

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2021.12.1408

· 综述 ·

颈椎过伸性损伤的发病机制及外科治疗进展

梅子健, 潘伟成, 郭永飞*, 史建刚

海军军医大学(第二军医大学)长征医院骨科, 上海 200003

[摘要] 颈椎过伸性损伤是指颈椎在颅面部水平方向为主的暴力作用下使得颈椎过度仰伸所致颈椎及其支持结构和脊髓的损伤, 是颈椎损伤的一种常见类型。颈椎过伸性损伤多见于伴有椎管狭窄的老年人群, 临床上较少出现严重的骨折脱位, 主要表现为颈脊髓中央管综合征等不完全性脊髓损伤。本文就颈椎过伸性损伤的损伤机制及其外科治疗的研究进展进行综述。

[关键词] 颈椎; 过伸性损伤; 机制; 治疗

[中图分类号] R 681.531

[文献标志码] A

[文章编号] 0258-879X(2021)12-1408-05

Pathogenesis and surgical treatment of cervical hyperextension injury: recent progress

MEI Zi-jian, PAN Wei-cheng, GUO Yong-fei*, SHI Jian-gang

Department of Orthopaedics, Changzheng Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

[Abstract] Cervical hyperextension injury refers to the injury of the cervical vertebra, its supporting structure and spinal cord caused by excessive extension of the cervical vertebra under the violent action of craniofacial horizontal force, and it is a common type of cervical vertebra injury. Cervical hyperextension injury is more common in the elderly with spinal stenosis, and there are few serious clinical fracture and dislocation, mainly manifested as incomplete spinal cord injury such as central cord syndrome. This article reviews the research progress of injury mechanism and surgical treatment of cervical hyperextension injury.

[Key words] cervical vertebrae; hyperextension injury; mechanism; treatment

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(12): 1408-1412]

颈椎过伸性损伤是一种常见的颈椎损伤类型, 约占颈椎各种损伤类型的 47%~65%^[1], 由于其特殊的损伤机制及高发生率, 一直受到脊柱外科医师关注。近年来, 对颈椎过伸性损伤的机制研究不断深入, 相关的颈椎前、后路手术也取得进展及突破。本文就近年来有关颈椎过伸性损伤发病机制和外科治疗新进展的相关研究进行总结, 以期为临床诊疗提供参考。

1 颈椎过伸性损伤的再认识

1.1 颈椎过伸性损伤与过伸性颈脊髓损伤 颈椎过伸是颈椎、颈脊髓常见的损伤机制, 临床工作中习惯性将其作为一个诊断名称。不伴有脊髓损伤的单纯颈椎软组织损伤意义甚微, 无须特殊治疗。而颈椎过伸与脊髓损伤常常合并存在, 贾连顺^[1]认

为过伸性颈脊髓损伤的确切概念以颈脊髓损伤的具体类型作为临床诊断名称更为恰当。

1.2 颈椎过伸性损伤与颈椎挥鞭样损伤 早年, 许多学者认为颈椎遭受过伸暴力之后又发生屈曲外力, 犹如挥动长鞭状, 故常常将颈椎过伸性损伤等同于颈椎挥鞭样损伤。随着研究的深入, 学者发现颈椎过伸性损伤是受伤瞬间颈椎为极度过伸状态, 通常不存在颈椎再次发生屈曲损伤过程, 故不宜简单地将颈椎过伸性损伤称为“挥鞭样损伤”^[1]。

1.3 颈椎过伸性损伤与颈脊髓中央管综合征 典型的颈椎过伸性损伤通常表现为遭受轻微外力后出现四肢不完全性瘫痪, 上肢重于下肢, 远端重于近端, 感觉分离, 严重者可出现大小便异常, 即颈脊髓中央管综合征^[2]。此外, 部分患者因脊髓受伤部位不同可表现为脊髓半切综合征、脊髓前角综合征

[收稿日期] 2021-09-02 **[接受日期]** 2021-09-26

[作者简介] 梅子健, 硕士生. E-mail: mzej9727@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81885146, E-mail: guospine@163.com

等^[1-2]。颈椎过伸性损伤是颈脊髓中央管综合征最重要、最常见的损伤机制,但不可忽视的是颈椎过屈性损伤、颈椎骨折脱位等亦可导致颈脊髓中央管综合征^[1-2],因此,不能将颈椎过伸性损伤与颈脊髓中央管综合征相等同。

1.4 颈椎过伸性损伤与无骨折脱位型颈脊髓损伤 在椎管狭窄基础上遭受过伸暴力是颈椎过伸性损伤和无骨折脱位型颈脊髓损伤(cervical spinal cord injury without fracture and dislocation, CSCIWFD)共同的致病机制^[3]。然而,需要注意的是屈曲性损伤也是引起CSCIWFD的重要机制。颈椎过伸性损伤除了MRI出现脊髓高信号改变外,还可能出现椎前软组织肿胀影、椎间隙增宽、椎体前缘撕脱骨折等X线征象^[4],而CSCIWFD患者X线检查多无明显异常^[1]。

2 颈椎过伸性损伤的损伤机制

2.1 钳夹机制 颈椎过伸性损伤多见于合并有椎管狭窄的老年人群,主要由低能量损伤所致^[5]。椎管狭窄是颈脊髓过伸性损伤的病理基础,在颈部过伸动态变化下黄韧带疝入椎管导致脊髓发生机械性损伤是脊髓过伸性损伤的主要机制^[1,5-6]。随着年龄增长,颈椎退变,椎间盘变性、突出,椎间隙变窄,导致周围韧带松弛、稳定性下降,脊髓周围形成椎间盘-骨赘(骨化)复合体和/或肥厚的黄韧带和关节突关节囊的钳夹型压迫,造成椎管静态狭窄,脊髓有效代偿空间减小^[1,5-6],尤其是合并有后纵韧带骨化者在遭受外力之后,坚硬的骨化物对脊髓的损伤程度往往比较性质压物更为严重^[7]。颈椎黄韧带褶皱是椎管容积动态变化的主要因素,动态MRI检查显示颈椎黄韧带的厚度随着屈曲逐渐减小,随着颈部过伸逐渐增加,C₃₋₇节段黄韧带厚度在过伸位明显大于屈曲位置,是颈椎过伸性损伤发病中重要的动态致病因素^[8]。研究显示颈椎椎管容积在颈部过伸时明显减小,椎间孔口径减小25%,椎管横截面积减小11%~16%,脊髓横截面积增加9%~17%,富有弹性的黄韧带可折入椎管内3.25~3.5 mm,造成椎管的进一步狭窄^[1]。Yu等^[9]通过研究有无脊髓高信号改变的脊髓型颈椎患者的影像学表现,发现颈椎过伸角度增加10°及颈椎活动范围增加是脊髓出现T2高信号改变的重要危险因素。

2.2 急性椎间盘突出机制 早期,Barnes^[10]报道了9例颈椎过伸性损伤患者,无一例出现椎间盘突出。相反,Hayes等^[11]认为当存在足够的轴向负荷时,过伸伤患者可能发生急性椎间盘突出。戴力扬和贾连顺^[12]统计了37例颈脊髓中央管综合征患者,24例存在急性椎间盘突出,主要见于年轻患者,由高能损伤所致,认为急性椎间盘突出是过伸伤导致颈脊髓中央管综合征的重要机制之一,应早期接受手术治疗。

2.3 其他 脊髓遭受机械性损伤之后可能诱发一系列继发性损害,包括水肿形成、脊髓缺血、血管痉挛、迟发性脱髓鞘、细胞凋亡、离子介导的细胞损伤、兴奋性中毒、氧化性损伤、神经炎症反应等,进一步加重了脊髓损伤的范围及程度,并且脊髓损伤动物模型证实受伤之后即进行手术干预能够预防或逆转继发性神经损害^[13]。此外,颈部过伸导致的脊髓牵拉伤及椎管内压力变化在脊髓损伤中同样发挥重要作用^[11]。

颈椎过伸性损伤/颈脊髓中央管综合征以上肢不对称性运动障碍为特点,尤其是上肢远端手部功能障碍为主,可能与支配上肢的神经纤维(皮质脊髓束)居于脊髓更中心的位置有关^[14]。而Li和Dai^[15]的动物模型表明上肢运动功能障碍主要是皮质脊髓束和脊髓前角运动神经元损害共同作用的结果。

3 颈椎过伸性损伤的治疗

早期,Schneider等^[16]发现保守治疗颈脊髓中央管综合征多能获得良好的临床效果,不主张手术干预。随着研究的逐渐深入,学者发现颈脊髓中央管综合征早期通常能够获得一定的神经功能恢复,之后可能会出现恢复瓶颈期甚至神经症状再次加重;残留神经功能异常者并不少见,尤其是手部功能^[17]。有报道称后期出现神经功能恶化的发生率高达24%,可能与颈椎不稳有关:颈椎不稳加重椎间盘退变、椎间盘突出;局部不稳导致后纵韧带骨化患者骨化物局部炎症反应及骨化物生长^[18]。

颈椎过伸性损伤通常不合并有影像学上的骨折脱位,对于不伴有神经症状或者轻度脊髓损伤的患者给予颈椎制动、对症保守治疗即可。随着手术技术及麻醉水平的提高,颈椎过伸性损伤手术治疗的报道越来越多^[19],而过伸性颈脊髓损伤/创伤性

脊髓中央管综合征的最佳治疗方式及手术适应证和手术时机的选择仍然存在较大的争议^[20]。

3.1 手术目的及手术适应证 手术治疗的目的是解除脊髓压迫,重建颈椎稳定性,促进神经功能恢复^[21]。适应证主要包括:(1)伴有脊髓压迫的神经功能美国脊髓损伤协会损伤量表(American Spinal Injury Association impairment scale, AIS)分级为C级的患者^[21-22]。(2)保守治疗早期神经功能恢复良好,后期出现神经功能恶化或恢复瓶颈期者;脊髓压迫存在,神经功能恢复缓慢或无明显恢复者^[22]。(3)合并颈椎后纵韧带骨化的过伸伤颈脊髓损伤者^[1,7]。(4)合并有急性椎间盘突出、颈椎局部不稳者^[1,12]。(5)上颈椎过伸性损伤,多合并有骨性损伤,如枢椎 Hangman 骨折、寰椎骨折等,全身情况稳定后才宜手术治疗^[2]。

3.2 手术时机的选择 关于过伸性颈脊髓损伤手术时机的选择存在较大的争议。2015年,Anderson等^[23]进行的一项系统性分析发现,对于创伤性脊髓中央管综合征患者,早期(≤ 24 h)手术组6、12个月的美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)运动评分明显优于晚期(> 24 h)手术组,早期手术能够改善预后,降低并发症的发生率。2019年,美国脊柱外科学会创伤学组建议^[24]:对于颈椎过伸性损伤导致的伴有椎管狭窄的无骨折脱位、无局部不稳、无椎间盘突出的颈脊髓中央管综合征患者,可选择早期(< 24 h)手术治疗,尤其是伴有脊髓压迫的神经功能 AIS 分级为C级的患者;该类患者亦可先行保守治疗,若后期出现神经功能恶化或恢复瓶颈时再进行手术干预。此外,该研究发现早期(< 24 h)手术与延迟(> 24 h)手术患者的并发症发生率无统计学差异。

而最新研究^[13]证实早期(受伤24 h内)手术治疗组(不使用糖皮质激素)患者较保守治疗组(使用激素)获得了更好的神经功能恢复,手术治疗组27例患者(最初AIS分级为C级)中仅2例(7.4%)神经功能无明显恢复,而保守治疗组神经功能未恢复率高达37.5%(6/16),说明受伤24 h内手术安全性高、神经功能恢复率高。并且Du等^[25]的研究发现早期手术是唯一与神经功能恢复相关的因素。对于伴有椎管狭窄的无骨折脱位的不完全颈脊髓损伤患者,与保守治疗相比,早期手术能够保

护脊髓避免发生继发性损伤,能够获得更佳的神经功能恢复^[26-27]。此外,运动功能是影响脊髓损伤患者预后的重要因素,研究显示脊髓损伤之后能够对下游周围神经产生负面效应,导致下运动神经元出现轴突退变,兴奋性降低,即跨神经元变性,肌电图出现损伤平面以下周围神经的复合肌肉动作电位的振幅明显降低,然而对感觉神经无明显影响^[28]。姜建元团队发现早期(2周内)手术能够改善脊髓损伤处及远端下游周围神经的兴奋性异常和运动功能丧失,减少继发性周围神经损伤,改善远期预后^[29-30]。对于迟发的颈脊髓中央管综合征患者,手术治疗仍然是理想的治疗方式。对于保守治疗后期神经功能再次恶化加重的患者,手术治疗仍可获得满意的效果^[31-32]。

3.3 手术方式的选择 脊髓压迫位置、压迫节段、脊髓损伤层面、颈椎曲度、椎管狭窄程度、是否合并颈椎后纵韧带骨化、患者年龄及术者经验等因素是影响手术方式选择的主要因素。对于颈椎后凸畸形、合并有椎间盘突出、椎间盘-骨赘复合体形成的前方的压迫及手术节段 ≤ 3 个可选用前方入路,颈椎前路手术能够直接解除脊髓前方压迫,重建颈椎的稳定性,具有减压彻底、创伤小等优点;而对于颈椎曲度良好、合并严重后纵韧带骨化、黄韧带骨化的患者可行后路手术^[33]。

合并有颈椎后纵韧带骨化的颈椎过伸性损伤的外科治疗核心,一是减压,即骨化物的处理,恢复重建椎管容积、形态;二是稳定^[4]。颈椎前路骨化物的整块切除及颈椎前路骨化物前移技术均能够获得良好的减压效果。其中颈椎前路可控前移融合技术(anterior controllable antedisplacement and fusion, ACAF)兼顾了后纵韧带骨化外科治疗的减压与稳定2个要点,同时降低了医源性脊髓损伤、脑脊液漏等相关并发症^[33],开创了颈椎后纵韧带骨化过伸性颈脊髓损伤外科治疗的新时代。

4 小结

过伸性损伤是颈椎损伤的一种常见类型,多不伴有严重的骨折脱位,主要表现为颈脊髓中央管综合征^[6]。颈椎管狭窄是颈椎过伸性损伤发病的解剖学基础,外部应力是导致脊髓损伤的主要原因,而脊髓损伤之后继发局部的炎症级联反应在脊髓损伤中的作用亦不可忽视^[13]。颈椎过伸性损伤的

治疗尚无统一标准,对于伴有椎管狭窄的无骨折脱位、无局部不稳、无椎间盘突出的颈脊髓中央管综合征患者,可行早期手术治疗^[23],亦可先行保守治疗^[16],若后期出现神经功能恶化或恢复瓶颈时进行手术干预^[31-32]。颈椎后纵韧带骨化外科治疗存在较大的挑战,除了传统的后路间接减压外,ACAF技术开创了颈椎后纵韧带骨化过伸性颈脊髓损伤外科治疗的新时代^[33]。

[参考文献]

- [1] 贾连顺. 过伸性颈脊髓损伤的多样性表现、治疗技术选择及预后[J]. 中华创伤杂志, 2020, 36: 880-884.
- [2] WAGNER P J, DIPAOLO C P, CONNOLLY P J, STAUFF M P. Controversies in the management of central cord syndrome: the state of the art[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2018, 100: 618-626.
- [3] KASIMATIS G B, PANAGIOTOPOULOS E, MEGAS P, MATZAROGLOU C, GLIATIS J, TYLLIANAKIS M, et al. The adult spinal cord injury without radiographic abnormalities syndrome: magnetic resonance imaging and clinical findings in adults with spinal cord injuries having normal radiographs and computed tomography studies[J]. *J Trauma*, 2008, 65: 86-93.
- [4] 中国医师协会骨科医师分会脊柱创伤专业委员会. 过伸性颈脊髓损伤诊疗临床循证指南[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37: 586-592.
- [5] AARABI B, KOLTZ M, IBRAHIMI D. Hyperextension cervical spine injuries and traumatic central cord syndrome[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2008, 25: E9. DOI: 10.3171/FOC.2008.25.11.E9.
- [6] THOMPSON C, GONSALVES J F, WELSH D. Hyperextension injury of the cervical spine with central cord syndrome[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24: 195-202.
- [7] CHIKUDA H, SEICHI A, TAKESHITA K, MATSUNAGA S, WATANABE M, NAKAGAWA Y, et al. Acute cervical spinal cord injury complicated by preexisting ossification of the posterior longitudinal ligament: a multicenter study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36: 1453-1458.
- [8] SAYIT E, DAUBS M D, AGHDASI B, MONTGOMERY S R, INOUE H, WANG C J, et al. Dynamic changes of the ligamentum flavum in the cervical spine assessed with kinetic magnetic resonance imaging[J]. *Global Spine J*, 2013, 3: 69-74.
- [9] YU L, ZHANG Z, DING Q, LI Y, LIU Y, YIN G. Relationship between signal changes on T2-weighted magnetic resonance images and cervical dynamics in cervical spondylotic myelopathy[J/OL]. *J Spinal Disord Tech*, 2015, 28: E365-E367. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31829993a8.
- [10] BARNES R. Paraplegia in cervical spine injuries[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1948, 30B(2): 234-244.
- [11] HAYES K C, ASKES H K, KAKULAS B A. Retropulsion of intervertebral discs associated with traumatic hyperextension of the cervical spine and absence of vertebral fracture: an uncommon mechanism of spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2002, 40: 544-547.
- [12] DAI L, JIA L. Central cord injury complicating acute cervical disc herniation in trauma[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25: 331-336.
- [13] LEE S, KIM C, HA J K, JUNG S K, PARK J H. Comparison of early surgical treatment with conservative treatment of incomplete cervical spinal cord injury without major fracture or dislocation in patients with pre-existing cervical spinal stenosis[J/OL]. *Clin Spine Surg*, 2021, 34: E141-E146. DOI: 10.1097/BSD.0000000000001065.
- [14] MOLLIQAJ G, PAYER M, SCHALLER K, TESSITORE E. Acute traumatic central cord syndrome: a comprehensive review[J]. *Neurochirurgie*, 2014, 60(1/2): 5-11.
- [15] LI X F, DAI L Y. Acute central cord syndrome: injury mechanisms and stress features[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35: E955-E964. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181c94cb8.
- [16] SCHNEIDER R C, CHERRY G, PANTEK H. The syndrome of acute central cervical spinal cord injury; with special reference to the mechanisms involved in hyperextension injuries of cervical spine[J]. *J Neurosurg*, 1954, 11: 546-577.
- [17] STEVENSON C M, DARGAN D P, WARNOCK J, SLOAN S, ESPEY R, MAGUIRE S, et al. Traumatic central cord syndrome: neurological and functional outcome at 3 years[J]. *Spinal Cord*, 2016, 54: 1010-1015.
- [18] JIN W, SUN X, SHEN K, WANG J, LIU X, SHANG X, et al. Recurrent neurological deterioration after conservative treatment for acute traumatic central cord syndrome without bony injury: seventeen operative case reports[J]. *J Neurotrauma*, 2017, 34: 3051-3057.
- [19] YOSHIHARA H, YONEOKA D. Trends in the treatment for traumatic central cord syndrome without bone injury in the United States from 2000 to 2009[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2013, 75: 453-458.
- [20] DIVI S N, SCHROEDER G D, MANGAN J J, TADLEY M, RAMEY W L, BADHIWALA J H, et al. Management of acute traumatic central cord syndrome: a narrative review[J]. *Global Spine J*, 2019, 9: 89S-97S.
- [21] AARABI B, HADLEY M N, DHALL S S, GELB D E, HURLBERT R J, ROZZELLE C J, et al. Management

- of acute traumatic central cord syndrome (ATCCS)[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72: 195-204.
- [22] LENEHAN B, FISHER C G, VACCARO A, FEHLINGS M, AARABI B, DVORAK M F. The urgency of surgical decompression in acute central cord injuries with spondylosis and without instability[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35 (21 Suppl): S180-S186.
- [23] ANDERSON K K, TETREAULT L, SHAMJI M F, SINGH A, VUKAS R R, HARROP J S, et al. Optimal timing of surgical decompression for acute traumatic central cord syndrome: a systematic review of the literature[J]. *Neurosurgery*, 2015, 77(Suppl 4): S15-S32.
- [24] YELAMARTHY P K K, CHHABRA H S, VACCARO A, VISHWAKARMA G, KLUGER P, NANDA A, et al. Management and prognosis of acute traumatic cervical central cord syndrome: systematic review and Spinal Cord Society—Spine Trauma Study Group position statement[J]. *Eur Spine J*, 2019, 28: 2390-2407.
- [25] DU L, ZHAO S C, ZHU Z S, XUE F, ZHANG Y D. Effect of surgical intervention on neurologic recovery in patients with central cord syndrome[J]. *J Neurol Surg Part A Central Eur Neurosurg*, 2020, 81: 318-323.
- [26] BRODELL D W, JAIN A, ELFAR J C, MESFIN A. National trends in the management of central cord syndrome: an analysis of 16, 134 patients[J]. *Spine J*, 2015, 15: 435-442.
- [27] RIEW K D, KANG D G. Central cord syndrome: is operative treatment the standard of care?[J]. *Spine J*, 2015, 15: 443-445.
- [28] VAN DE MEENT H, HOSMAN A J, HENDRIKS J, ZWARTS M, GROUP E S STUDY, SCHUBERT M. Severe degeneration of peripheral motor axons after spinal cord injury: a European multicenter study in 345 patients[J]. *Neurorehabilit Neural Repair*, 2010, 24: 657-665.
- [29] ZHENG C, ZHU D, ZHU Y, LYU F, WEBER R, JIN X, et al. Early surgery improves peripheral motor axonal dysfunction in acute traumatic central cord syndrome: a prospective cohort study[J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132: 1398-1406.
- [30] ZHENG C, YU Q, SHAN X, ZHU Y, LYU F, MA X, et al. Early surgical decompression ameliorates dysfunction of spinal motor neuron in patients with acute traumatic central cord syndrome: an ambispective cohort analysis[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45: E829-E838. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003447.
- [31] SAMUEL A M, GRANT R A, BOHL D D, BASQUES B A, WEBB M L, LUKASIEWICZ A M, et al. Delayed surgery after acute traumatic central cord syndrome is associated with reduced mortality[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40: 349-356.
- [32] PARK M S, MOON S H, LEE H M, KIM T H, OH J K, SUH B K, et al. Delayed surgical intervention in central cord syndrome with cervical stenosis[J]. *Global Spine J*, 2015, 5: 69-72.
- [33] KONG Q J, LUO X, TAN Y, SUN J C, WANG Y, TAN L, et al. Anterior controllable antedisplacement and fusion (ACAF) vs posterior laminoplasty for multilevel severe cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: retrospective study based on a two-year follow-up[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13: 474-483.

[本文编辑] 魏学丽