

## 临床论著

术前牵引后路枕颈复位固定融合治疗  
颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位

魏富鑫, 刘少喻, 王 乐, 梁春祥, 龙厚清, 孙海兴, 崔尚斌, 潘鹤海, 黄阳亮

(中山大学附属第一医院脊柱外科 510700 广州市)

**【摘要】目的:**评价术前牵引后路枕颈复位固定融合治疗颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位的疗效。**方法:**2004 年 3 月~2012 年 6 月共收治 12 例颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位患者,男 9 例,女 3 例,年龄 8~63 岁,平均  $37.5 \pm 18.7$  岁。术前单纯表现为颈肩痛 3 例、头晕 1 例,余均存在脊髓损伤症状。术前 JOA 评分 5~12 分,平均  $8.3 \pm 2.1$  分;颈髓延髓角  $108^\circ \sim 121^\circ$ ,平均  $108.9^\circ \pm 8.1^\circ$ 。入院后均行颅骨牵引 7~28d,平均  $14.7 \pm 8.1$ d。当齿状突满意复位后,维持牵引 3~5d,行后路枕颈复位固定并取髂骨植骨融合术,术后颈托外固定 3 个月。**结果:**齿状突均有较好的复位,无术中、术后并发症。11 例患者获得随访,随访时间 8~98 个月,平均  $43.0 \pm 19.6$  个月,固定满意并坚固融合,融合时间为 3~6 个月,平均 4.3 个月。所有患者神经功能恢复良好,末次随访 JOA 评分为 8~17 分,平均  $15.1 \pm 1.6$  分,较术前明显提高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),神经功能改善率为 78.2%。末次随访颈髓延髓角为  $125^\circ \sim 141^\circ$ ,平均  $133.3^\circ \pm 9.3^\circ$ ,较术前明显增加,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。末次随访时手术疗效按 Epstein 标准评定,优 6 例,良 4 例,可 1 例。**结论:**术前牵引后路枕颈复位固定融合是治疗颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位的简单、安全、有效方法。

**【关键词】** 颅底凹陷症;寰枢椎脱位;颅骨牵引;复位;枕颈融合

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.05.06

中图分类号:R682.1, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-05-0416-06

**Preoperative traction followed by posterior occipitocervical reduction and fusion for basilar invagination combined with reducible atlantoaxial dislocation/WEI Fuxin, LIU Shaoyu, WANG Le, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(5): 416-420**

**【Abstract】 Objectives:** To evaluate the efficacy of preoperative skull traction and posterior occipitocervical reduction and fusion for basilar invagination combined with reducible atlantoaxial dislocation. **Methods:** Twelve patients(9 males and 3 females) with basilar invagination combined with reducible atlantoaxial dislocation were treated surgically from March 2004 to June 2012. The mean age was  $37.5 \pm 18.7$  years old(ranging from 8 to 63 years old). The clinical manifestation showed cervicobrachialgia in 3 patients, dizziness in 1 patient, and the other patients all had obviously neurological deficits. The mean JOA score before the operation was  $8.3 \pm 2.1$ (5-12) points. The mean preoperative cervicomedullary angle was  $108.9^\circ \pm 8.1^\circ$ ( $108^\circ \sim 121^\circ$ ). All the patients underwent skull traction for 7 to 28 days(average,  $14.7 \pm 8.1$ d) before surgery. Once the odontoid process got good reduction, the skull traction continued for 3 to 5 days, followed by posterior instrumentation and occipitocervical fusion with screw-rod system. After operation, all patients wore hard collar fixation for 3 months. **Results:** All patients showed good clinical result due to the reduction of odontoid process. No complication happened during and after the surgery. 11 patients were followed up successfully. The average follow-up time was  $43.0 \pm 19.6$  months(ranging from 8-98 months). No internal instrument failure was noted. All patients had good fusion with an average fusion time of 4.3 months(ranging from 3-6 months). The neurological deficit recovered well. The mean JOA score at last follow-up was  $15.1 \pm 1.6$  points (ranging from 8-17 points), which significantly increased compared with that before surgery ( $P < 0.05$ ). The recovering rate of neurological function was 78.2%. The mean cervicomedullary angle at the last follow-up was  $133.3^\circ \pm 9.3^\circ$ (rang-

第一作者简介:男(1981-),医学硕士,主治医师,研究方向:脊柱外科

电话:(020)82379597 E-mail:suifeng720@163.com

通讯作者:刘少喻 E-mail:gzsylu@tom.com

ing from  $125^{\circ}$ – $141^{\circ}$ ), which significantly increased compared with that before surgery ( $P < 0.05$ ). The evaluation of operative effects at the last follow-up was: 6 patients achieved good, 4 improved, 1 better based on Epstein standards. **Conclusions:** Preoperative skull traction and posterior occipitocervical reduction and fusion is safe, simple and effective for basilar invagination combined with reducible atlantoaxial dislocation.

**【Key words】** Basilar invagination; Atlantoaxial dislocation; Skull traction; Reduction; Occipitocervical fusion

**【Author's address】** Department of Spinal Surgery of the First Affiliated Hospital, Sun-Yat Sen University, Guangzhou, 510700, China

颅底凹陷症是较常见的枕颈部畸形,部分合并寰枢椎脱位、寰椎枕骨化等畸形<sup>[1]</sup>,易导致脊髓受压,严重者可危及生命,治疗较为棘手。后路枕颈区减压复位固定融合术是较为公认的有效治疗术式之一<sup>[2]</sup>。我们 2004 年 3 月~2012 年 6 月采用后路枕颈复位固定融合术治疗颅底凹陷症并寰枢椎脱位患者 28 例,其中通过术前颅骨牵引并后路枕颈复位固定融合治疗颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位患者 12 例,效果满意,报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本组 12 例患者,男性 9 例,女性 3 例。年龄 8~63 岁,平均  $37.5 \pm 18.7$  岁。出现症状时间 3 周~2 年,平均  $9.8 \pm 5.1$  个月。单纯颈肩痛 3 例,单纯头晕 1 例;余均伴有脊髓神经功能障碍表现,其中 4 例四肢肌力减退(3 例为 2~3 级,1 例为 4 级)并伴有四肢及躯干皮肤感觉减退,1 例单纯表现为肌张力增高致手指活动不灵活,2 例单纯表现为行走不稳,1 例表现为行走不稳伴大小便功能障碍;5 例病理征阳性,4 例四肢腱反射亢进。术前 JOA 评分(改良 17 分法)为 5~12 分,平均  $8.3 \pm 2.1$  分。3 例患者在入院前有轻度的头部外伤,伤后神经症状明显加重,不能自行行走。

术前均行颈椎正侧位、张口位及动态位 X 线片、CT 扫描及 MRI 检查。诊断标准:寰椎前弓与齿状突间距  $> 3\text{mm}$ (儿童  $> 4\text{mm}$ )为寰枢椎脱位;齿状突位于 Chamberlain 线上 3mm 和(或)延髓颈髓角  $< 135^{\circ}$  为颅底凹陷<sup>[3]</sup>,均确诊为颅底凹陷症并寰枢椎脱位,其中合并寰椎枕骨化畸形 7 例(伴 Chiari 畸形 I 型+Klippel-Feil 综合征 1 例,伴 Klippel-Feil 综合征 5 例,伴 Chiari 畸形 I 型+脊髓空洞症 1 例),单纯合并 Klippel-Feil 综合征 2 例,单纯合并脊髓空洞症 2 例。9 例患者 MRI 显示脊髓不同程度受压改变。颈髓延髓角为  $108^{\circ}$ ~ $121^{\circ}$ ,平均  $108.9^{\circ} \pm 8.1^{\circ}$ 。

### 1.2 治疗方法

**1.2.1 术前牵引** 所有患者入院后均行颅骨牵引。牵引方法:抬高床头,肩背部垫高约 7~10cm,确保过伸牵引,重量自体重的 1/10 开始,定时床边行侧位 X 线片检查并观察患者神经功能改善情况;必要时,逐渐每次增加 0.5kg,最大牵引重量为体重的 1/7;当齿状突复位至正常位置后,维持牵引 3~5d 进行手术。牵引时间为 7~28d,平均  $14.7 \pm 8.1\text{d}$ 。

**1.2.2 手术方法** 全麻气管插管,体感诱发电位监测脊髓功能。患者取俯卧位,Mayfield 头架固定头部,颈稍后伸,将肩下拉后用胶布固定;C 型臂 X 线透视,观察寰枢椎位置,调整至位置基本满意为止,同时观察头部位置,尽可能使眉弓垂线与身体水平面垂直。消毒铺单,枕外隆突至 C5 后正中入路,剥离显露。枕骨显露至正中旁开 2cm,然后显露 C2~C4 棘突、椎板及关节外缘,最后显露 C1 后弓至旁开 1.5cm,避免损伤血管和神经。

所用内固定为 Summit 系统(DePuy Spine)、OASYS(Stryke)、Vertes M6(Medtronic)、Soprano(北京理贝尔)。枕骨端固定方法:用螺钉将枕骨板固定于枕外隆突下方正中或两侧(具体位置视枕骨板形状而定)。颈椎端固定方法:采用枢椎椎弓根螺钉并 C3/4 侧块螺钉固定 4 例(其中枢椎单侧置钉 2 例),枢椎椎弓根螺钉固定 3 例, C3/4 侧块螺钉固定 1 例, C2/3 椎弓根螺钉固定 1 例,枢椎椎板螺钉固定 1 例, C2/3 椎板夹(Vertex)固定 2 例。将枕骨与颈椎螺钉拧入后,保持头部稍后伸将棒预弯并安放于枕骨和颈椎螺钉尾端凹槽内,先拧紧颈椎螺钉的螺帽,采用撑开技术使棒在枕骨螺钉的凹槽中向下、向前滑动,带动 C2 向前、向下移动复位,两边交替进行。透视监测复位情况,确认复位满意,拧紧螺帽。采用椎板夹固定时,首先切除寰枢椎间韧带软组织并切除少许 C3 椎板与棘突交界处的骨嵴以适合椎板钩置入。

完成复位固定后,整理植骨床,用磨钻将枕骨

大孔后缘、寰椎后弓表面以及枢椎椎板上缘骨皮质磨成粗糙面。从髂后上棘外侧切取大小合适的双面皮质髂骨及少量颗粒状髂骨。将骨块一端修剪成凹形,嵌插于枕骨与枢椎棘突间,然后用丝线固定于两侧连接杆。采用椎板夹固定者,将骨块用丝线固定于两侧椎板夹。行 C3/4 侧块螺钉固定者,同时行关节突间植骨融合。本组手术均未行枕骨大孔及寰椎后弓切除减压。

术后 1~2d 拔除伤口引流管并戴颈围下床锻炼,术后 3 个月去除颈围并颈部功能锻炼。

### 1.3 观察指标

记录手术时间、术中失血量、术中及术后相关并发症。术后随访时在 MRI 片上测量颈髓延髓角,评价脊髓减压情况。末次随访时手术疗效评定参照 Epstein<sup>[4]</sup>标准并修改如下:优,症状基本消失,能正常生活与工作;良,症状明显减轻,基本能够正常生活并从事一般轻工作;可,症状减轻,但生活不能完全自理;差,症状无改善或加重。术后随访神经功能,评价采用 JOA 评分(改良 17 分法),神经功能改善率=(术后 JOA 评分-术前 JOA 评分)/(17-术前 JOA 评分)×100%<sup>[5]</sup>。骨性融合的判定标准:X 线片或 CT 片上寰枢椎后方骨性结构与植骨块间有明显的骨痂相连。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件包进行数据处理并统计学分析,术前及末次随访 JOA 评分及颈髓延髓角比较采用 *t* 检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

所有患者在牵引过程中神经功能有不同程度恢复,齿状突均达到满意复位(其顶端位于 Chamberlain 线上 3mm 以内,寰椎前弓与齿状突间隙均 $<3\text{mm}$ )。手术时间为 74~165min,平均  $116\pm 24\text{min}$ 。术中出血量 80~350ml,平均  $150\pm 88\text{ml}$ 。术中和术后无脑脊液漏发生,无神经损伤加重等严重并发症,切口均 I 期愈合。术后颈痛均缓解。脊髓神经功能在术后均不同程度恢复。3 例入院时不能自行行走的患者,出院时均能独立下地行走。术后影像学资料显示齿状突顶端均位于 Chamberlain 线上 3mm 以内,寰椎前弓与齿状突间隙均 $<3\text{mm}$ 。2 例合并 Chiari 畸形 I 型患者,小脑扁桃体复位。

11 例患者获得 8~98 个月随访,平均  $43.0\pm$

19.6 个月,固定满意并坚固融合,融合时间为 3~6 个月,平均 4.3 个月,均无内固定松动、断裂及复位丢失发生(图 1)。神经功能恢复良好,末次随访时 JOA 评分 8~17 分,平均  $15.1\pm 1.6$  分,较术前明显提高( $P<0.05$ ),神经功能改善率为 78.2%。末次随访时手术疗效按 Epstein 标准评定:优 6 例,良 4 例,可 1 例。末次随访时,颈髓延髓角为  $133.3^\circ\pm 9.3^\circ$  ( $125^\circ\sim 141^\circ$ ),较术前平均增加  $24.4^\circ\pm 4.6^\circ$ ,与术前比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

## 3 讨论

颅底凹陷患者早期症状多不典型,病程较长,神经系统损害体征多,容易误诊及漏诊而延误治疗。常合并寰枢椎脱位、寰枕融合、寰椎骨质发育不良、齿状突发育异常、Klippel-Feil 综合征、Chiari 畸形等,并且该区域解剖结构复杂,关节活动度大,导致治疗较为棘手<sup>[6]</sup>。传统治疗方法是经口前路斜坡及齿状突部分切除减压,加或不加后路固定融合<sup>[7,8]</sup>。然而,经口减压手术由于操作空间小,感染、脑脊液漏、脊髓损伤等并发症较多,限制了其应用<sup>[9~11]</sup>。而且前路减压易导致枕颈不稳,大多数需加行同期或二期后路枕颈固定融合<sup>[12]</sup>。鉴于此,一些学者提出采用后路枕颈减压固定融合方法,通过钉-棒技术将枕骨向上、向后撑开复位,间接使压迫颈髓的齿状突下移来达到减压目的,取得了良好的治疗效果<sup>[13~15]</sup>。

目前在国内常用的颈枕固定器械是多轴螺钉-棒系统,如 Vertex M6、Summit 等。后路钉-棒固定技术可一次达到减压并稳定重建脊柱的效果,具有创伤小、融合稳定可靠、手术风险小等优点<sup>[16]</sup>,获得临床广泛应用。彭新生等<sup>[17]</sup>采用后路多轴螺钉-棒系统枕颈复位固定融合治疗寰枢椎脱位合并颅底凹陷症患者 5 例,均复位满意并坚固融合,平均随访 16 个月,神经功能恢复满意,无复位丢失发生,认为该手术是治疗颅底凹陷症安全、简单、有效的方法。

但有学者认为,当颅底凹陷症合并寰枢椎脱位或不稳时,手术减压造成该区结构的破坏,从而使不稳加重,增加融合重建难度,以致远期效果不佳<sup>[18]</sup>。颅底凹陷所致的脊髓受压主要是由于齿状突上移,导致脊髓空间狭小所致,尤其是合并寰枢椎脱位时,寰椎前移导致脊髓空间进一步狭小。有学者<sup>[9]</sup>认为切除了寰椎后弓可以使脊髓彻底减



**图 1** 男, 63 岁, 寰枢椎脱位伴颅底凹陷症 **a** 术前侧位 X 线片示颅底凹陷及寰枢椎脱位 **b** 颅骨牵引后 1 周床边 X 线侧位片示齿状突较入院前下移 **c** 牵引后 2 周, X 线侧位片示齿状突明显下移, 复位满意 **d** 术前 MRI 示颈髓延髓受压, 颈髓延髓角为  $118.67^{\circ}$  **e** 后路枕颈复位固定术后 6 个月 X 线侧位片示枕颈牢固融合, 复位维持 **f** 术后 1 年 MRI 示颈髓延髓受压解除, 颈髓延髓角改善为  $142.43^{\circ}$

**Figure 1** Male, 63 years old, atlantoaxial dislocation combined with basilar invagination **a** Preoperative lateral X-ray showed atlantoaxial dislocation combined with basilar invagination **b** Lateral X-ray showed that the odontoid process was pulled down one week after skull traction compared with before **c** X-ray showed that the odontoid process was pulled down obviously two weeks after skull traction **d** Preoperative MRI showed that the cervical and medullary cord was compressed and the cervicomedullary angle was  $118.67^{\circ}$  **e** Lateral X-ray showed good bony fusion and reduction six months after operation **f** Postoperative MRI showed that the cervical and medullary cord was decompressed and the cervicomedullary angle improved to  $142.43^{\circ}$  one year after operation

压,但寰椎前移的同时,颅骨也随之前移,脊髓头端与后弓同步前移,后弓切除减压不是解除压迫的关键所在。对于可复性寰枢椎脱位患者,尤其是合并颅底凹陷时,采用术前颅骨牵引并后路枕颈复位固定融合而不行减压同样可获满意疗效<sup>[9]</sup>。本组颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位患者通过上述方法治疗,均取得满意效果,通过复位达到脊髓间接减压效果确实,神经功能恢复满意。

尽管有学者认为,大部分情况下先天性颅底凹陷合并寰枢椎脱位是难复性的<sup>[9]</sup>,但本组 12 例均可通过术前持续颅骨牵引获得不同程度的复位与减压,占我院颅底凹陷病例的 42.9%。我们的经验是充分重视术前牵引,牵引时床头、肩背部垫高,保持头部后伸,自体重 1/10 开始,根据复位情况逐渐按 0.5kg/次增加,定时行床边 X 线检查,必要时行双向牵引,复位满意后继续维持牵引 3~5d。术中应用 Mayfield 三钉头架将患者颈椎置于适度后伸的位置,将肩下拉后用胶布固定, C 型臂 X 线透视调整头架,观察寰枢位置,调整至基本满意为止。术中在颈椎后伸状态下,通过棒塑形在枕骨固定点与颈椎固定点之间撑开产生一个将 C2 向下、向前的复位力量,使突入颅内的齿状突向

下、向前拉出,寰椎与枕骨相对向后上移,从而达到颈髓减压的目的,必要时可撑开寰枢间隙,增加复位效果。本组患者通过上述方法治疗,术后寰枢椎复位确实,脊髓受压症状均明显缓解。

然而,Goel 等<sup>[20]</sup>报道采用术前颅骨牵引并后路枕颈复位固定术治疗颅底凹陷合并寰枢椎脱位患者,随访发现均因复位矫正丢失而需Ⅱ期行经口咽入路减压手术。因此,坚强固定十分重要, Peng 等<sup>[14]</sup>报道采用后路多轴螺钉-棒系统枕颈复位固定治疗颅底凹陷症患者 7 例,平均随访 26.6 个月,均无复位矫正丢失发生,临床效果满意。我们的做法是尽量采用枢椎椎弓根螺钉固定,以减少融合节段,保留颈椎活动度;但如果系老年患者,或术前复位难度较大者,为防止螺钉松动、断裂,适当加用侧块螺钉延长固定范围,以保证融合固定效果。本组单纯采用枢椎椎弓根螺钉固定 3 例,加用侧块螺钉固定 4 例。1 例患者术前评估发现枢椎椎弓根细小且椎动脉走行异常,但枢椎椎板厚度超过 5mm,因此行枢椎椎板螺钉固定,复位效果满意,随访无畸形丢失。本组 2 例患者选用椎板夹固定,该法简单可靠,同样获得满意疗效,但前提是确认椎板下有足够空间放入椎板钩,否

则可能加重脊髓受压。植骨床要准备充分,我们用磨钻将枕骨大孔后缘、寰椎后弓表面以及枢椎椎板上缘骨皮质磨成粗糙面,然后将髂骨块尾端修剪成大小合适的凹形,嵌插于枕骨与枢椎棘突间,松质骨面朝向植骨床,然后用丝线固定于两侧连接杆或椎板夹,确保贴合牢靠。本组所有患者术后 6 个月内均达到完全融合。

本研究结果表明,充分术前牵引+后路枕颈复位固定融合术治疗颅底凹陷症并可复性寰枢椎脱位患者可获得满意疗效,而且不需行枕骨大孔和寰椎后弓切除减压,简化了手术操作并降低了手术风险,是治疗该类疾患的理想方法之一。但须注意:(1)重视术前牵引;(2)术中棒的预弯角度要适当,我们的经验是  $100^{\circ}\sim 120^{\circ}$  较为适合,但须根据术中复位情况考虑;(3)撑开时两边交替进行,在齿状突纵向复位不良需撑开寰枢间隙时,不可单纯依靠寰枢间撑开力,防止脊髓损伤进一步加重;(4)复位过程中密切观察诱发电位变化,防止医源性损伤;(5)对于术前牵引复位不满意(齿状突顶端未能降到 Chamberlain 线上 3mm 以内,寰椎前弓与齿状突间隙仍大于 3mm)患者,建议不要采用该术式。

#### 4 参考文献

1. Ding X, Abumi K, Ito M, et al. A retrospective study of congenital osseous anomalies at the craniocervical junction treated by occipitocervical plate-rod systems[J]. Eur Spine J, 2012, 21(8): 1580-1589.
2. Garrido BJ, Sasso RC. Occipitocervical fusion[J]. Orthop Clin North Am, 2012, 43(1): 1-9.
3. Jian FZ, Chen Z, Wrede KH, et al. Direct posterior reduction and fixation for the treatment of basilar invagination with atlantoaxial dislocation[J]. Neurosurgery, 2010, 66(4): 678-687.
4. Epstein NE, Schwall G. Thoracic spinal stenosis: diagnostic and treatment challenges[J]. J Spinal Disord, 1994, 7(3): 259-269.
5. Sato T, Kokubun S, Tanaka Y, et al. Thoracic myelopathy in the Japanese epidemiological and clinical observations on the cases in Miyagi Prefecture[J]. Tohoku J Exp Med, 1998, 184(1): 1-11.
6. Ibrahim AG, Crockard HA. Basilar impression and osteogenesis imperfecta: a 21 year retrospective review of outcomes in 20 patients[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(6): 594-600.
7. Mummaneni PV, Haid RW. Transoral odontoidectomy[J]. Neurosurgery, 2005, 56(5): 1045-1050.
8. Wang C, Yan Y, Zhou HT, et al. Open reduction of irreducible atlantoaxial dislocation by transoral anterior atlantoaxial release and posterior internal fixation [J]. Spine, 2006, 31(11): E306-313.
9. Dokai T, Nagashima H, Nanjo Y. Posterior occipitocervical fixation under skull-femoral traction for the treatment of basilar impression in a child with Klippel-Feil syndrome[J]. J Bone Joint Surg Br, 2011, 93(11): 1571-1574.
10. Menezes AH. Surgical approaches: postoperative care and complications "transoral-transpalatopharyngeal approach to the craniocervical junction"[J]. Childs Nerv Syst, 2008, 24(10): 1187-1193.
11. Simsek S, Yigitkanli K, Belen D, et al. Halo traction in basilar invagination: technical case report[J]. Surg Neurol, 2006, 66(3): 311-314.
12. Wu JC, Huang WC, Cheng H. Endoscopic transnasal transclival odontoidectomy: a new approach to decompression: technical case report[J]. Neurosurgery, 2008, 63(1 Suppl 1): ONSE92-94.
13. Klimo P Jr, Astur N, Gabrick K, et al. Occipitocervical fusion using a contoured rod and wire construct in children: a reappraisal of a vintage technique [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(4): 444-449.
14. Peng X, Chen L, Wan Y, et al. Treatment of primary basilar invagination by cervical traction and posterior instrumented reduction together with occipitocervical fusion [J]. Spine, 2011, 36(19): 1528-1531.
15. Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation[J]. J Neurosurg Spine, 2004, 1(3): 281-286.
16. Abumi K, Takada T, Shono Y, et al. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate rod systems[J]. Spine, 1999, 24(14): 1425-1434.
17. 彭新生, 潘滔, 陈立言, 等. 牵引与后路枕颈复位固定治疗寰椎枕骨化并颅底凹陷症[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(1): 45-49.
18. 宋跃明, 饶书城, 代禧祚, 等. 枕骨大孔扩大术治疗上颈椎与颅底先天性畸形伴寰枢关节脱位的远期疗效[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 1995, 5(3): 108-110.
19. Goel A. Progressive basilar invagination after transoral odontoidectomy: treatment by atlantoaxial facet distraction and craniovertebral realignment[J]. Spine, 2005, 30(18): E551-555.
20. Goel A, Bhatjiwale M, Desai K, et al. Basilar invagination: a study based on 190 surgically treated patients[J]. J Neurosurg, 1998, 88(6): 962-968.

(收稿日期:2013-03-15 修回日期:2013-04-16)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)