

· 综述 ·

颈椎后纵韧带骨化症的临床研究进展

刘永强¹, 李晓生¹, 周纪平¹, 李学慧^{2*}

(1. 山东省文登整骨医院, 山东省威海 264400; 2. 中国人民解放军联勤保障部队第九七〇医院威海医疗区, 山东省威海 264400)

摘要: 后纵韧带骨化 (ossification of the posterior longitudinal ligament, OPLL) 是一种好发于颈椎的异位骨化性病变, 目前对其生理病理学的认识尚不清楚, 其发生发展可能与遗传和环境等多种因素相关。主要临床表现为脊髓、神经根因骨化物受压而出现的一组神经功能障碍症候群。影像学资料结合临床症状体征可以做出诊断, 依据 X 线片能够看到椎体后方形成的骨化物, 磁共振能够评估脊髓、神经根的受压程度, CT 能够更好地评估骨化物并进行分型。临床中无症状患者可以行保守治疗, 但需要密切关注病情进展并接受合理的临床指导, 存在脊髓压迫及神经根症状的患者倾向于手术治疗, 但根据患者症状体征及分型手术入路的选择有所不同。

关键词: 颈椎, 后纵韧带骨化, 脊髓, 手术入路

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 17-1594-06

Clinical research progress on ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine // LIU Yong-qiang¹, LI Xiao-sheng¹, ZHOU Ji-ping¹, LI Xue-hui². 1. Wendeng Orthopedic Hospital, Weihai, Shandong 264400, China; 2. Weihai Medical Area, The 970th Hospital, Joint Logistics Support Force of PLA, Weihai, Shandong 264400, China

Abstract: Ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL) is an ectopic ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL), which is prone to occur in cervical spine. At present, the physiological and pathological understanding of OPLL remains not clear, and its occurrence and development may be related to genetic and environmental factors. The main clinical manifestations are a group of neurological dysfunction syndromes due to compression of spinal cord and nerve roots. Imaging data combined with clinical signs and symptoms can be used to make diagnosis. The ossified matter formed behind the vertebral body can be seen by X-ray, the compression degree of spinal cord and nerve roots can be assessed by magnetic resonance imaging, and the ossified matter can be better evaluated and classified by CT. Clinically asymptomatic patients can be treated conservatively, but need to pay close attention to the progress of the disease and accept reasonable clinical guidance. Patients with spinal cord compression and nerve root symptoms tend to be treated with surgery, but the choice of surgical approach varies according to the symptoms, signs and types of patients.

Key words: cervical spine, ossification of posterior longitudinal ligament, spinal cord, surgical approach

OPLL 是一种少见的板层骨沉积病理过程, 持续进展的异位骨化可导致脊髓、神经根压迫, 从而出现神经功能障碍^[1]。1960年, 在日本 Tsukimato^[2] 最早对该疾病做出描述, 1964年, Terayama^[3] 将这种后纵韧带异位骨化导致的神经功能障碍命名为 OPLL。OPLL 好发生于人体颈椎, 胸腰椎比较少见, 是导致颈椎病最常见的致病因素。颈椎 OPLL 的发病群体以 40~60 岁年龄段的男性为主^[4], 与往年相比, 年轻人的发病率逐渐升高, 随着影像学技术的进步以及我国人口老龄化愈发严重, 颈椎 OPLL 的发生率也逐渐增

高, 为了对颈椎 OPLL 有更全面的了解, 从而为颈椎 OPLL 的临床诊疗提供更加准确和多样化的思路。现将相关文献作一综述。

1 流行病学

颈椎 OPLL 在东亚地区较为多见, 尤其是以日本高发, 因此颈椎 OPLL 也被称之为“日本病”。根据相关的流行病学调查结果, 在日本颈椎 OPLL 的发病率高达 1.9%~4.3%, 在中国及其他亚洲国家的发病率

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110336

△基金项目: 山东省中医药科技项目(编号:2021Z017)

作者简介: 刘永强, 住院医师, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱脊髓伤病的诊断治疗, (电话)0631-8482065, (电子信箱)wdzglyq@163.com

* 通信作者: 李学慧, (电话)0631-8482065, (电子信箱)li_xhui@126.com

为 3%，在北美和欧洲的发病率为 0.1%~1.7%^[5]，但最近有相关报道称，颈椎 OPLL 的发病率与人种并无直接关联^[6]。随着医学辅助技术的发展，临床诊疗中借助多层螺旋 CT 能够对颈椎 OPLL 做出更加准确的判断，因此其诊断率也有所提高。Sohn 等^[7] 通过调查发现，颈椎 OPLL 在韩国的患病人群占比 5.7%；Fujimori 等^[8] 报道称，北美亚裔的患病人群占比 4.8%；也有研究人员利用影像学辅助检查在疾病调查中发现，颈椎 OPLL 的发生率达 6.3%，相较于既往基于 X 线片的调查数据有明显升高^[9]。

颈椎 OPLL 在老年人和男性群体中发病率更高，随着工作和生活习惯的改变，颈椎 OPLL 的发病趋势逐渐年轻化，男性颈椎 OPLL 的发病率为女性的 2~3 倍^[10]。有学者统计分析一段时间内当地医保局诊断为颈椎 OPLL 的患者数据，得出男性患者是女性的 3 倍^[11]。但也有观点认为颈椎 OPLL 的发病率不受性别因素影响，因为调查数据多来源于有医疗需求的患者群体，而健康人群体的相关调查结果显示该病的发生与性别关联性不大。Terayama^[12] 通过一系列家族调查发现，性别是否影响颈椎 OPLL 的发病与是否存在先证者相关，调查群体包含先证者时，颈椎 OPLL 的发病率与性别高度相关，而不存在先证者时其发病率与性别无明显相关性。因此，颈椎 OPLL 的发生率与人种和性别是否相关并不明确，仍待进一步确定。

2 病理生理学

现代医学对颈椎 OPLL 的病理生理学过程仍无定论，在某些方面被认为与弥漫性特发性骨肥厚（diffuse idiopathic skeletal hyperostosis, DISH）类似^[13]。早期局部小血管浸润及成纤维细胞和成软骨细胞增殖，逐渐出现颈椎后纵韧带肥厚，随后发生软骨内骨化，颈椎后纵韧带逐渐被重塑为板层骨。颈椎 OPLL 的发生被认为与遗传因素高度相关，相较于普通人群，患者二级亲属的发病率显著升高^[14]。近年来，随着对分子遗传学的深入研究，多种基因点位被发现可能与颈椎 OPLL 的发生存在潜在关联。研究发现，COL11A2 基因、BMP-2 基因、TGF- β 基因、COL6A1 基因等对于软骨骨化起到重要的调控作用，可能与异位骨化相关。然而，上述基因对于颈椎 OPLL 发生发展的作用机制尚不明确，目前仍不能精准定位某个基因 SNPs 位点与颈椎 OPLL 直接相关^[15-17]。另外，颈椎 OPLL 的发生与一些代谢性疾病有关，甲状旁腺功能减退、低磷性佝偻病及糖尿病患

者的发病率相对较高^[18]。除此之外，有学者认为瘦素不仅能够调节脂肪代谢，还能够通过调节骨吸收与骨形成影响骨软骨发育进程，与颈椎 OPLL 也具有一定关联^[19]。同时，颈椎 OPLL 作为一种特发性多因素疾病，还受机械应力和生活习惯的影响^[20]。

3 诊断

颈椎 OPLL 的主要临床表现为颈椎轴向症状、神经根症状和脊髓症状，由于该疾病进展缓慢，具有隐匿性，可存在很长时间的无症状期。

3.1 临床表现

颈椎 OPLL 容易造成颈椎继发性椎管狭窄，椎体后方骨化物可导致椎管矢状径减小，出现神经功能障碍，甚至瘫痪^[21]。临床症状与颈椎 OPLL 的程度有一定关系，但脊髓损害的严重程度与椎管绝对值和相对狭窄程度常不平行。

颈椎 OPLL 的发病过程具有一定的隐匿性，异位骨化持续进展但患者可以很长时间不出现临床症状，由于骨化物不断增长，脊髓、神经根受压持续进展，一旦出现明显神经损害症状，说明骨化物可能对患者的神经已经造成不可逆的损伤或者功能恶化。另一方面，脊髓和神经根不仅会受到持续的静态压迫，同时在活动颈椎时脊髓还会受到骨化物的“折顶”作用，容易使脊髓在遭受轻微外伤后症状迅速加重，手术减压后神经功能仍然有较大可能无法恢复。所以，在临床诊疗中当影像学资料能够看到椎体后方明显的骨化物、T2 加权像下脊髓已经发生高信号改变以及体感诱发电位存在异常时，为了避免脊髓神经功能进一步损害，应考虑通过行手术治疗干预改变疾病的自然进程。

3.2 影像学表现

颈椎侧位 X 线片可以看到椎体后方存在骨化灶时，即可对本病做出诊断，同时，通过颈椎 X 线片可以了解颈椎生理曲度和矢状位平衡，以及测量椎体矢状位参数。1984 年，Tsuyama^[22] 依据颈椎 OPLL 的 X 线表现将其分为 4 种类型：桥型（局灶型），椎间水平骨化；节段型，椎体水平骨化；连续型，椎体及间盘水平连续骨化；混合型，桥型、节段型或连续型的混合。Fujiyoshi 等^[23] 首先提出 K 线定义，即颈椎中立侧位 X 线片 C₂ 和 C₇ 椎管中点的连线。骨化物超过 K 线为阴性，未超过为阳性。有报道称，K 线阴性患者行后路手术效果不佳，骨化物超过 K 线，脊髓向背侧漂移空间不足^[24]。因此，K 线对于颈椎

OPLL 患者手术入路的选择有一定影响,但由于手术方式的不断更新, K 线并不是手术入路选择的决定性因素。

CT 作为颈椎 OPLL 诊断的金标准,通过矢状位重建和纵向断层扫描能够对骨化物的位置、形态、大小及对椎管的侵占有更好的认识,同时能够了解硬膜囊的骨化情况,严重时可观察到“双边征”,提示硬膜囊缺损的可能,此时行前路手术大概率会导致患者脑脊液漏,应慎重考虑^[25]。

MRI 对肥厚的颈椎后纵韧带及脊髓受压程度更加敏感,颈椎 OPLL 不同的进展时期 MRI 的表现不同。T2 加权成像下,如果脊髓有高信号改变,提示脊髓发生不可逆损害,患者术后效果较术前改善有限^[26]。通过患者术前 MRI 评估,可以对患者手术效果及预后做出相关预测。

4 治疗

颈椎 OPLL 的治疗方案需要依据患者的临床症状体征并结合影像学检查来制定,由于颈椎 OPLL 进展缓慢,对于影像学检查存在骨化物而无症状的患者,可以选择保守治疗,而对于颈椎后纵韧带骨化严重、脊髓存在信号改变的无症状患者以及已经出现明显脊髓神经功能损害症状的患者,则需要及时行手术治疗。

4.1 保守治疗

影像学检查显示无明显脊髓压迫或脊髓变性的无症状患者,可以通过颈椎外固定支具制动、应用非甾体抗炎药及神经修复药物等方式对症治疗,但是保守治疗并不能有效阻止颈椎 OPLL 进展,所以患者需要密切随访,关注病情进展。同时,急性创伤容易使已经达到脊髓压迫临界状态的患者出现完全性四肢瘫痪或不完全性脊髓损伤,因此需要对采取保守治疗的患者进行必要的临床宣教。

4.2 手术治疗

颈椎 OPLL 的手术目的是解除神经脊髓压迫、恢复颈椎的生理曲度和椎间高度,从而重建颈椎的稳定性,延缓疾病进展,为促进神经功能恢复创造有利条件。

4.2.1 前路手术

前路手术能够通过直接处理骨化物对脊髓神经进行彻底的减压,同时对颈椎生理曲度的重建效果更好^[27],目前前路手术方法有颈前路椎间盘切除减压融合术 (anterior cervical discectomy and fusion,

ACDF)、颈前路椎体次全切除减压融合术 (anterior cervical corpectomy and fusion, ACCF)、Williams-Isu 方法开骨窗和颈椎前路椎体骨化物复合体前移融合术 (anterior controllable antedisplacement and fusion, ACAF)。

ACDF 仅切除椎间盘,对椎体损伤小,同时能够通过恢复椎间隙高度重塑颈椎生理曲度,对于椎管侵占率 < 50% 的桥型颈椎 OPLL 或者伴有明显的颈椎间盘突出患者有比较明显的效果。但 ACDF 存在减压不充分的缺点,术后可能发生吞咽困难和邻椎病等并发症,近年来,随着斜切后终板、零切迹融合 (Zero-P) 及钩椎关节融合等新技术诞生并应用于 ACDF, 此类并发症得到了有效控制。斜切后终板技术通过切除责任椎间隙的上下终板,形成“喇叭状减压”,从而弥补了 ACDF 减压范围有限的不足。Lee 等^[28]报道称,斜切后终板能够获得更好的减压效果。零切迹技术应用的 Zero-P 融合器,通过将融合器和前方的辅助固定物作为一个整体,减少固定物对椎体前方空间的压迫,从而尽量避免造成吞咽困难和邻椎病。Kahaer 等^[29]研究发现,Zero-P 融合器相较于传统融合器,手术效果更好,术后并发症的发生率更低;另有研究结果显示,零切迹技术在多节段 ACDF 中也能取得良好效果,降低吞咽困难等并发症的发生率^[30]。钩椎关节融合技术利用钩椎关节的成骨优势,通过特定的融合器将髂骨块固定在两侧钩椎关节,从而促进椎间融合。刘浩等^[31]报道称,采用钩椎关节融合的椎间融合效果要明显优于 ACDF。总之,新技术的应用弥补了 ACDF 的不足,ACDF 在治疗颈椎 OPLL 中的应用也将会更加广泛。

ACCF 相对于 ACDF 减压范围更大,采取对椎体次全切除的手术方式,直接对骨化物进行处理,手术效果明显。有研究显示,ACCF 对于颈椎 OPLL 患者颈椎功能障碍的改善明显优于 ACDF^[32]。但是 ACCF 在扩大减压范围的同时,多节段椎体切除容易破坏颈椎矢状位平衡,并且钛网下沉也是 ACCF 一直面临的问题。所以,为了解决上述问题,提升手术的治疗效果,不断地在原有的术式基础上加以改进,衍生出了颈前路 X 形截骨减压植骨融合术 (anterior cervical X-shape-corpectomy and fusion, ACXF) 和前路后纵韧带骨化物整块切除术 (anterior cervical ossified posterior longitudinal ligament en bloc resection, ACOE)。ACXF 的特点是将 ACCF 转换为两个节段的 ACDF,从而促进椎间融合,减少钛网下沉,但 ACXF 目前尚不成熟,还需要更多的研究来支撑和完善。ACOE

通过提拉椎体后壁-骨化物复合物,将骨化物沿硬脊膜从尾端向头端分离,从而彻底切除骨化物,但ACOE发生脑脊液漏、神经功能恶化的风险较高,应严格把握其手术适应证。

ACAF由史建刚教授团队提出,对颈椎后纵韧带形成的骨化物不做处理,而是将对应节段椎体和骨化物作为一个整体像前方移动,从而解除脊髓神经根的压迫^[33, 34]。ACAF术式简单,脊髓损伤及脑脊液漏的并发症发生率低,多项研究表明ACAF用于治疗颈椎OPLL手术疗效明显^[35, 36]。Kong等^[37]报道称ACAF术后脑脊液漏及颈椎轴性症状的发生率与后路手术相似甚至更低。

4.2.2 后路手术

后路手术通过扩大椎管的有效容积从而完成对脊髓的间接减压,适用于多节段、K线阳性的颈椎OPLL患者。椎板切除术需要对颈椎后方结构全部进行切除,术后易出现颈椎后凸畸形、瘢痕组织侵及硬脊膜等并发症,现如今此类术式已被临床中各类型椎板成形术代替,其中因技术要求低、减压范围大、安全性高,单开门椎板成形术备受脊柱外科医师青睐。但是,手术显露过程中需要剥离颈椎后方的肌肉韧带,容易造成颈椎失稳,不利于患者后期的恢复,为了解决这一问题,对颈后路单开门椎板成形术进行改良,加用侧块螺钉坚强固定,从而重建颈椎稳定性。有研究表明,单开门椎板成形术联合侧块螺钉能够有效重建颈椎稳定性,改善患者颈椎轴性症状^[38]。对于延伸至C₂的高位颈椎OPLL,需要切除寰椎后弓,进行椎管扩大减压,术后多数患者会出现抬头无力的症状,周纪平等^[39]创新性提出单开门椎板成形颈后肌重附着技术,通过在C₂椎体置入钢板重建肌肉起点,有效地维持颈椎矢状位平衡,从而解决抬头无力的问题。

4.2.3 前后路联合手术

对于合并椎间盘突出、长节段的后纵韧带骨化、椎管矢状径狭窄严重和脊髓前后均受压的复杂颈椎OPLL患者,前后路联合手术是较好的选择。前后路联合手术首先需要改善椎管狭窄的状况,通过后路手术间接减压,再利用前路手术直接处理骨化物,从而保护脊髓神经不受损伤和降低脑脊液漏的风险。董春科等^[40]通过对比研究发现,前后路联合手术治疗颈椎OPLL伴发育性椎管狭窄减压效果要明显优于单纯后路手术;王贤等^[41]报道称,通过前后路联合手术能够更好的重建重度颈椎OPLL患者的颈椎生理曲度。

5 小结

颈椎OPLL目前尚无治愈方法,由于我国逐渐步入老龄化社会,其发病率较往年有所增加,并且年轻人群占比逐渐升高。该病的治疗手段以手术治疗为主,随着手术方式的改良进步,在手术入路和术式选择上,应根据患者病情和医生自身水平综合考虑,制定个性化手术方案,从而提高患者预后和生活质量。

参考文献

- [1] Chen Z, Liu B, Dong J, et al. Comparison of anterior corpectomy and fusion versus laminoplasty for the treatment of cervical ossification of posterior longitudinal ligament: a meta-analysis [J]. *Neurosurg Focus*, 2016, 40 (6): E8. DOI: 10.3171/2016.3.
- [2] Tsukimoto H. A case report autopsy of syndrome of compression of spinal cord owing to ossification within spinal canal of the cervical spine [J]. *Arch Jpn Chir*, 1960, 29 (4): 1003-1007.
- [3] Terayama K, Maruyama S, Miyashita R. Ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine [J]. *Clin Orthop Surg*, 1964, 15: 1083-1095.
- [4] Liang C, Wang P, Liu X, et al. Whole-genome sequencing reveals novel genes in ossification of the posterior longitudinal ligament of the thoracic spine in the Chinese population [J]. *J Orthop Surg Res*, 2018, 13 (1): 324. DOI: 10.1186/s13018-018-1022-8.
- [5] Choo YH, Kim SW, Jeon I. Investigation of symptomatic unstable changes of non-fused component in the mixed-type cervical ossification of posterior longitudinal ligament using dynamic magnetic resonance imaging: a case report [J]. *Kor J Neurotrauma*, 2018, 14 (2): 164-168. DOI: 10.13004/kjnt.2018.14.2.164.
- [6] Abiola R, Rubery P, Mesfin A. Ossification of the posterior longitudinal ligament: etiology, diagnosis, and outcomes of nonoperative and operative management [J]. *Global Spine J*, 2016, 6 (2): 195-204. DOI: 10.1055/s-0035-1556580.
- [7] Sohn S, Chung CK, Yun TJ, et al. Epidemiological survey of ossification of the posterior longitudinal ligament in an adult Korean population: three-dimensional computed tomographic observation of 3,240 cases [J]. *Calcif Tissue Int*, 2014, 94 (6): 613-620. DOI: 10.1007/s00223-014-9846-7.
- [8] Fujimori T, Le H, Hu SS, et al. Ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine in 3161 patients: a CT-based study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40 (7): E394-403. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000791.
- [9] Fujimori T, Watabe T, Iwamoto Y, et al. Prevalence, concomitance, and distribution of ossification of the spinal ligaments: results of whole spine CT scans in 1500 Japanese patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41 (21): 1668-1676. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001643.
- [10] 陈振, 孙宇. 颈椎后纵韧带骨化的流行病学研究进展 [J]. *中国*

- 脊柱脊髓杂志, 2017, 27 (5) : 460-466. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.
- Chen Z, Sun Y. Epidemiological research progress on ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine [J]. Chinese Journal of Spinal and Spinal Cord, 2017, 27 (5) : 460-466. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.
- [11] Wu JC, Liu L, Chen YC, et al. Ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine: an 11-year comprehensive national epidemiology study [J]. Neurosurg Focus, 2011, 30 (3) : E5. DOI: 10.3171/2010.12.FOCUS10268.
- [12] Terayama K. Genetic studies on ossification of the posterior longitudinal ligament of the spine [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1989, 14 (11) : 1184-1191. DOI: 10.1097/00007632-198911000-00009.
- [13] Wang H, Jin W, Li H. Genetic polymorphisms in bone morphogenetic protein receptor type IA gene predisposes individuals to ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine via the smad signaling pathway [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19 (1) : 61. DOI: 10.1186/s12891-018-1966-1.
- [14] Won YI, Lee CH, Yuh WT, et al. Genetic odyssey to ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical spine: a systematic review [J]. Neurospine, 2022, 19 (2) : 299-306. DOI: 10.14245/ns.2244038.019.
- [15] Le HV, Wick JB, Van BW, et al. Ossification of the posterior longitudinal ligament: pathophysiology, diagnosis, and management [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2022, 30 (17) : 820-830. DOI: 10.5435/JAAOS-D-22-00049.
- [16] 陈欣, 孙宇, 张凤山, 等. 目标基因测序技术检测后纵韧带骨化致病基因突变 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (3) : 270-273. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.
- Chen X, Sun Y, Zhang FS, et al. Detection of pathogenic gene mutations in posterior longitudinal ligament ossification using target gene sequencing technology [J]. Orthopedic Journal of China, 2016, 24 (3) : 270-273. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.
- [17] 刘宁. miR-181a-5p 在后纵韧带骨化中的作用和机制研究 [D]. 上海: 中国人民解放军海军军医大学, 2020. DOI: 10.26998/d.cnki.gjyu.2020.000099.
- Liu N. The role and mechanism of miR-181a-5p in ossification of the posterior longitudinal ligament [D]. Shanghai: Chinese People's Liberation Army Naval Medical University, 2020. DOI: 10.26998/d.cnki.gjyu.2020.000099.
- [18] Kimura A, Takeshita K, Yoshii T, et al. Impact of diabetes mellitus on cervical spine surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. J Clin Med, 2021, 10 (15) : 3375. DOI: 10.3390/jcm10153375.
- [19] Feng B, Cao S, Zhai J, et al. Roles and mechanisms of leptin in osteogenic stimulation in cervical ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13 (1) : 165. DOI: 10.1186/s13018-018-0864-4.
- [20] 张健. 颈椎后纵韧带骨化的病因学研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (7) : 628-631. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2.
- Zhang J. Progress in etiological research on ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine [J]. Orthopedic Journal of China, 2017, 25 (7) : 628-631. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2.
- [21] 吴继德, 拓一帆, 马达, 等. 影响颈椎后纵韧带骨化症单开门术疗效的因素 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (21) : 1936-1942. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.21.03.
- Wu JD, Tuo YF, Ma D, et al. Factors affecting the efficacy of single door surgery for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (21) : 1936-1942. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.21.03.
- [22] Tsuyama N. Ossification of the posterior longitudinal ligament of the spine [J]. Clin Orthop Relat Res, 1984, 184: 71-84.
- [23] Fujiyoshi T, Yamazaki M, Kawabe J, et al. A new concept for making decisions regarding the surgical approach for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: the K-line [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33 (26) : E990-993. DOI: 10.1097/BRS.0b013e318188b300.
- [24] 贾斌, 栾冠楠, 陈宇飞, 等. K 线在预测颈椎全椎板切除减压治疗多节段后纵韧带骨化症疗效中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23 (11) : 981-985. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.11.05.
- Jia B, Luan GN, Chen YF, et al. The application of K-line in predicting the therapeutic effect of cervical laminectomy and decompression for multi segment ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. Orthopedic Journal of China, 2015, 23 (11) : 981-985. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.11.05.
- [25] Yang H, Yang L, Chen D, et al. Implications of different patterns of "double-layer sign" in cervical ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. Eur Spine J, 2015, 24 (8) : 1631-1639. DOI: 10.1007/s00586-015-3914-1.
- [26] Nakashima H, Kanemura T, Kanbara S, et al. What are the important predictors of postoperative functional recovery in patients with cervical OPLL? Results of a multivariate analysis [J]. Global Spine J, 2019, 9 (3) : 315-320. DOI: 10.1177/2192568218794665.
- [27] 殷若恒, 刘加伟, 蒋伟宇, 等. 前路减压融合术治疗颈椎后纵韧带骨化症的研究进展 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2024, 34 (1) : 77-82. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2024.01.11.
- Yin RH, Liu JW, Jiang WY, et al. Research progress on anterior decompression and fusion surgery for the treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine [J]. Chinese Journal of Spinal and Spinal Cord, 2024, 34 (1) : 77-82. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2024.01.11.
- [28] Lee DH, Lee SK, Cho JH, et al. Efficacy and safety of oblique posterior endplate resection for wider decompression (trumpet-shaped decompression) during anterior cervical discectomy and fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2022, 38 (2) : 157-164. DOI: 10.3171/2022.7.SPINE22614.
- [29] Kahaer A, Chen R, Maitusong M, et al. Zero-profile implant versus conventional cage-plate construct in anterior cervical discectomy and fusion for the treatment of single-level degenerative cervical

- spondylosis: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1): 506. DOI: 10.1186/s13018-022-03387-9.
- [30] Guo J, Jin W, Shi Y, et al. Is the zero-p spacer suitable for 3-level anterior cervical discectomy and fusion surgery in terms of sagittal alignment reconstruction: a comparison study with traditional plate and cage system [J]. *Brain Sci*, 2022, 12 (11): 1583. DOI: 10.3390/brainsci12111583.
- [31] 刘浩, 盛厦庆, 杨毅, 等. 颈椎前路钩椎关节融合与传统椎骨终板间融合的融合时效比较: 一项前瞻性随机对照研究 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2022, 32 (5): 410-417. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.05.05.
- Liu H, Sheng XQ, Yang Y, et al. Comparison of fusion efficiency between anterior cervical hook joint fusion and traditional vertebral endplate fusion: a prospective randomized controlled study [J]. *Chinese Journal of Spinal and Spinal Cord*, 2022, 32 (5): 410-417. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.05.05.
- [32] 张磊, 鲍杰, 唐晓菊, 等. ACDF 与 ACCF 治疗相邻 3 节段脊髓型颈椎病的 Meta 分析 [J]. *广西医学*, 2020, 42 (5): 608-613. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2020.05.21.
- Zhang L, Bao J, Tang XJ, et al. Meta analysis of ACDF and ACCF in the treatment of adjacent 3-segment cervical spondylotic myelopathy [J]. *Guangxi Medical Journal*, 2020, 42 (5): 608-613. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2020.05.21.
- [33] 史建刚. 正确认识及规范椎体-后纵韧带骨化物复合体可控前移技术 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2022, 32 (5): 385-386. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.05.01.
- Shi JG. Correct understanding and standardization of controllable anterior displacement technology for vertebral posterior longitudinal ligament ossification complex [J]. *Chinese Journal of Spinal and Spinal Cord*, 2022, 32 (5): 385-386. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.05.01.
- [34] 汪伟, 王先早, 唐尚权, 等. 颈后纵韧带骨化椎体前移与椎板成形的荟萃分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2024, 32 (4): 332-338. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.04.08.
- Wang W, Wang XZ, Tang SQ, et al. Meta analysis of ossification of the posterior longitudinal ligament of the neck and anterior displacement of the vertebral body and laminoplasty [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2024, 32 (4): 332-338. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.04.08.
- [35] 王海波, 孙璟川, 徐锡明, 等. 颈椎前路椎体骨化物复合体前移融合术再手术治疗颈椎后纵韧带骨化症效果观察 (附 12 例分析) [J]. *第二军医大学学报*, 2018, 39 (7): 788-793. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2018.07.0788.
- Wang HB, Sun JC, Xu XM, et al. Observation of the effect of anterior cervical vertebrae ossification complex anterior displacement fusion surgery for the treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine (with an analysis of 12 cases) [J]. *Journal of the Second Military Medical University*, 2018, 39 (7): 788-793. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2018.07.0788.
- [36] Sun J, Shi J, Xu X, et al. Anterior controllable antedisplacement and fusion surgery for the treatment of multilevel severe ossification of the posterior longitudinal ligament with myelopathy: preliminary clinical results of a novel technique [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27 (6): 1469-1478. DOI: 10.1007/s00586-017-5437-4.
- [37] Kong QJ, Luo X, Tan Y, 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 (2): 474-483. DOI: 10.1111/os.12856.
- [38] 李鹏, 贾新华, 高鑫峰, 等. 单开门联合侧块螺钉在老年性严重性颈椎管狭窄中的应用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2011, 19 (13): 1140-1142. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2011.13.22.
- Li P, Jia XH, Gao XF, et al. Application of single door combined with lateral mass screws in elderly patients with severe cervical spinal stenosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2011, 19 (13): 1140-1142. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2011.13.22.
- [39] 周纪平, 张蕾, 李佳佳, 等. 颈椎高位后纵韧带骨化单开门成形颈后肌重附着 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (19): 1798-1801. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.19.15.
- Zhou JP, Zhang L, Li JJ, et al. High position ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine and single door opening for the reconstruction of the posterior cervical muscle reattachment [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (19): 1798-1801. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.19.15.
- [40] 董春科, 周峻, 王延雷, 等. 两种术式治疗颈椎后纵韧带骨化伴发育性椎管狭窄的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (1): 29-35. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.01.06.
- Dong CK, Zhou J, Wang YL, et al. Comparison of two surgical methods for the treatment of ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine with developmental spinal stenosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (1): 29-35. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.01.06.
- [41] 王贤, 韦敏克, 梁斌, 等. 一期前后联合手术与单纯后路手术治疗重度颈椎后纵韧带骨化症临床疗效的差异分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2013, 21 (21): 2138-2141. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.21.04.
- Wang X, Wei MK, Liang B, et al. Differences in clinical efficacy between one-stage combined surgery and simple posterior surgery for severe ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2013, 21 (21): 2138-2141. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.21.04.

(收稿: 2024-04-30 修回: 2024-06-21)

(同行评议专家: 段修武, 李矿, 高加智)

(本文编辑: 宁桦)