要进一步的设计良好的前瞻性大样本的研究来解决这些问题。

4 参考文献

1. Sherk HH, Nicholson JT. Fractures of the atlas[J]. J Bone Joint Surg Am, 1970, 52(5): 1017-1024.
2. Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, et al. Acute traumatic atlas fractures: management and long term outcome [J]. Neurosurgery, 1988, 23(1): 31-35.
3. Levine AM, Edwards CC. Fractures of the atlas[J]. J Bone Joint Surg Am, 1991, 73(5): 680-691.
4. Ryken TC, Aarabi B, Dhall SS, et al. Management of isolated fractures of the atlas in adults [J]. Neurosurgery, 2013, 72 (Suppl 2): 127-131.
5. Spence KF Jr, Decker S, Sell KW. Bursting atlantal fracture associated with rupture of the transverse ligament [J]. J Bone Joint Surg Am, 1970, 52(3): 543-549.
6. Jefferson G. Fractures of the atlas vertebra: report of four cases and a review of those previously reported[J]. Br J Surg, 1920, 7: 407-422.
7. Gehweiler J, Duff D, Salutaris M, et al. Fractures of the atlas vertebra[J]. Skeletal Radiol, 1976, 1: 97-102.
8. Lee TT, Green BA, Petrin DR. Treatment of stable burst fracture of the atlas(Jefferson fracture) with rigid cervical collar[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1998, 23(18): 1963-1967.
9. Isolated fractures of the atlas in adults[J]. Neurosurgery, 2002, 50(3 Suppl): S120-S124.
10. Lee C, Woodring JH. Unstable Jefferson variant atlas fractures: an unrecognized cervical injury[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 1991, 12(6): 1105-1110.
11. 杨惠林, 唐天驷, 费仕相, 等. 变异型 Jefferson 骨折(一种尚未认识的颈椎损伤)[J]. 中华外科杂志, 1995, 33(12): 707-710.
12. 徐荣明, 赵红勇, 胡勇, 等. 后路寰椎有限内固定治疗寰椎不稳定性骨折[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(2): 118-122.
13. 中国医师协会骨科医师分会, 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》编辑委员会. 中国医师协会骨科医师分会循证临床诊疗指南: 成人急性寰椎骨折循证临床诊疗指南[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(8): 564-570.
14. Horn EM, Theodore N, Feiz-Erfan I, et al. Complications of halo fixation in the elderly[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5 (1): 46-49.
15. Mead LB 2nd, 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.
16. Kakarla UK, Chang SW, Theodore N, et al. Atlas fractures [J]. Neurosurgery, 2010, 66(3 Suppl): 60-67.
17. Ruf M, Melcher R, Harms J. Transoral reduction and osteosynthesis C1 as a function-preserving option in the treatment of unstable Jefferson fractures[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2004, 29(7): 823-827.
18. Li L, Teng H, Pan J, et al. Direct posterior C1 lateral mass screws compression reduction and osteosynthesis in the treatment of unstable Jefferson fractures[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2011, 36(15): E1046-E1051.
19. Jo KW, Park IS, Hong JT. Motion-preserving reduction and fixation of C1 Jefferson fracture using a C1 lateral mass screw construct[J]. J Clin Neurosci, 2011, 18(5): 695-698.
20. Abeloos L, De Witte O, Walsdorff M, et al. Posterior osteosynthesis of the atlas for nonconsolidated Jefferson fractures: a new surgical technique [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(20): E1360-E1363.
21. 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.
22. He B, Yan L, Zhao Q, et al. Self-designed posterior atlas polyaxial lateral mass screw-plate fixation for unstable atlas fracture[J]. Spine J, 2014, 14(12): 2892-2896.
23. 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.
24. Bednar DA, Almansoori KA. Solitary C1 posterior fixation for unstable isolated atlas fractures: case report and systematic review of the literature[J]. Global Spine J, 2016, 6(4): 375-382.
25. Heller JG, Viroslav S, Hudson T. Jefferson fractures: the role of magnification artifact in assessing transverse ligament integrity[J]. J Spinal Disord, 1993, 6(5): 392-396.

(收稿日期:2016-12-08 末次修回日期:2017-04-04)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)