

- sociated with failed back surgery syndrome[J]. Orthop J China, 2014, 22(9):783-787. Chinese.
- [11] 姚富华, 詹新立, 刘冲, 等. 女性腰椎退变性疾病术后慢性腰痛的危险因素分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(12):1071-1080.
- YAO F H, ZHAN X L, LIU C, et al. The risk factors of chronic low back pain after surgery for lumbar degenerative disease in female patients[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2017, 27(12):1071-1080. Chinese.
- [12] 刁振斌, 史峰军, 王冬, 等. 步行负荷试验对腰椎管狭窄症的诊断价值[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(10):843-847.
- DIAO Z B, SHI F J, WANG D, et al. The diagnostic value of gait load test for lumbar spinal stenosis[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2011, 21(10):843-847. Chinese.
- [13] AHMAD S, HAMAD A, BHALLA A, et al. The outcome of decompression alone for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis[J]. Eur Spine J, 2017, 26(2):414-419.
- [14] FARROKHI M R, YADOLLAHIKHALES G, GHOLAMI M, et al. Clinical outcomes of posterolateral fusion vs. posterior lumbar interbody fusion in patients with lumbar spinal Stenosis and degenerative instability[J]. Pain Physician, 2018, 21(4):383-406.
- [15] LEE N, KIM K N, YI S, et al. Comparison of outcomes of anterior, posterior, and transforaminal lumbar interbody fusion surgery at a single lumbar level with degenerative spinal disease[J]. World Neurosurg, 2017, 101:216-226.
- [16] FISH D E, SHIRAZI E P, PHAM Q. The use of electromyography to predict functional outcome following transforaminal epidural spinal injections for lumbar radiculopathy[J]. J Pain, 2008, 9(1):64-70.
- [17] FUJIWARA A, KOBAYASHI N, SAIKI K, et al. Association of the Japanese Orthopaedic Association score with the Oswestry Disability Index, Roland-Morris Disability Questionnaire, and short-form 36[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(14):1601-1607.
- [18] BENECKE R, CONRAD B. The distal sensory nerve action potential as a diagnostic tool for the differentiation of lesions in dorsal roots and peripheral nerves[J]. J Neurol, 1980, 223(4):231-239.
- [19] LEYSHON A, KIRWAN E O, PARRY C B. Electrical studies in the diagnosis of compression of the lumbar root[J]. J Bone Jt Surg Br Vol, 1981, 63-B(1):71-75.
- [20] WILBOURN A J, AMINOFF M J. AAEM Minimonograph 32: the electrodiagnostic examination in patients with radiculopathies[J]. Muscle Nerve, 1998, 21(12):1612-1631.

(收稿日期:2022-11-09 本文编辑:王玉蔓)

· 综述 ·

单开门椎板成形术后相邻椎弓骨撞击的研究进展

钟华, 关海山, 刘海峰

(山西医科大学第二医院骨科, 山西 太原 030000)

【摘要】 单开门椎板成形术在多节段脊髓型颈椎病的治疗中得到广泛的应用, 具有减压脊髓、缓解术前神经症状或体征、保持颈椎活动度的临床优势。然而, 在临床工作中会经常遇到单开门椎板成形术后颈椎活动受限的患者, 且在其术后颈椎正侧位 X 线片中能观察到相邻椎弓直接接触的现象, 称之为相邻椎弓骨撞击, 骨撞击是导致颈椎活动受限的重要原因之一。近年来有不少关于预防骨撞击术式改良的报道, 虽然短期的临床效果显著, 但长期的临床疗效有待进一步研究, 同时对骨撞击的病因及发病机制尚无共识, 本文就单开门椎板成形术后相邻椎弓骨撞击的流行病学、生物力学、临床表现、对手术疗效影响及其改良术式进行综述。

【关键词】 单开门椎板成形术; 颈椎活动受限; 相邻椎弓骨撞击; 术式改良; 综述

中图分类号: R681.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.07.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Progress on the impact of adjacent vertebral arch after single open door laminoplasty

ZHONG Hua, GUAN Hai-shan, LIU Hai-feng (Department of Orthopaedics, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi, China)

ABSTRACT Single-door laminoplasty has been widely used in the treatment of multisegment cervical myelopathy, with the clinical advantages of decompression of the spinal cord, relieving preoperative neurological symptoms or signs, and maintaining cervical mobility. However, in clinical work, patients with limited cervical spine activity after single open door laminoplasty are

通讯作者: 钟华 E-mail: 1031074009@qq.com

Corresponding author: ZHONG Hua E-mail: 1031074009@qq.com

often encountered, and the direct contact with the adjacent vertebral arch can be observed in the postoperative X-ray of the anterior and lateral cervical spine, which is called the adjacent vertebral arch bone impact, which is one of the important causes of the limited cervical spine movement. In recent years, there have been many reports on the prevention of bone impact, although the short-term clinical effect is significant, but long-term clinical efficacy to be further study, and the cause and the pathogenesis of bone impact is no consensus, this paper on the surgery of adjacent vertebral arch impact epidemiology, biomechanics, clinical performance, surgical effect and improvement.

KEYWORDS Single open-door laminoplasty; Cervical activity limited; Adjacent vertebral arch impact; Surgical improvement; Review

脊髓型颈椎病(cervical spondylosis myelopathy, CSM)是一种因颈椎间盘退变突出、椎体骨质增生、黄韧带肥厚和钙化等退行性病变导致颈椎管狭窄,从而压迫脊髓,使脊髓缺血、水肿、功能障碍的一种颈椎病^[1]。脊髓型颈椎病的患者若出现脊髓受压明显症状或者保守治疗无效时,应尽早采取手术治疗。于 1977 年由 Hirabayashi 发明的单开门椎板成形术(open door laminoplasty, ODLP)是一种治疗多节段脊髓型颈椎病的有效术式,因其简单易操作、椎板破坏少、颈椎后凸减少等显著等优势,在临床上得到了广泛关注及应用^[2]。尽管 ODLP 术比后路椎板切除与椎体融合手术在保留颈椎活动度(range of motion, ROM)方面具有优势,但近期研究发现部分患者行 ODLP 手术治疗后出现颈椎活动受限的现象,主要表现为颈椎曲度及 ROM 丢失严重。目前大多数学者认为颈椎活动受限由破坏颈椎后部韧带-肌肉复合体所引起^[3]。然而,还有其中一个导致颈椎活动受限的关键原因是术后邻近椎弓之间发生了骨撞击现象^[4],见图 1。目前,国内外学者为解决 ODLP 术后相邻椎弓骨撞击这一问题,对 ODLP 术式进行多种术式改良。本文主要简要叙述了 ODLP 术后相邻椎弓骨撞击的流行病学、生物力学、临床表现及对手术疗效影响,并探讨其改良术式。

1 ODLP 术后骨撞击的流行病学

在 ODLP 术后颈椎侧位 X 线片中,开门节段相邻椎弓之间的直接接触现象,称之为相邻椎弓骨撞击,其影响术后颈椎活动度。随着 ODLP 术式的不断完善以及内固定材料的不断更新,单开门椎管扩大成形术在多节段脊髓型颈椎病及后纵韧带骨化症治疗中越来越受欢迎。但通过床研究发现,ODLP 实际上也会导致显著的颈椎活动受限,并随着时间的推移而增加^[5-6]。LEE 等^[7]通过随访研究发现,79 例 ODLP 术后 2 年的动力位 X 线片中,相邻椎弓骨撞击的发生率为 37%。WIGGINS 等^[8]通过研究发现,ODLP 术后有 73% 的患者会出现不同程度的颈椎活动受限。有研究发现,ODLP 术后颈椎 ROM 减少 30%~70%,而术后相邻椎弓的骨撞击及骨性融合是限制颈椎活动的关键因素^[9]。SUH 等^[4]研究发现,骨



图 1 ODLP 手术后中立位的简单侧位 X 线片显示相邻椎弓骨撞击(箭头所示)

Fig.1 Simple lateral X-ray of neutral position after ODLP surgery showed adjacent pedicle impact(indicated by arrows)

撞击与 ODLP 术后颈椎活动受限和颈部疼痛有关。SATOMI 等^[10]随访 7 年结果发现 ODLP 术后颈椎 ROM 减少 50%。陈维善等^[11]报道术后 2 年时,患者颈椎 ROM 减少 25%。孙宇等^[12]随访 3 年,术后颈椎 ROM 减少 15%,同时还常常伴有后颈慢性疼痛、僵硬感、沉重感,即“轴性症状”。文献报道 ODLP 术后患者有长期颈背痛者可以高达 45%~80%,这种症状与颈椎 ROM 减少呈正相关^[13]。WADA 等^[14]对 41 例行 ODLP 术的患者进行 11 年的随访发现,术后颈椎 ROM 下降 40%。潘胜发等^[13]研究发现,ODLP 术后出现后颈疼痛症状的患者达到 80%,并伴有明显的颈椎 ROM 减少。还有文献报道^[15],ODLP 术后有长期后颈疼痛的患者占 45%~80%,并与颈椎 ROM 减少呈正相关。由此可见,相邻椎弓骨撞击的确是一种 ODLP 术后常见的现象,其发病率为 30%~80%,且最终会导致颈椎 ROM 降低及后颈疼痛。

2 ODLP 术后颈椎生物力学改变

颈椎的静态平衡是以棘突、棘间韧带、棘上韧带共同组成的棘突韧带复合体来维持,而动态平衡是由头半棘肌、颈半棘肌及多裂肌等肌群来共同维持,

MIYAMOTO 等^[16]首次以小鼠模型来说明保留棘突韧带复合体及颈后肌群在维持颈椎稳定与防止后凸畸形的重要性。ODLP 术严重破坏了颈后棘突韧带复合体和肌肉附着点,特别是对开门节段远端韧带的离断,如 C₂与 C₃、C₇与 T₁之间的韧带离断,以及对棘突的大部分切除,使得颈椎静态平衡受到严重破坏,容易导致以上相邻椎体之间运动失衡,从而导致术后颈椎失稳现象的发生。将经颈肌间隙入路的 ODLP 术应用于治疗 MCSM,能降低颈椎曲度丢失与轴性疼痛^[17]。采用保留颈后棘突韧带复合物的改良 ODLP 术治疗 CSM,与传统 ODLP 术相比,颈椎曲度和 ROM 维持良好^[18]。一些小侵袭入路的 ODLP 术式或者脊髓减压后重建颈椎后方伸肌止点与韧带结构可以减少颈椎失稳的发生。采用显微镜辅助伸肌保留椎板切除术和 ODLP 术来治疗多节段 CSM 对比发现,显微镜辅助伸肌保留椎板切除术在减少术中失血量、住院时间、术后疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)和轴向症状以及保留术后 ROM 方面具有优势^[19]。因此,保留或者重建棘突韧带及颈后伸肌附着点能有效地预防术后颈椎不稳的发生。

颈椎后凸畸形和颈椎生物力学变化存在关系,颈椎的异常生理曲度可能会导致颈椎生物力学的改变,进而加重颈椎退行性改变。颈椎椎体大约承担着 36% 的轴向重力,椎体后方复合结构大约承受着 64% 的轴向重力,因此,颈椎椎体及后方复合结构的完整性对保持颈椎正常曲度具有十分重要的作用。通过对 ODLP 术后颈椎静态和动态平衡改变的研究发现,尽管术后患者神经症状改善明显,但仍有 23% 的患者术后颈椎生理曲度发生了变化^[20]。利用冠状位 MRI 扫描对 ODLP 术后颈后伸肌的形态结构进行研究发现,术后半棘肌的修复程度与颈椎生理曲度改变存在一定的关联,半棘肌形态修复较好的患者,其颈椎生理曲度明显优于修复不好的患者,在少部分术后出现颈椎后凸畸形的患者中, MRI 显示其半棘肌的修复状态欠佳^[21]。有报道指出,保留颈后方组织结构的 ODLP 术不仅能保持良好的颈椎生理性前凸,而且对术前有颈椎后凸改变的患者,生理曲度也得到一定改善^[22]。因此,颈椎后方支持性软组织重建对维持颈椎生理曲度是至关重要的。术中保留附着于 C₂ 棘突的颈半棘肌比剥离后重建具有降低轴性疼痛及颈椎 ROM 丢失的作用^[23]。保留 C₂ 棘突止点全椎板减压侧块螺钉固定术用于治疗累及 C₂ 节段的 CSM,发现侧块螺钉固定可避免颈椎后凸畸形^[24]。将羟基磷灰石用于治疗 145 例脊髓型颈椎病,研究结果显示,保留附着于 C₂ 棘突的颈后伸

肌群能有效减少轴性症状的发生,保留附着于 C₇ 棘突的颈后肌群对减少轴性症状发生无明显作用^[25]。通过改良保留 C₂ 肌肉附着点,即将其棘突从基底处离断,开门减压完成后将棘突原位重建,与传统的 C₂ 肌肉止点离断后缝合重建对比发现,颈椎 ROM 的丢失明显降低^[26]。

3 骨撞击的临床表现及对手术疗效的影响

手术治疗的目的是为了解除椎管内脊髓及神经组织的压迫,重建颈椎序列的稳定性,减轻临床症状,促进残留神经功能的恢复,最大程度恢复颈椎功能,减小患者的痛苦,提高患者生活质量,而颈椎活动度与患者的生活质量密切相关^[27]。尽管 ODLP 术在理论上能够保留颈部运动,在实际临床应用中能大部分解决脊髓受压及改善神经功能,但同样会引起颈部活动受限和后颈部疼痛。在临床工作中,脊柱外科医生经常会遇 ODLP 术后颈椎活动受限的患者,主诉主要为颈椎屈伸活动范围减小,颈部活动时出现后颈疼痛。这似乎与邻近后骨弓之间的骨撞击有关,因为这些患者术后颈椎动力位 X 线片中,可以观察到手术节段相邻后骨弓之间骨撞击及融合影像学特征。骨撞击不仅导致术后出现颈椎活动受限,而且产生一定程度的后颈疼痛,严重影响了患者术后生活质量及满意度,解决相邻椎弓骨撞击问题是提高 ODLP 术式效果的重要因素。

4 骨撞击的发生机制

ODLP 术后的 C₃ 椎板与 C₂ 棘突的距离缩小,术中掀起的 C₃ 椎板对附着于 C₂ 棘突肌肉韧带组织的摩擦和刺激易引发相邻椎弓椎弓骨撞击及融合,导致颈部两侧肌肉力量不平衡,从而降低颈椎 ROM^[28]。在行颈椎手术时,颈椎 ROM 主要与前后入路、融合与否、颈椎曲度等因素有关。颈前路手术虽然创伤小,术后恢复快,但术后颈椎 ROM 因相邻椎体融合而丢失明显。颈椎椎间盘置换术是 21 世纪初推出的一项创新程序,与融合术相比,可以保留更多的颈椎 ROM^[29]。ODLP 术虽然在维持颈椎稳定上具有一定优势,但术后易出现颈椎活动受限。虽然锚定法或钛板固定在 ODLP 术中起到了刚性支撑的作用,有效防止了再关门现象的发生,为颈椎提供了矢状位平衡,但这势必会减少颈椎的部分活动度。ODLP 的术式、椎间盘退变、颈部支具制动时间的长短等,都有可能影响术后颈椎 ROM。国内外相关文献研究发现,ODLP 术后颈椎 ROM 的影响因素包括椎间盘或小关节的骨关节炎改变、后纵韧带骨化的进展、衰老、轴向颈疼痛和其他医疗问题^[3-4]。RAJAKUMAR 等^[30]在 8 例颈前路椎间盘切除融合术(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)术后需行相邻水

平的人工椎间盘置换术的患者中观察随访发现,颈椎总前凸(测量 Cobb 角)和颈椎 ROM 有统计学意义的增加。研究发现,颈椎 ROM 的降低速度会伴着时间推移而减缓,且于术后 1.5 年达到一个相对稳定水平,随后颈椎 ROM 不再降低^[31]。其病因及机制主要和颈椎曲度变化、相邻椎弓骨撞击、椎弓间骨性融合等因素有关。颈椎 ROM 减少与椎板减压数量无关,术后邻椎板间的骨撞击及骨性融合才是导致颈椎 ROM 丢失的主要因素^[32]。颈椎曲度的变化会引起椎间关节的不稳定,所以术后入路对颈后肌群及韧带的破坏将影响颈椎曲度变化,进而减少颈椎 ROM,当颈椎生理性前凸得以维持时,术后颈椎的灵活性与 ROM 才能保留。因此,术中尽可能地减少对颈后韧带与肌群的破坏,以及重视椎管减压后重要肌腱的缝合修复。ODLP 术后颈椎 ROM 还可能与术后支具固定时间长短有关,通过回顾性研究发现,ODLP 术后使用钢性颈圈可减少术后前 2 周的轴性疼痛,但在颈椎 ROM 和并发症风险方面并没有额外的好处^[33]。术后长期佩戴颈托会导致颈后肌肉软组织的退化及萎缩,进而引起轴性疼痛^[34]。因此,术后应适当地进行颈椎活动功能的康复训练,以及缩短颈托佩戴时间,能在一定程度上降低颈椎 ROM 的丢失。

在笔者看来,术中为了暴露颈部术野,使患者颈部处于过屈位置,且在后抬骨弓时,后骨弓方向以及半径发生改变,术后患者恢复功能位或过伸为时可能会出现相邻椎弓骨撞击,随着椎弓断端的生长和愈合而出现相邻椎弓的骨性融合,进而导致颈椎活动受限。术中开门椎板的角度、术后颈椎曲度的变化、术后相邻椎体的过度活动、术后颈椎后部组织结构的力学及矢状位对齐的变化等都可能引起相邻椎弓骨撞击^[28]。因为术中椎板的开门角度影响着后抬椎弓的方向与半径,进而影响其与相邻椎弓之间的距离;术后颈椎曲度的变化将可能引起椎间盘退变,进而影响相邻椎弓的距离;术后相邻椎体的过度活动将直接影响相邻椎弓的距离;颈后部力学的改变可能影响颈椎曲度的变化;ODLP 术对颈椎的矢状位对齐产生严重影响,进而影响颈椎的平衡;但目前对 ODLP 术后骨撞击研究相对较少,对其确切的病因机制尚不完全清楚,国内外相关文献研究更多关注的是预防其发生的改良术式。

5 预防骨撞击的改良术式

相邻椎弓骨撞击是影响术后颈椎不稳与颈椎活动度丢失的重要因素。因此,为了降低 ODLP 术后颈椎 ROM 的丢失,减少术后相邻椎弓骨撞击与骨性融合的发生,显得特别重要。国内外许多学者对此进行

了相关研究,发明了多种的改良术式。如 SUH 等^[4]比较了在进行 ODLP 手术时,对后骨弓的颅骨部分进行楔形切除可以带来比单独 ODLP 更好的预后,包括保留颈椎 ROM,防止后部骨撞击和减轻后颈痛。通过对保存颈半棘肌并切除 C₃ 椎板的 C₄-C₇ 开门椎板成形术研究发现,ODLP 术中附加 C₃ 椎板切除可以防止 C₂-C₃ 的骨撞击及层间骨融合,最终比传统的 ODLP 术能更好地保留颈椎 ROM,同时产生较小的后颈疼痛及相似的临床结果^[35-37];LEE 等^[7]在随访中比较常规 ODLP 与改良 ODLP (楔形切除后骨弓)的术后结果发现,改良组术后 0.5、1、2 年的颈椎 ROM、患者满意度明显高于常规组,改良组的颈部疼痛强度改善明显优于常规组,同时放射学证据显示,改良组发生骨撞击与自发融合率低于常规组。CHEN 等^[38]设计了一种 C₃ 椎板切除联合改良 ODLP 术(保留后韧带复合体和重建中线结构),与传统的 ODLP 术相比,颈椎 ROM 与颈椎曲度指数损失率明显降低。目前改良术式的主导趋势是对 C₃ 椎板的部分切除或者全部切除,因为 ODLP 术后 C₃ 椎板与 C₂ 棘突最易发生骨撞击与自发融合,C₃ 椎板的切除能从根本上预防术中掀起 C₃ 椎板时,对附着于 C₂ 棘突上的肌肉的刺激及挤压,且更好地保留颈后肌群的结构和功能,进而降低相邻椎弓骨撞击的发生。由于缺乏参考资料,一些医生担心后骨弓楔形切除后,骨切除边缘的骨再生及相关并发症是否可能出现。试图寻找其他与 ODLP 术后 ROM 减少有关的可补救因素,并发现 ODLP 手术后的一些关键变化,即小关节-椎板角、椎板内陷和椎板高度在术前和术后状态之间的改变、椎间盘或小关节退变和 OPLL 进展,并推测在 ODLP 期间进行手术修饰也可以在术后两年的随访期内是安全的^[8]。但是,改良术式多年后是否会引起并发症还没有报道。

6 总结与展望

ODLP 术后的患者都会出现不同程度的颈椎 ROM 及曲度丢失,严重者则会出现颈椎活动受限及后颈疼痛,其主要原因除了对颈后部韧带-肌肉复合体损伤外,还有在相邻椎弓之间发生了骨撞击现象。后骨弓方向的改变和后骨弓抬升引起的半径增加,以及对肌肉韧带的炎性刺激可能是导致相邻椎弓骨撞击的重要因素。为了预防骨撞击的发生,国内外许多学者对 ODLP 术式进行附加程序的改良,其主要主导方向是对 C₃ 椎板的切除,且经过短期的随访研究发现,这种改良术式在短期内是安全有效的,远期疗效还需进一步研究。

自从开展 ODLP 术式以来,随着医学技术的不断发展,医学内植材料的不断更新,寻求一种更加成

熟的术式成为大家追求的目标及临床研究的热点。重建颈椎稳定性和保留颈椎活动度是所有颈椎手术需要思考的问题,颈椎后路手术同样如此,但其术后颈椎稳定性及活动度不可避免地会减少。理想的颈椎后路手术是既不破坏颈椎稳定性与活动度,又能充分解除脊髓压迫,且维持术后颈椎正常的力学效果^[39]。既往对于 ODLP 术后出现颈椎活动受限的研究,集中于寻找此术式的改进方法,来提高术后颈椎功能。随着影像设备的不断更新及临床病例的增加,对术后颈椎活动受限有了更深刻的认识,其主要原因是术后相邻椎弓之间发生骨撞击,影响各椎体间的相对运动,从而导致颈椎活动受限。未来对于相邻椎弓骨撞击的研究会慢慢深入,从本质上来认识骨撞击的发生机制及影响因素。虽然目前有多种改良术式可以降低骨撞击的发生率,但对于骨撞击的发生机制和影响因素尚未完全清楚,需要在临床研究进一步探索,以充分认识 ODLP 术后骨撞击发生的病因及机制,为选择最佳诊疗方案提供依据。

参考文献

- [1] 程朝辉. 单开门颈椎管扩大成形术中原位重建枢椎棘突肌肉止点结合微钛板内固定的临床研究[D]. 杭州:浙江大学,2016. CHENG Z H. The clinical research of expansive open-door cervical laminoplasty in situ reconstruction of extensor muscle insertion on the spinous process of axis combined with titanium miniplates internal fixation[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016. Chinese.
- [2] 付信杰,孙宇. 颈后路单开门椎管扩大椎板成形术后远期并发症的研究现状[J]. 中华医学杂志,2020,100(45):3646-3648. FU X J, SUN Y. Research status of long-term complications after posterior cervical open-door laminoplasty[J]. Natl Med J China, 2020, 100(45): 3646-3648. Chinese.
- [3] 刘通,周育巧,许强,等. C₃ 椎板切除与改良 Y 型骨板固定颈椎单开门术后活动度及曲度的对比研究[J]. 赣南医学院学报, 2021, 41(9):918-923. LIU T, ZHOU Y Q, XU Q, et al. Comparative study on the range of motion and curvature after C₃ laminectomy and modified Y-shaped bone plate fixation for cervical spine single-opening[J]. J Gannan Med Univ, 2021, 41(9): 918-923. Chinese.
- [4] SUH B G, AHN M W, KIM H J, et al. Wedge-shaped resection of the posterior bony arch during open door laminoplasty to prevent postoperative motion limitation[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2017, 42(3): 143-150.
- [5] HYUN S J, RIEW K D, RHIM S C. Range of motion loss after cervical laminoplasty: a prospective study with minimum 5-year follow-up data[J]. Spine J, 2013, 13(4): 384-390.
- [6] HYUN S J, RHIM S C, ROH S W, et al. The time course of range of motion loss after cervical laminoplasty: a prospective study with minimum two-year follow-up[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(11): 1134-1139.
- [7] LEE G W, SUH B G, YEOM J S, et al. Impact of wedge-shaped resection of the posterior bony arch on postoperative outcomes after open door laminoplasty in the cervical spine: a 2-year follow-up study[J]. Spine J, 2017, 17(9): 1230-1237.
- [8] WIGGINS G C, SHAFFREY C I. Dorsal surgery for myelopathy and myeloradiculopathy[J]. Neurosurgery, 2007, 60(1 Suppl 1): S71-S81.
- [9] 李玉伟,王海蛟,严晓云. 改良颈椎管扩大成型术治疗脊髓型颈椎病的远期疗效分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(10): 615-616. LI Y W, WANG H J, YAN X Y. Long-term effect analysis of modified cervical canal enlargement plasty in the treatment of cervical spondylotic myelopathy[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2003, 13(10): 615-616. Chinese.
- [10] SATOMI K, NISHU Y, KOHNO T, et al. Long-term follow-up studies of open-door expansive laminoplasty for cervical stenotic myelopathy[J]. Spine, 1994, 19(5): 507-510.
- [11] 陈维善,陈其昕,王性力. 颈椎后路单开门手术对颈椎三维运动及刚性的影响[J]. 中华骨科杂志, 2001, 21(4): 213-217. CHEN W S, CHEN Q X, WANG X L. The effect of the expansive open-door laminoplasty on the three-dimensional motion and stiffness of the cervical spine[J]. Chin J Orthop, 2001, 21(4): 213-217. Chinese.
- [12] 孙宇,潘胜发,陈景春,等. 单开门颈椎管扩大椎板成形术对颈椎运动的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(4): 212-215. SUN Y, PAN S F, CHEN J C, et al. The effect of the open-door laminoplasty on the motion of cervical spine[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2003, 13(4): 212-215. Chinese.
- [13] 潘胜发,孙宇,朱振军,等. 单开门颈椎管扩大椎板成形术后轴性症状与颈椎稳定性的相关观察[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(10): 604-607. PAN S F, SUN Y, ZHU Z J, et al. Axial syndrom and stability after open-door laminoplasty of cervical spine[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2003, 13(10): 604-607. Chinese.
- [14] WADA E, SUZUKI S, KANAZAWA A, et al. Subtotal corpectomy versus laminoplasty for multilevel cervical spondylotic myelopathy: a long-term follow-up study over 10 years[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(13): 1443-1447; discussion 1448.
- [15] MIYAMOTO S, YONENOBU K, ONO K. Experimental cervical spondylosis in the mouse[J]. Spine, 1991, 16(10 Suppl): S495-S500.
- [16] MIYAMOTO S, YONENOBU K, ONO K. Experimental cervical spondylosis in the mouse[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1991, 16(10 Suppl): S495-S500.
- [17] 徐勇,李锋,熊伟,等. 经肌间隙入路与后正中入路颈椎单开门椎管扩大椎板成形术治疗颈椎后纵韧带骨化症的疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(3): 227-233. XU Y, LI F, XIONG W, et al. The outcomes of modified laminoplasty through posterior paraspinal approach compared with traditional laminoplasty using posterior midline approach in the treatment of patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament[J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2020, 30(3): 227-233. Chinese.
- [18] CHEN C, YANG C, YANG S H, et al. Clinical and radiographic outcomes of modified unilateral open-door laminoplasty with posterior muscle-ligament complex preservation for cervical spondylotic myelopathy[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2019, 44(24): 1697-1704.
- [19] YU Z M, HE D, XIONG J C, et al. Extensor muscle-preserving laminectomy in treating multilevel cervical spondylotic myelopathy

- compared with laminoplasty[J]. *Ann Transl Med*, 2019, 7(18): 472.
- [20] YUGU I, SHIBA K, UEZAKI N. Static and dynamic modifications of the cervical spine after laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy[J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 2003, 89(6): 487-495.
- [21] IIZUKA H, SHIMIZU T, TATENO K, et al. Extensor musculature of the cervical spine after laminoplasty: morphologic evaluation by coronal view of the magnetic resonance image[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(20): 2220-2226.
- [22] TANI S, ISOSHIMA A, NAGASHIMA Y, et al. Laminoplasty with preservation of posterior cervical elements: surgical technique[J]. *Neurosurgery*, 2002, 50(1): 97-101; discussion 101-102.
- [23] TAKEUCHI K, YOKOYAMA T, ABURAKAWA S, et al. Axial symptoms after cervical laminoplasty with C₃ laminectomy compared with conventional C₃-C₇ laminoplasty: a modified laminoplasty preserving the semispinalis cervicis inserted into axis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(22): 2544-2549.
- [24] 徐钦华, 王涛, 魏凯, 等. 保留 C₂ 棘突止点全椎板减压侧块螺钉固定术治疗累及 C₂ 节段的脊髓型颈椎病疗效观察[J]. *生物骨科材料与临床研究*, 2018, 15(6): 45-48.
- XU Q H, WANG T, WEI K, et al. Laminectomy with lateral mass screw fixation and preserve C₂ spinous process for the treatment of cervical spondylotic myelopathy involving C₂ segment[J]. *Orthop Biomech Mater Clin Study*, 2018, 15(6): 45-48. Chinese.
- [25] KATO M, NAKAMURA H, KONISHI S, et al. Effect of preserving paraspinous muscles on postoperative axial pain in the selective cervical laminoplasty[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(14): E455-E459.
- [26] CHEN H, LIU H, DENG Y X, et al. Multivariate analysis of factors associated with axial symptoms in unilateral expansive open-door cervical laminoplasty with miniplate fixation[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(2): e2292.
- [27] 张启福, 马永红, 王涛, 等. 颈椎前路椎体次全切植骨融合和后路单开门椎管扩大成形治疗多节段脊髓型颈椎病: 对颈椎活动度的影响[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(24): 3870-3874.
- ZHANG Q F, MA Y H, WANG T, et al. Effects of anterior corpectomy and fusion versus posterior single open-door laminoplasty on cervical range of motion of patients with multilevel cervical spondylotic myelopathy[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2021, 25(24): 3870-3874. Chinese.
- [28] SECER H I, HARMAN F, AYTAR M H, et al. Open-door laminoplasty with preservation of muscle attachments of C₂ and C₇ for cervical spondylotic myelopathy: retrospective study[J]. *Turk Neurosurg*, 2018, 28(2): 257-262.
- [29] CHEN T Y, CHEN W H, TZENG C Y, et al. Anterior bone loss after cervical Bryan disc arthroplasty: insight into the biomechanics following total disc replacement[J]. *Spine J*, 2020, 20(8): 1211-1218.
- [30] RAJAKUMAR D V, HARI A, KRISHNA M, et al. Adjacent-level arthroplasty following cervical fusion[J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 42(2): E5.
- [31] HYUN S J, RHIM S C, ROH S W, et al. The time course of range of motion loss after cervical laminoplasty: a prospective study with minimum two-year follow-up[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34(11): 1134-1139.
- [32] IIZUKA H, IIZUKA Y, NAKAGAWA Y, et al. Interlaminar bony fusion after cervical laminoplasty: its characteristics and relationship with clinical results[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(6): 644-647.
- [33] CHEUNG J P Y, CHEUNG P W H, LAW K, et al. Postoperative rigid cervical collar leads to less axial neck pain in the early stage after open-door laminoplasty—a single-blinded randomized controlled trial[J]. *Neurosurgery*, 2019, 85(3): 325-334.
- [34] FUJIWARA H, ODA T, MAKINO T, et al. Impact of cervical sagittal alignment on axial neck pain and health-related quality of life after cervical laminoplasty in patients with cervical spondylotic myelopathy or ossification of the posterior longitudinal ligament: a prospective comparative study[J]. *Clin Spine Surg*, 2018, 31(4): E245-E251.
- [35] LEE D H, CHO J H, HWANG C J, et al. Can C₃ laminectomy reduce interlaminar bony fusion and preserve the range of motion after cervical laminoplasty[J]. *Spine*, 2016, 41(24): 1884-1890.
- [36] 梁昌详, 梁国彦, 昌耘冰, 等. 改良椎板成形术治疗颈椎后纵韧带骨化术后颈椎矢状位参数变化与临床疗效关系[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2020, 30(3): 240-247.
- LIANG C X, LIANG G Y, CHANG Y B, et al. Relationship between sagittal parameters and clinical efficacy of modified laminoplasty in the treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament of cervical spine[J]. *Chin J Spine Spinal Cord*, 2020, 30(3): 240-247. Chinese.
- [37] 陈育岳, 邹小宝, 马向阳, 等. C₃ 椎板切除与微型钛板固定成形颈椎后路单开门术后颈椎活动度及曲度的比较[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(12): 1805-1809.
- CHEN Y Y, ZOU X B, MA X Y, et al. Comparison of cervical motion range and curvature after C₃ laminectomy and mini-titanium plate fixation after single-door vertebroplasty[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2020, 24(12): 1805-1809. Chinese.
- [38] CHEN C, LI J, LIAO Z W, et al. C₃ laminectomy combined with modified unilateral laminoplasty and in situ reconstruction of the midline structures maintained cervical sagittal balance: a retrospective matched-pair case-control study[J]. *Spine J*, 2020, 20(9): 1403-1412.
- [39] 张亘媛, 侯宇, 陈迎春, 等. C₃ 椎板切除并重建 C₄₋₇ 棘突的改良单开门椎板成形术[J]. *首都医科大学学报*, 2019, 40(4): 522-527.
- ZHANG GAi, HOU Y, CHEN YC, et al. Modified open-door laminoplasty with C₃ laminectomy and reconstruction of C₄₋₇ spinous processes[J]. *J Cap Med Univ*, 2019, 40(4): 522-527. Chinese.

(收稿日期: 2022-03-11 本文编辑: 王宏)