

· 综 述 ·

寰枢椎脱位的临床诊疗进展

李培洋¹, 刘大山², 周纪平^{2*}

(1. 山东中医药大学, 山东济南 250014; 2. 山东省文登整骨医院, 山东威海 264400)

摘要: 寰枢椎脱位 (atlantoaxial dislocation, AAD) 是脊柱脊髓常见疾病之一, 影像学一般以颈椎过伸或过屈位 X 线片显示 ADI 间隙增宽或 SAC 间隙变窄为特征。随着上颈椎手术研究的不断深入, AAD 的临床诊疗已取得可观进步。但寰枢椎解剖结构复杂, 存在神经、血管及骨性结构变异的可能, 充分了解患者的病情及影像学特点, 有助于为患者制定个性化诊疗方案。本文对 AAD 的发病机理、诊断及治疗方法的研究进展进行综述, 为临床 AAD 诊治提供参考。

关键词: 寰枢椎脱位, 牵引, 内固定, 融合术

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 20-1869-06

Progress in the clinical diagnosis and treatment of atlantoaxial dislocation // LI Pei-yang¹, LIU Da-shan², ZHOU Ji-ping². 1. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong 250014, China; 2. Shandong Wendeng Orthopaedic Hospital, Weihai, Shandong 264400, China

Abstract: Atlantoaxial dislocation (AAD) is one of special disorders in the spine and spinal cord. Radiographs are characterized by cervical hyper-extension or hyper-flexion positions in which X-rays reveal widening of the atlantodental interval (ADI) or narrowing of the space available for the cord (SAC). With the deepening of research on upper cervical surgery, the clinical diagnosis and treatment of AAD have made considerable progress. However, the anatomical structure of atlantoaxial vertebrae is complex, with the possibility of neurological, vascular and bone structural variation. A full understanding of the patient's condition and imaging characteristics is helpful to develop personalized diagnosis and treatment plans for patients. In this paper, the pathogenesis, diagnosis, non-surgical treatment and surgical treatment of AAD were reviewed to provide a reference for clinical diagnosis and treatment of AAD.

Key words: atlantoaxial dislocation, traction, internal fixation, fusion

寰枢椎脱位 (atlantoaxial dislocation, AAD) 是指外伤、遗传缺陷、炎症疾病、肿瘤生长或手术等多种可能因素造成寰枢椎骨关节面失去正常对合关系的临床解剖学改变, 影像学一般以颈椎过伸或过屈位 X 光片显示 ADI 间隙增宽或 SAC 间隙变窄为特征^[1]。患者初期表现为颈部疼痛或合并活动受限, 当延髓受到压迫时可引发脊髓空洞、Chiari 畸形等神经系统病变, 严重者还可出现括约肌功能障碍、呼吸窘迫等症状^[2]。寰枢关节是一个被丰富神经、血管包围的解剖区, 被认为是临床手术的“危险区”或“禁区”^[3]。国外学者经调查研究发现, 因损伤生命中枢而死亡的 AAD 患者比率高达 35%^[4]。近年来, 上颈椎外科研究和手术方法的改进, 使 AAD 在临床诊疗方面有了可观进步, 现将相关文献作一综述。

1 发病机制

AAD 的首要原因是外伤导致的韧带断裂和齿状突骨折。Morishita 等^[5]认为, 横韧带和翼状韧带维持着寰枢关节前方稳定, 后方稳定则是依赖寰椎后弓和齿状突的对接。当发生高处坠落或交通事故等时, 暴力直接作用于颈部, 导致寰枢关节韧带复合体损伤、II 型齿状突骨折时, 均可造成 AAD 的发生。多发性骨髓瘤、骨巨细胞瘤和脊索瘤等原发性或转移性肿瘤也可引起骨质和韧带的损伤, 破坏原有稳定性产生畸形, 提高发病率^[6]。

相关报道指出国内 AAD 主要发病因素是寰椎枕化、C_{2/3} 椎体融合及两侧关节突不对称等情况, 国外则是主要由类风湿性关节炎、儿童反复发作的咽炎以及结核病灶侵袭等疾病导致。此外, Down 综合征、Goldenhar 综合征和 Morquio 综合征等先天性骨骼异常发育也是部分因素^[7]。

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.110343

作者简介: 李培洋, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱脊髓伤病的诊断治疗, (电子信箱) 572954919@qq.com

* 通信作者: 周纪平, (电话) 0631-8482065, (电子信箱) wdzgjp@163.com

2 诊断

AAD 可导致神经压迫,详细询问病史和查体对诊断非常必要,但确诊仍需以影像学表现为客观依据。AAD 的首选影像学检查是通过拍摄正侧位 X 线片来检查寰齿前间距 (atlantodental interval, ADI): ADI 是寰椎前弓后缘到齿状突前缘的距离,正常人 ≤ 3 mm,儿童 ≤ 5 mm,并且应在颈椎旋转运动时保持稳定。当寰枢关节丧失稳定性发生脱位时,ADI 会增加。Ramos-Remus 等^[8]主张将颈椎 ADI ≥ 4 mm 作为强直性脊柱炎合并寰枢椎脱位的诊断标准。另一个诊断指标是齿状突后缘到寰椎后弓前缘的距离-脊髓有效空间 (space available for the cord, SAC),不应 < 14 mm,且数值大小与患者的瘫痪严重性密切相关已得到证实^[9]。寰枢关节 CT 检查对发现寰枢关节的形态结构变化和有无发育畸形有重要意义,可用于确定疾病分型和制定手术计划,现被认为是 AAD 最为可靠的诊断方式^[10]。此外, MRI 能更加明晰地反映韧带损伤的部位和程度,常用于观察脊髓受压情况以及信号的改变^[11]。

3 治疗

AAD 的治疗原则是恢复寰枢椎正常解剖关系,解除脊髓压迫,在改善神经症状的同时维持其稳定性,治疗方法则取决于齿突完整性、横韧带的损伤程度、复位难易程度、复位后的稳定性以及脊髓受压程度等^[12]。

3.1 保守治疗

对于症状轻微,没有神经损害,且影像学 ADI 指数较小的患者,可以考虑保守疗法,如牵引、外固定架以及对原发病和并发症的治疗等。其中,牵引结合推拿手法可有效纠正寰枢椎关节错位,缓解局部水肿、充血及渗出,是可复型 AAD 的首选疗法^[9]。横韧带损伤 3 周之内的儿童,如果没有神经损伤症状,也可经牵引复位后采取外固定结合功能锻炼的方式继续观察^[13]。部分存在 AAD 发生风险的先天性寰枢椎畸形患者,推荐预防性检查和治疗,不得参加剧烈运动^[6]。近年,有研究显示尽早使用新型免疫调节剂 TNF- α 阻断剂可有效降低上颈椎畸形的发生率^[14, 15],早期的药物治疗可使有 AAD 潜在风险的类风湿关节炎病人发病率降低 9%^[16]。

3.2 手术治疗

有文献报道,当成人 ADI > 5 mm 时,需进行手术;当儿童存在神经症状、寰椎持续前移且 ADI > 4 mm、畸形时间已满 3 个月或复位 6 周内复发其中至少 1 种情况时,可考虑手术^[13]。

3.2.1 前路术式

前路手术可以直接对腹侧脊髓压迫进行解除,适用于后方结构异常需前路进行松解或减压者,还可作为后路手术复位减压不彻底的补救手术。

早期 II 型齿状突骨折的治疗主要以颈围和 Halo 支架为代表,固定时间长且愈合率偏低。齿状突螺钉固定技术的出现既可快速稳定骨折,还保护了寰枢椎关节活动度,但该技术适应证比较局限,对术者的要求也较高,且术后不融合率可达 2%~14%^[17, 18]。对于影像学检查提示寰枢椎侧块关节骨性融合的患者,可通过口腔进行手术,切除对脊髓构成腹侧压迫的齿状突和部分枢椎椎体,改善神经症状,尤其适用于损伤到斜坡下至 C_{2/3} 椎间盘的患者^[19]。但王超等^[20]认为齿状突顶部难以切除,枢椎椎体切除过多会导致寰枢椎关节稳定性丢失,且无法改变下颈椎鹅颈样畸形,并不利于后路二次融合手术,患者术后还容易出现吞咽困难、腭咽闭合不全等后遗症。

对于不能复位的 AAD 患者,需要先进行前路松解,再行后路内固定术。相对于齿状突切除,经过口腔通道对挛缩的前纵韧带、肌肉、关节囊、骨赘等组织进行松解来恢复颈椎生理曲度,调整脑脊液的压力来促进脊髓的功能恢复,可避免齿状突的切除,降低了创伤性^[21, 22]。经口松解后需翻身进行后路固定,具有复位效果好、减压充分的优点;但寰枢椎松解后极度不稳,此时翻身容易导致脱位加重,而且前后路联合手术创伤较大。尹庆水等^[23]研发了集松解、复位、减压及固定于一体的经口寰枢椎复位钢板,无需体位的改变,通过经口 1 个切口可以实现 AAD 的解剖复位。王建华等^[24]更是在前者基础上研发了更适合青少年 AAD 的新型 Slim-TARP,体积更小,减少创伤,避免感染;同时更加符合青少年寰枢椎解剖结构,稳定性好。

部分患者颈椎长时间向前下方移位,下颈椎代偿性前突,使得后方软组织挛缩,下颈椎无法屈曲,影响后路手术视野的暴露。1999 年王超等^[25]提出了前路经枢椎体寰椎侧块螺钉固定方法,可以在颈椎极度后伸时实现复位,规避了上述问题。此术式虽具有良好的稳定性,但不能同时植骨融合,也需加行后路二次植骨融合手术。

颈椎前方解剖结构简单,术中无需牵拉延髓,可

直接对脊髓腹侧压迫进行切除；但术野较窄，给术者的操作带来不便，且钢板的形状并不完全与寰枢椎解剖相一致，切迹高，留给螺钉的置入空间较为局限。另外，将螺钉从口腔置入容易引起患者术后咽喉充血水肿、吞咽困难、上下颌无法闭合、脑脊液漏等并发症^[26]。

3.2.2 后路术式

早期后路术式以椎板下线圈技术为代表。1910 年 Mixer 等^[27]首次使用丝线捆绑固定寰椎后弓和枢椎棘突。1939 年 Gallie 等^[28]改用钢丝穿过寰椎后弓腹侧和枢椎棘突，并在后方植骨，降低了 AAD 术后复发率。Brooks 等^[29]于 1978 年在前者基础上进行改良，将髂骨植于 C₁ 后弓和 C₂ 椎板间，再用钢丝穿起，虽然固定强度得到增强且能更好地限制寰枢椎关节的侧屈和旋转，但是由于钢丝在椎管内长度较长，对脊髓造成伤害的概率比较大，且植骨不融合率较高^[30]。此后，1975 年 Tucker 等提出椎板夹（Hali-fax）内固定法，即将上椎板夹置于寰椎后弓双侧上缘，下椎板夹置于枢椎棘突与椎板间隙间，二者通过套管连接，在寰椎后弓与枢椎棘突间植入髂骨块加压固定。此技术规避了钢丝进入椎管损伤脊神经的风险，但是椎板夹体积较大，需要螺钉固定，存在松动的风险，且植骨融合率较前者并无明显改善^[31]。上述术式都是对寰枢椎后弓做固定，对颈椎后部结构完整性要求较高，并不适用于后弓断裂、缺失或发育异常的患者。

1987 年 Magerl 等^[32]描述的寰枢椎侧块关节螺钉固定技术，常用来辅助 Gallie 钢丝技术固定并增强屈伸稳定性，提高植骨融合率，曾被誉为寰枢椎后路融合手术的金标准^[33]。Wang 等^[34]对 Magerl 技术进行简化并取得了 100% 植骨率，他们认为单纯 Magerl 技术即可提供足够稳定性，无需钢丝固定，且可用颗粒松质骨植骨代替自体髂骨植骨。尽管改良后的 Magerl 技术稳定性好、植骨融合率高，但是在操作过程中存在困难，不仅术前需要解剖复位，还容易受到横突孔解剖差异的影响^[35]。为防止发生椎动脉损伤等事故发生，往往需要在 X 线透视的辅助下完成。

Goel-Harms 技术（即寰椎侧块螺钉结合枢椎椎弓根螺钉技术）将寰椎侧块与枢椎通过钉棒系统相连，固定可靠且术前不强求对寰枢椎进行解剖复位，也可用于解剖变异病例。谭明生等^[36]在此基础上进行了改良，提出了“寰椎椎弓根螺钉技术”，将寰椎侧块的进钉点设计在寰椎后弓上/下缘，使螺钉通过寰椎后弓和侧块。唐林等^[37]通过研究证实，寰椎椎

弓根螺钉技术在多种内固定方式中生物力学稳定性最高，等同于 Magerl 技术联合 Gallie 钢丝技术。与 Magerl 技术相比，椎弓根螺钉通道较侧块螺钉长，接触面积大，螺钉不易拔出；椎弓根螺钉技术进钉点位置较高，无需显露寰椎后弓下方等结构，降低了对血管神经的损伤概率^[38]。

Goel^[39]于 2004 年报道采用 Goel 技术联合侧块关节植骨治疗合并颅底凹陷症的 AAD 患者，充分暴露侧块关节时需切断 C₂ 神经根，切除关节囊刮去关节软骨，复位后取自体髂骨植于寰枢椎侧块关节腔内。Yamagata 等^[40]认为 C₂ 神经根的切除可避免椎旁静脉丛的出血，同时实现寰枢椎侧块的完全显露，减轻术后枕颈区疼痛，恢复患者枕颈区的皮肤感觉减退。谢梦琦等^[41]研究发现，改良后的 Goel 技术在不增加术中出血量和手术时间的同时，可增加植骨面积，提高植骨融合率。Goel 技术联合侧块植骨技术首先适用于先天缺少寰椎后弓或枢椎椎板，或者需要做寰枢椎椎板减压的患者，侧块关节融合可作为椎板间植骨融合的替代方法。该技术还适用于合并骨质疏松的患者，在侧块间作植骨融合，可增加植骨融合面积，提高把持力度。此外，强直性脊柱炎合并寰枢椎脱位患者往往寰椎和颅骨融合，枢椎和下颈椎融合，为了降低内固定应力，可补充侧块关节融合，降低内固定失败的风险^[42]。

对于创伤导致的新鲜可复型稳定患者，推荐选择寰椎单阶段复位固定术、寰枢椎后路临时固定非融合术等可保留寰枢椎活动功能的脊柱非融合内固定技术。对于伴有寰枢关节破坏、颅底凹陷、环枕骨化症等先天性畸形的 AAD 患者，均需行枕颈融合术，以恢复枕颈稳定，枕颈融合还可作为后路置钉失败的补救措施。对于不可复位的 AAD 患者，术前应结合影像学数据充分了解脱位情况和脊髓受压程度，遵循原位减压植骨融合的原则。

4 小 结

近年来，随着影像学技术的进步，寰枢椎脱位的诊断率有所提升，但早期 AAD 的诊断仍然存在困难，原因在于脱位的隐匿性使患者不易察觉，等到就诊时病情已进一步发展，严重影响患者的生命质量甚至危及生命安全。由于寰枢椎解剖结构复杂，存在神经、血管及骨性结构变异的可能，所以术前应充分了解患者的病情及影像学特点，根据损伤情况选择合适治疗方案，依据患者脊柱结构做出合理规划，为恢复

脊柱序列、减压融合、恢复活动度提供支持。具体选择何种手术方案需要术者根据患者的病情和自己临床经验来决定,这不仅需要术者对寰枢椎解剖结构十分熟悉,还需具备高超的外科技术和心理素质。在寰枢椎脱位的各种手术中,3D打印导板等技术的应用使置钉的精准度提高,保证了手术的安全操作^[43]。相信随着现代生物技术、网络信息化的不断进步,寰枢椎不稳手术的成功率会越来越高。

参考文献

- [1] 余海林, 顾小荣, 郑贵浩. 3D打印个性化导板辅助后路寰枢椎置钉治疗寰枢椎脱位并齿突骨折[J]. 脊柱外科杂志, 2024, 22(2): 111-116. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2024.02.007.
Yu HL, Gu XR, Zheng GH. 3D printed personalized guide plate assisted posterior atlantoaxial nailing treatment for atlantoaxial dislocation and tooth process fracture [J]. Journal of Spinal Surgery, 2024, 22(2): 111-116. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2024.02.007.
- [2] 田英轮, 许南方, 陈金国, 等. “三明治型”寰枢椎脱位的临床特点及其临床疗效[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(7): 422-429. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20220613-00338.
Tian YL, Xu NF, Chen JG, et al. Clinical characteristics and clinical efficacy of atlantoaxial dislocation in "sandwich type" [J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2023, 43(7): 422-429. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20220613-00338.
- [3] 李浩, 陈刚, 李方财, 等. 寰枢椎脱位合并颈椎后纵韧带骨化症的手术疗效分析[J]. 脊柱外科杂志, 2018, 16(2): 86-91. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2018.02.006.
Li H, Chen G, Li FC, et al. Surgical efficacy analysis of atlantoaxial dislocation with posterior longitudinal ligament of cervical vertebra [J]. Journal of Spinal Surgery, 2018, 16(2): 86-91. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2018.02.006.
- [4] Evaniew N, Yarascavitch B, Madden K, et al. Atlantoaxial instability in acute odontoid fractures is associated with nonunion and mortality [J]. Spine J, 2015, 15(5): 910-917. DOI: 10.1016/j.spinee.2014.03.029.
- [5] Morishita Y, Falakassa J, Naito M, et al. The kinematic relationships of the upper cervical spine [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(24): 2642-2645. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b435e4.
- [6] 陈雄生, 唐一钊. 寰枢椎脱位的诊断与治疗[J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(7): 471-476. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230221-00060.
Chen XS, Tang YF. Diagnosis and treatment of atlantoaxial dislocation [J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2023, 43(7): 471-476. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20230221-00060.
- [7] 刘仲源, 魏传付, 李念虎. 手术治疗寰枢关节不稳或脱位的研究进展[J]. 中国现代手术学杂志, 2023, 27(2): 150-154. DOI: 10.16260/j.cnki.1009-2188.2023.02.014.
Liu ZY, Wei CF, Li NH. Progress in the surgical treatment of atlantoaxial instability or dislocation [J]. Chinese Journal of Modern Surgery, 2023, 27(2): 150-154. DOI: 10.16260/j.cnki.1009-2188.2023.02.014.
- [8] Ramos-Remus C, Gomez-Vargas A, Guzman-Guzman JL, et al. Frequency of atlantoaxial subluxation and neurologic involvement in patients with ankylosing spondylitis [J]. J Rheumatol, 1995, 22(11): 2120-2125. DOI: 10.1007/BF02207944.
- [9] 谭明生, Goel A, Abumi K, 等. 寰枢椎脱位中西医结合诊治指南(2019)[J]. 中国骨伤, 2020, 33(1): 27-38. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2020.01.006.
Tan MS, Goel A, Abumi K, et al. Guidelines for diagnosis and treatment of atlantoaxial dislocation with integrated Traditional Chinese and Western Medicine (2019) [J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2020, 33(1): 27-38. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2020.01.006.
- [10] 袁文, 刘洋. 寰枢椎脱位的分型及手术治疗现状[J]. 中国骨伤, 2016, 29(10): 875-877. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2016.10.001.
Yuan W, Liu Y. Current classification and surgical treatment of atlantoaxial dislocation [J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2016, 29(10): 875-877. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2016.10.001.
- [11] 姚立东, 田华卫, 刘洁, 等. 磁共振对可复型寰枢椎脱位患者治疗的指导效果[J]. 河北医学, 2021, 27(7): 1182-1186. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6233.2021.07.027.
Yao LD, Tian HW, Liu J, et al. Guidance effect of MR in the treatment of patients with flexible atlantoaxial dislocation [J]. Hebei Medical Journal, 2021, 27(7): 1182-1186. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6233.2021.07.027.
- [12] 苑博, 周盛源, 唐一钊, 等. 改良枢椎峡部螺钉技术在难复性寰枢椎脱位三维复位中的优势与临床疗效[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2024, 17(2): 111-117. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2024.02.03.
Yuan B, Zhou SY, Tang YF, et al. Advantages and clinical efficacy of the modified pivot isthmus screw technique in three-dimensional reduction of refractory atlantoaxial dislocation [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Surgery, 2024, 17(2): 111-117. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2024.02.03.
- [13] 李俊宏, 廖晖. 寰枢椎脱位的分型与外科治疗[J]. 骨科, 2022, 13(3): 279-284. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.03.018.
Li JH, Liao H. Classification and surgical treatment of atlantoaxial dislocation [J]. Orthopaedics, 2022, 13(3): 279-284. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.03.018.
- [14] Wasserman BR, Moskovich R, Razi A. Rheumatoid arthritis of the cervical spine: Clinical considerations [J]. Bull Nyu Hosp Jt Dis, 2011, 69(2): 136-148. DOI: 10.1001/archinte.1963.03860060116013.
- [15] Neva MH, Kauppi MJ, Kautiainen H, et al. Combination drug therapy retards the development of rheumatoid atlantoaxial subluxations [J]. Arthritis Rheum, 2000, 43(11): 2397-2401. DOI: 10.1002/1529-0131(200011)43:113.O.CO;2-V.

- [16] Paimela L, Laasonen L, Kankaanpää E, et al. Progression of cervical spine changes in patients with early rheumatoid arthritis [J]. *J Rheumatol*, 1997, 24 (7) : 1280–1284. DOI: 10.1007/BF02242466.
- [17] 张双, 马飞, 王清, 等. 后路寰枢椎固定非融合术治疗新鲜 II 型齿状突骨折的远期疗效观察 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2023, 33 (12) : 1064–1072. DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2023.12.02.
- Zhang S, Ma F, Wang Q, et al. Long-term efficacy of posterior atlantoaxial fixation in the treatment of fresh dentate fracture [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2023, 33 (12) : 1064–1072. DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2023.12.02.
- [18] 米明珊, 鲍剑峰, 许勇, 等. 齿状突骨折前后入路手术方案选择及疗效分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (20) : 1841–1845. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2015.20.04.
- Mi MS, Bao JF, Xu Y, et al. Selection of surgical options and efficacy analysis of the approach before and after dentate fracture [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2015, 23 (20) : 1841–1845. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2015.20.04.
- [19] 安岩, 王扬. 前路经口齿状突切除术 [J]. *骨科临床与研究杂志*, 2020, 5 (3) : 190–192. DOI: 10.19548/j.2096–269x.2020.03.014.
- An Y, Wang Y. Anterior route transoral odontoidectomy [J]. *Journal of Clinical Orthopaedics and Research*, 2020, 5 (3) : 190–192. DOI: 10.19548/j.2096–269x.2020.03.014.
- [20] 王超, 闫明, 周海涛, 等. 前路松解复位后路内固定治疗难复性寰枢关节脱位 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2003, 13 (10) : 583–586. DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2003.10.002.
- Wang C, Yan M, Zhou HT, et al. Anterior release and posterior internal fixation for refractory atlantoaxial dislocation [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2003, 13 (10) : 583–586. DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2003.10.002.
- [21] 周鑫, 倪斌, 杨军, 等. 一期前路松解后路内固定治疗难复性寰枢椎脱位 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (7) : 641–644. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.07.15.
- Zhou X, Ni B, Yang J, et al. Primary anterior release of posterior fixation for refractory atlantoaxial dislocation [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (7) : 641–644. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.07.15.
- [22] Wang X, Ma L, Liu Z, et al. Reconsideration of the transoral odontoidectomy in complex craniovertebral junction patients with irreducible anterior compression [J]. *Chin Neurosurg J*, 2020, 6: 33. DOI: 10.1186/s41016–020–00210–4.
- [23] Yin QS, Li XS, Bai ZH, et al. An 11-year review of the tarp procedure in the treatment of atlantoaxial dislocation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41 (19) : E1151–E1158. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001593.
- [24] 王建华, 夏虹, 吴增晖, 等. 微创经口咽复位内固定钢板在儿童寰枢椎手术中的初步应用 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2018, 28 (10) : 895–901. DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2018.10.05.
- Wang JH, Xia H, Wu ZH, et al. Primary application of slim transoral anterior reduction plate in pediatric atlantoaxial dislocation through transoral approach [J]. *Chinese Journal of Spine and Spinal Cord*, 2018, 28 (10) : 895–901. DOI: 10.3969/j.issn.1004–406X.2018.10.05.
- [25] 王超, 党耕町, 刘忠军. 前路经枢椎体寰椎侧块螺钉固定术 [J]. *中华骨科杂志*, 1999, 19 (8) : 457–459. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253–2352.1999.08.102.
- Wang C, Dang GT, Liu ZJ. Anterior transaxial atlas block screw fixation [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 1999, 19 (8) : 457–459. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253–2352.1999.08.102.
- [26] 郑轶, 张嘉锴, 吴君龙, 等. 3D 打印个性化异形解剖导向钢板辅助经口前路寰枢椎置钉的数字化研究 [J]. *脊柱外科杂志*, 2022, 20 (2) : 84–88. DOI: 10.3969/j.issn.1672–2957.2022.02.003.
- Zheng Y, Zhang JK, Wu JL, et al. Digital study of personalized anatomical-guide plates assisted by 3D printing transoral atlantoaxial nailing [J]. *Journal of Spinal Surgery*, 2022, 20 (2) : 84–88. DOI: 10.3969/j.issn.1672–2957.2022.02.003.
- [27] Mixter SJ, Osgood RB. Traumatic lesions of the atlas and axis [J]. *Ann Surg*, 1910, 51 (2) : 193–207. DOI: 10.1097/00000658–191002000–00004.
- [28] Gallie WE. Fractures and dislocations of the cervical spine [J]. *Am J Surg*, 1939, 46 (3) : 495–499. DOI: 10.1016/S0002–9610(39)90309–0.
- [29] Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1978, 60 (3) : 279–284.
- [30] 徐瑞生, 王立邦, 丁涛, 等. Atlas 钛缆固定上颈椎的解剖与临床 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2005, 13 (5) : 352–354. DOI: 10.3969/j.issn.1005–8478.2005.05.011.
- Xu RS, Wang LB, Ding T, et al. Anatomy and clinical fixation of the upper cervical spine with an Atlas titanium cable [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2005, 13 (5) : 352–354. DOI: 10.3969/j.issn.1005–8478.2005.05.011.
- [31] Huang DG, Hao DJ, He BR, et al. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques [J]. *Spine J*, 2015, 15 (10) : 2271–2281. DOI: 10.1016/j.spinee.2015.07.008.
- [32] Magerl F, Seemann PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation [M] // Kehr P, Weidner A. *Cervical spine I*. Vienna: Springer, 1987: 322–327. DOI: 10.1007/978–3–7091–8882–8_59.
- [33] 吴鑫杰, 谭明生. 寰枢椎后路内固定技术的研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (6) : 528–532. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2018.06.11.
- Wu XJ, Tan MS. Progress in the atlantoaxial posterior instrumentation technique [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2018, 26 (6) : 528–532. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2018.06.11.
- [34] Wang C, Yan M, Zhou H, et al. Atlantoaxial transarticular screw fixation with morselized autograft and without additional internal fixation: technical description and report of 57 cases [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32 (6) : 643–646. DOI: 10.1097/01.brs.0000257539.75693.cc.
- [35] Yang SY, Boniello AJ, Poorman CE, et al. A review of the diagnosis and treatment of atlantoaxial dislocations [J]. *Global Spine J*,

- 2014, 4 (3) : 197-210. DOI: 10.1055/s-0034-1376371.
- [36] 谭明生, 移平, 王文军, 等. 经寰椎"椎弓根"螺钉内固定技术的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16 (5) : 336-340. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2006.05.004.
- Tan MS, Yi P, Wang WJ, et al. Clinical application of the internal fixation technique of the "pedicle" screw via the atlas [J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2006, 16 (5) : 336-340. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2006.05.004.
- [37] 唐林, 肖增明, 陈国军. 寰枢椎椎弓根螺钉加横连杆加压治疗不稳定性 Jefferson 骨折的生物力学研究[J]. 航空航天医药, 2010, 21 (5) : 643-645. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1434.2010.05.005.
- Tang L, Xiao ZM, Chen GJ. Biomechanical study of atlantoaxial pedicle screw plus transverse linkage compression for unstable Jefferson fractures [J]. Journal of Aerospace Medicine, 2010, 21 (5) : 643-645. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1434.2010.05.005.
- [38] 王正雷, 王海斌, 刘建辉, 等. 采用椎弓根螺钉内固定治疗寰枢椎骨折脱位[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (10) : 933-935. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.10.15.
- Wang ZL, Wang HB, Liu JH, et al. Pedicle screw internal fixation used for the atlantoaxial fracture and dislocation [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (10) : 933-935. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.10.15.
- [39] Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation [J]. J Neurosurg Spine, 2004, 1 (3) : 281-286. DOI: 10.3171/spi.2004.1.3.0281.
- [40] Yamagata T, Takami T, Naito K, et al. C₂ nerve root resection to achieve safe and wide exposure of lateral atlantoaxial joints in posterior C₁₋₂ instrumented fixation: technical note [J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2013, 53 (12) : 914-919. DOI: 10.2176/nmc.tn2012-0288.
- [41] 谢梦琦, 孟令志, 郭明明, 等. Goel 技术联合一侧寰枢外侧关节内植骨治疗寰枢椎不稳[J]. 脊柱外科杂志, 2019, 17 (3) : 153-157. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2019.03.001.
- Xie MQ, Meng LZ, Guo MM, et al. Goel technique combined with one lateral atlantoaxial articular endograft for atlantoaxial instability [J]. Journal of Spinal Surgery, 2019, 17 (3) : 153-157. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2019.03.001.
- [42] 申庆丰, 李凌博, 马诗博, 等. 寰枢椎脱位融合方式的研究进展[J]. 骨科临床与研究杂志, 2022, 7 (5) : 315-318. DOI: 10.19548/j.2096-269x.2022.05.011.
- Shen QF, Li LB, Ma SB, et al. Progress in atlantoaxial dislocation and fusion methods [J]. Journal of Clinical Orthopaedics and Research, 2022, 7 (5) : 315-318. DOI: 10.19548/j.2096-269x.2022.05.011.
- [43] 杨凯, 杨茂清, 李佳佳, 等. 3D 打印导板辅助前路螺钉固定治疗齿状突骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (12) : 1311-1317. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.12.16.
- Yang K, Yang MQ, Li JJ, et al. 3D printed guide plate assisted anterior screw fixation for treatment of dentate process fracture [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (12) : 1311-1317. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.12.16.
- (收稿: 2024-05-02 修回: 2024-07-12)
(同行评议专家: 李矿, 段修武, 高加智)
(本文编辑: 宁桦)

(上接 1868 页)

- [44] Baharvand Z, Nabiuni M, Tahmaseb M, et al. Investigating the synergic effects of valproic acid and crocin on BDNF and GDNF expression in epidermal neural crest stem cells [J]. Acta Neurobiol Exp (Wars), 2020, 80 (1) : 38-46. DOI: 10.21307/ane-2020-004.
- [45] Ahmadi S, Nabiuni M, Tahmaseb M, et al. Enhanced neural differentiation of epidermal neural crest stem cell by synergistic effect of lithium carbonate and crocin on bdnf and gdnf expression as neurotrophic factors [J]. Iran J Pharm Res, 2021, 20 (2) : 95-106. DOI: 10.22037/ijpr.2019.15561.13176.
- (收稿: 2023-08-03 修回: 2024-05-25)
(同行评议专家: 王丹, 毛路, 王宇, 孔超)
(本文编辑: 宁桦)