

一期前后联合入路手术治疗多节段脊髓型颈椎病研究进展

Progress in surgical treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy via combined anterior and posterior approach

李秀茅, 姜 亮, 刘忠军

(北京大学第三医院骨科 100191 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.02.12

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-02-0171-05

手术是治疗脊髓型颈椎病 (cervical spondylotic myelopathy, CSM) 的重要方法。3 个或 3 个节段以上的多节段 CSM 的手术方式较复杂且存在争议, 大致包括前路、后路和前后联合入路三种方案^[1]。前路手术可直接消除腹侧压迫, 应用较广, 尤其适用于仅有 1~2 个节段的腹侧压迫病例^[2]。后路手术能有效去除背侧压迫、解除椎管狭窄, 应用最广, 适用于多节段退变且具备脊髓后移空间者^[3]。前后联合入路 (combined anterior and posterior approach) 手术具有彻底减压和坚强固定的优势, 兼顾单纯前路和后路的不足, 是治疗复杂多节段脊髓型颈椎病的有效方案^[4], 但因手术难度较高、创伤较大、并发症可能更多, 其临床应用较为谨慎, 或者由二期手术替代^[5]。现将国内外学者在一期前后联合入路治疗多节段 CSM 方面的研究进展综述如下。

1 一期前后联合入路的手术适应证

关于多节段 CSM 的一期前后联合入路的手术指征, 争议很大。因考虑到前后双重手术创伤、经济负担等因素, 部分学者认为仅个别复杂病例才需要前后联合手术, 甚至有学者认为单纯前路或后路可有效治疗绝大多数 CSM 患者, 即使一期手术效果不满意, 也可通过二期手术改善, 因此没有必要冒风险进行一期前后联合手术^[6]。

2013 年 Fehlings 等^[6]在一项多中心前瞻性研究中指出, 联合入路手术一般用于合并固定后凸畸形或存在复杂致病因素的病例。2014 年 König 等^[7]总结以下情况可选用联合入路: (1) 伴严重后凸畸形或颈椎不稳; (2) 严重骨质疏松, 内固定失败风险高; (3) 行 3 节段以上椎体次全切除。美国骨科医师学会 (American Academy of Orthopaedic Surgeons, AAOS)^[7]建议的适应证是: CSM 合并严重或固定后凸畸形、合并严重骨质疏松症、或多节段受累影响稳定性时, 应考虑前后联合入路手术。严重后凸畸形一般是指 Cobb 角 $\geq 20^\circ$ (或 30°)^[8]。Abumi 等^[9]通过回顾性研究发现, 后凸畸形是影响椎管扩大成形术治疗 CSM 疗

效的关键因素之一, 提出椎管扩大成形术适用于后凸小于 13° 的患者, 反之应考虑同时矫正后凸畸形。Uchida 等^[10]回顾了 43 例后凸大于 10° 的 CSM 患者, 认为后凸大于 10° 时后路椎管扩大成形术 JOA (Japanese Orthopaedic Association, 日本骨科协会) 评分改善将受影响 (术后 4~6 周时平均 JOA, 前路为 14.7 分, 后路为 12.6 分, $P=0.047$, 但术后 2 年随访 JOA 评分无显著差异)。Tani 等^[11]以后凸成角 $\geq 5^\circ$ 为后凸畸形, 并指出合并后凸畸形的 CSM 患者前路手术疗效较后路手术显著 (早期 JOA 评分改善率, 前路 54.53%, 后路 28.64%; 终末 JOA 改善率, 前路 68.55%, 后路 42.3%)。

部分学者认为, 多节段 CSM 也需考虑前后联合入路, 尤其合并脊髓严重受压 (腹侧椎管侵占率 $\geq 50\%$) 时。致压物可以是椎间盘突出、骨赘或后纵韧带骨化 (ossification of the posterior longitudinal ligament, OPLL) 等。2002 年 Tani 等^[12]指出 OPLL 椎管侵占率超过 50% 时, 前路减压术比后路椎管扩大成形术更为有效和安全, 前者平均 JOA 评分改善率达 58%, 而后者仅 13%。2011 年 Kalb 等^[13]报道在 OPLL 患者中, 椎管侵占率 $>50\%$ 组的平均 mJOA 评分 (modified Japanese Orthopaedic Association Scale, 改良 JOA 评分) 为 11.6 分, 显著低于椎管侵占率 $<50\%$ 组的 14.9 分。2012 年 Sakai 等^[14]对 OPLL 椎管侵占率 $>50\%$ 的患者术后随访 5 年, 结果显示 JOA 评分改善率前路减压融合术组高达 72.9%, 后路双开门椎板成形术组仅 41.2%, 差异显著。2014 年 Fujimori 等^[15]对 OPLL 椎管侵占率 $>60\%$ 的 27 例患者随访平均 10 年, 终末 JOA 评分改善率前路组达 52.5%, 显著优于后路组的 30.1%。2015 年李秀茅等^[16]的回顾性研究认为当腹侧椎管侵占率 $\geq 50\%$ 时, 单纯后路与联合入路的 JOA 评分改善率无显著差异 (后路组 64.3%, 联合组 66.5%)。2014 年江凌等^[17]指出颈后路术中超声检查可辅助判断脊髓腹侧减压情况、决定是否需要辅以一期前路手术。

2 联合入路手术方案

分为一期或二期联合手术, 包括联合减压 (united

decompression)或 360°固定(circumferential fusion)等^[5]。笔者主要关注一期联合减压手术,包括后-前联合(posterior-anterior)和前-后联合(anterior-posterior)。

手术方案可有多种组合。前路手术方式主要为椎间盘切除融合术(anterior cervical disectomy and fusion, ACDF)和椎体次全切除融合术(anterior cervical corpectomy and fusion, ACCF),还有颈椎人工椎间盘(cervical disc arthroplasty, CDA)^[18]和斜行椎体次全切(oblique corpectomy)^[19]等,适用于特定 CSM 患者^[20]。后路手术方式主要有椎板切除术(laminectomy)和椎管扩大成形术(laminoplasty)。椎板切除术包括单纯椎板切除术、椎板切除固定融合术和跳跃式椎板切除术(skip laminectomy)等^[21];而椎管扩大成形术包括单开门(open-door)和双开门(French-door)等^[22]。在这些经典术式基础上,又衍生出一些改良方案,比如为减轻术后轴性疼痛,2013 年 Umeda 等^[23]描述了保留半棘肌和项韧带的改良椎管扩大成形术;为降低再关门的风险,2013 年 Yang 等^[24]尝试用迷你钛板交替固定单开门椎管扩大成形术;针对合有并后凸畸形的患者,2014 年 Miyamoto 等^[25]报道了用钉棒固定系统改良椎管扩大成形术,而 Du 等^[26]利用侧块螺钉改良椎板切除术。美国学者 Heller 等^[27]认为,后路内固定可以让患者早期活动,能有效减少轴性症状。

常见的联合方案(如北京大学第三医院^[17])多采用后-前联合入路,例如后路单开门椎管扩大成形术联合 ACDF 或 ACCF,其主要依据是先行后路椎管减压可使脊髓向后飘移,从而增加前路操作的安全性^[5]。而袁文等^[28]建议,即使影像学上表现为前后方均存压迫,也可在前路术后观察半年至 1 年,必要时再行后路手术;不过对于后方压迫>40%者尤其前方压迫为硬性结构时需考虑一期联合入路。日本的 Abumi、美国的 Riew 等学者认为,单纯前路或者后路术后观察 2~3 周,再按照神经功能恢复情况,决定是否前后联合入路。

3 联合入路手术效果

3.1 治疗效果

理论上,联合入路手术结合了前路和后路手术双方优点,能一次性彻底减压、恢复颈椎曲度并实现稳定固定,其疗效值得期待。2011 年 Liu 等^[29]报道了 28 例采用联合入路治疗多节段 CSM 的研究,1 年随访所有患者术后 JOA 显著改善(平均 15.9 分)、脊髓减压满意、颈椎顺列未受影响。2015 年 Yeh 等^[30]报道了扩大后路单开门椎管扩大成形术联合前路短节段减压融合术治疗伴有局部后凸畸形的多节段 CSM 患者 109 例,术后 1 年患者神经功能和颈部疼痛均获显著改善,平均 JOA 评分改善率达 83.4%。根据上述文献,联合入路的术后 JOA 评分改善率和优良率多在 50%~60%以上。

若与单纯前路或后路相比,多数研究支持联合入路治疗 CSM 可取得相似的临床效果,考虑到联合入路往往

用于病情更重或更复杂的病例,相似疗效仍有其治疗意义。在 Cao 等^[3]2012 年报道的前瞻性研究中,165 例多节段 CSM 患者(前路 55 例、后路 39 例、联合入路 61 例)经过 1 年随访,JOA 改善率分别达 61.71%、60.93%和 60.21%,无显著差异。2013 年 Karpova 等^[31]也报道了类似前瞻性研究并指出不同手术方案之间的 mJOA 改善率相近。2015 年北医三院^[16]回顾了 153 例多节段 CSM 患者,其中前路 19 例、后路 76 例、一期联合入路 58 例,平均随访 20.5 个月,术后神经功能均获得显著改善(JOA 改善率分别为 59.7%、54.6%和 68.9%),经对术前干扰因素的校正,三组之间无显著差异。

也有部分研究认为,前后联合入路比单纯前路或后路更稳定有效。2012 年 Wen 等^[32]报道了 229 例多节段 CSM 的多中心回顾性研究(前路 102 例、后路 59 例、联合入路 68 例),结果显示,联合入路组的 JOA 改善率最高(48.5%),颈椎顺列改善与前路组相当,而并发症率及术后住院时间并无明显增加。与此类似,2014 年侯增涛等^[33]回顾性分析了 2 家医院共 148 例多节段 CSM 患者(前路 69 例、后路 53 例、联合入路 26 例),随访超过 5 年,发现联合入路组的术后 JOA 改善率(49.7%)和颈椎曲度指数均最高。此外,2014 年杨宏涛等^[34]还发现,除术后 JOA 评分、优良率外,联合入路组在症状消失时间、膨胀回复率等方面也显著优于其他两组。2012 年 Setzer 等^[35]通过颈椎标本进行生物力学研究发现,前后联合固定的术后颈椎活动度及牢固性与 ACDF 前路手术方案相比无显著差异,但当涉及多节段 ACCF 时,联合固定有利于改善稳定性。联合入路的优势,还体现在治疗某些特殊病例上,比如老年患者、术后翻修患者等,联合入路不仅可一次性减压彻底,而且能够稳定减压节段、重建三柱稳定。

3.2 影响因素

影响联合入路治疗多节段 CSM 疗效的因素很多,不同研究之间差异较大,主要包括临床、影像学和分子生物学三方面。2013 年 Liu 等^[14]认为,颈椎曲度、MRI T2 相脊髓信号和椎管侵占率是影响 OPLL 致多节段脊髓受压患者手术远期预后的因素;Tetreault 等^[36]认为,影响 CSM 手术疗效的最重要因素是术前神经功能严重程度和症状持续时间,此外年龄、吸烟等也有一定影响;Karpova 等^[31]认为,年轻、术前 mJOA 评分高的 CSM 患者术后功能改善率高。具体到联合入路手术方式,2011 年吴四军等^[37]通过对 55 例后前联合入路治疗 CSM 患者 24~28 个月的随访发现联合入路手术疗效与年龄、压迫节段数、手术节段及术前 JOA 评分等无显著相关性,而与症状持续时间及术前脊髓异常高信号等相关。而根据 2013 年 Tetreault 等^[38]的系统性回顾分析,脊髓 T2 相高信号单项并非预测疗效的有力因素,但 T2 相高信号加上 T1 相低信号、压迫节段与非压迫节段信号比或 T2 相与 T1 相信号比,则是手术效果的重要负相关因素。

分子生物学方面,2013 年 Wilson 等^[39]根据已有研究

认为,维生素 D 受体(vitamin D receptor, VDR)、载脂蛋白 E(apolipoprotein E, ApoE)和胶原蛋白 IX(collagen IX)等基因可能与 CSM 具有相关性,其中 ApoE4 等位基因可能影响手术治疗效果。2014 年 Wang 等^[40]提出低氧诱导因子-1 α (Hypoxia-inducible factor α , HIF-1 α)的 1790G>A 基因多态性与 CSM 的易感性相关,1790GG 基因型携带者 CSM 患病风险较高、病情较重、发病年龄较早,且手术疗效较差。2014 年 Wu 等^[41]报道骨调素(Osteopontin, OPN)的-66T>G 基因多态性在 CSM 患者和正常对照之间具有显著差异,-66GG 基因型携带者 CSM 患病风险较高、术后 JOA 改善几率较低,但骨调素基因多态性与患者术前病情严重程度无明确相关性。2015 年, Martin-Vaquero 等^[42]通过蛋白组学分析发现,在 CSM 狗模型脑脊液中凝溶胶蛋白(gelsolin)、血管紧张素原(angiotensinogen)和 α -2-HS-糖蛋白(α -2-HS-glycoprotein)等 8 种蛋白表达量明显高于对照组,而 ApoE 和凝聚素(clusterin)等 4 种蛋白表达相对较低。这些蛋白质可能与 CSM 发病有关,或可影响治疗。相比于 OPLL 的遗传学研究,目前还没有特定基因单倍型被证明与 CSM 的发病或手术预后具有确切的相关性^[43]。

3.3 并发症

联合入路的手术时间长、术中出血量多、经济成本增加。根据 Wen 等^[32]所统计 1999~2010 年期间三家脊柱中心的数据,前路、后路和联合入路三组比较,联合入路的手术时间最长(160~600min,平均 260min)、出血量最多(200~1500ml,平均 400ml)、直接经济负担最重(平均 5.03 $\pm$ 2.23 万元人民币)。与此类似,北医三院^[16]联合入路组的平均手术时间为 179.9 $\pm$ 46.9min、平均出血量为 363.3 $\pm$ 256.0ml,均为三组最高,但术后平均住院日方面联合入路组与后路组均为 5.8d,并无明显增加。2012 年 Fehlings 等^[44]通过前瞻性多中心分析,发现联合入路组的总并发症率最高(联合入路 37%,前路 11%,后路 19%),吞咽困难发生率也最高(联合入路 21.1%,前路 2.3%,后路 0.9%)。

但也有研究显示,联合入路并不必然导致围手术期并发症增加,甚至可能凭借可靠固定和充分减压实现术后并发症率降低。2011 年 Hussain 等^[45]通过有限元分析(finite element analysis)比较 C5、C6 两节段椎体次全切术加前路、后路或前后联合三种固定方案的生物力学效果,发现联合固定可有效降低植骨面与终板之间以及螺钉与骨之间的应力,因此有望减轻内固定相关并发症。2011 年 Liu 等^[29]认为在严格把握适应证、合理选择手术策略的基础上,联合手术创伤可控,且能显著改善轴性疼痛发生率及疼痛程度。Wen 等^[32]2012 年的研究则显示联合入路的并发症率并不比其他两组高(前路 10.8%,后路 25.4%,联合入路 19.1%),而术后翻修率最低(前路 5.9%,后路 15.3%,联合入路 1.5%)。侯增涛等^[33]也于 2014 年回顾指出,一期联合入路并未显著增加术后并发症(前路 10.1%,后路 26.4%,联合入路 19.2%),术中死亡率(前路 0%,后路 0%,联合入路 1 例占 3.8%)或平均住院日(前路 15d,后路

17d,联合入路 16d),但可显著降低再手术率(前路 5.8%,后路 17.0%,联合入路 3.8%)。北医三院^[16]所得结论类似,即联合入路的总体临床相关并发症率与前路和后路相似(前路 57.9%,后路 50.0%,联合入路 44.8%),且无再手术病例。

4 总结

3 个或 3 个节段以上的多节段 CSM 应该选用何种手术方式,仍有争议。联合入路可能适用于颈椎管狭窄合并脊髓严重受压(椎管侵占率>50%)、严重后凸畸形、严重骨质疏松等情况^[46,47]。

与单纯前路相比,联合入路可去除后方压迫、消除椎管狭窄,并减轻融合率下降、相邻节段退变、假关节形成和内固定失败等问题;而与单纯后路相比,联合入路能彻底减压,并去除后凸畸形等后顾之忧。多数研究也确实支持其有效性。但联合入路手术难度相对较大、手术时间较长、出血量较多、经济负担也相应增加,所以选择联合入路手术方式应谨慎。至于术后并发症,目前结论并不一致,在技术熟练、指征严格等前提下,联合入路的术后并发症率未必较其他手术方式高,甚至可能更低。这还需前瞻性大样本多中心随机对照研究等循证医学证据。

5 参考文献

1. Kalsi-Ryan S, Karadimas SK, Fehlings MG. Cervical spondylotic myelopathy: the clinical phenomenon and the current pathobiology of an increasingly prevalent and devastating disorder [J]. *Neuroscientist*, 2013, 19(4): 409-421.
2. Yu S, Li F, Yan N, et al. Anterior fusion technique for multilevel cervical spondylotic myelopathy: a retrospective analysis of surgical outcome of patients with different number of levels fused [J]. *PLoS One*, 2014, 9(3): e91329.
3. Cao JM, Zhang YZ, Shen Y, et al. Selection of operative approaches for multilevel cervical spondylotic myelopathy by imageological score [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(2): 99-106.
4. König SA, Spetzger U. Surgical management of cervical spondylotic myelopathy—indications for anterior, posterior or combined procedures for decompression and stabilisation [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014, 156(2): 253-258.
5. Lawrence BD, Shamji MF, Traynelis VC, et al. Surgical management of degenerative cervical myelopathy: a consensus statement [J]. *Spine*, 2013, 38(22 Suppl 1): S171-172.
6. Fehlings MG, Barry S, Kopjar B, et al. Anterior versus posterior surgical approaches to treat cervical spondylotic myelopathy: outcomes of the prospective multicenter AOSpine North America CSM study in 264 patients [J]. *Spine*, 2013, 38(26): 2247-2252.
7. AAOS(2015). Cervical spondylotic myelopathy: surgical treatment options[OL]. Retrieved 10-07, 2015, from <http://orthoinfo.org>

- fo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00539.
8. Lau D, Ziewacz JE, Le H, et al. A controlled anterior sequential interbody dilation technique for correction of cervical kyphosis [J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(3): 263–273.
 9. Abumi K. Cervical spondylotic myelopathy: posterior decompression and pedicle screw fixation [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(Suppl 2): 186–196.
 10. Uchida K, Nakajima H, Sato R, et al. Cervical spondylotic myelopathy associated with kyphosis or sagittal sigmoid alignment: outcome after anterior or posterior decompression [J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 11(5): 521–528.
 11. Liu H, Li Y, Chen Y, et al. Cervical curvature, spinal cord MRIT2 signal, and occupying ratio impact surgical approach selection in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(7): 1480–1488.
 12. Tani T, Ushida T, Ishida K, et al. Relative safety of anterior microsurgical decompression versus laminoplasty for cervical myelopathy with a massive ossified posterior longitudinal ligament [J]. *Spine*, 2002, 27(22): 2491–2498.
 13. Kalb S, Martirosyan NL, Perez-Orribo L, et al. Analysis of demographics, risk factors, clinical presentation, and surgical treatment modalities for the ossified posterior longitudinal ligament [J]. *Neurosurg Focus*, 2011, 30(3): E11.
 14. Sakai K, Okawa A, Takahashi M, et al. Five-year follow-up evaluation of surgical treatment for cervical myelopathy caused by ossification of the posterior longitudinal ligament: a prospective comparative study of anterior decompression and fusion with floating method versus laminoplasty [J]. *Spine*, 2012, 37(5): 367–376.
 15. Fujimori T, Iwasaki M, Okuda S, et al. Long-term results of cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament with an occupying ratio of 60% or more [J]. *Spine*, 2014, 39(1): 58–67.
 16. Li X, Jiang L, Liu Z, et al. Different approaches for treating multilevel cervical spondylotic myelopathy: a retrospective study of 153 cases from a single spinal center [J]. *PLoS One*, 2015, 10(10): e0140031.
 17. 江凌, 姜亮, 王金锐, 等. 颈椎后路椎管扩大成形后的脊髓形态——术中超声检查与术后磁共振的比较 [J]. *中国超声医学杂志*, 2014, 30(3): 193–197.
 18. Kan L, Kang J, Gao R, et al. Clinical and radiological results of two hybrid reconstructive techniques in noncontiguous 3-level cervical spondylosis [J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 21(6): 944–950.
 19. Chacko AG, Joseph M, Turel MK, et al. Multilevel oblique corpectomy for cervical spondylotic myelopathy preserves segmental motion [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(7): 1360–1367.
 20. Traynelis VC, Arnold PM, Fourny DR, et al. Alternative procedures for the treatment of cervical spondylotic myelopathy: arthroplasty, oblique corpectomy, skip laminectomy: evaluation of comparative effectiveness and safety [J]. *Spine*, 2013, 38(22 Suppl 1): S210–231.
 21. Yuan W, Zhu Y, Liu X, et al. Laminoplasty versus skip laminectomy for the treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy: a systematic review [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134(1): 1–7.
 22. Wang L, Wang Y, Yu B, et al. Open-door versus French-door laminoplasty for the treatment of cervical multilevel compressive myelopathy [J]. *J Clin Neurosci*, 2015, 22(3): 450–455.
 23. Umeda M, Sasai K, Kushida T, et al. A less-invasive cervical laminoplasty for spondylotic myelopathy that preserves the semispinalis cervicis muscles and nuchal ligament [J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 18(6): 545–552.
 24. Yang HL, Chen GD, Zhang HT, et al. Open-door laminoplasty with plate fixation at alternating levels for treatment of multilevel degenerative cervical disease [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(1): E13–18.
 25. Miyamoto H, Maeno K, Uno K, et al. Outcomes of surgical intervention for cervical spondylotic myelopathy accompanying local kyphosis (comparison between laminoplasty alone and posterior reconstruction surgery using the screw-rod system) [J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(2): 341–346.
 26. Du W, Zhang P, Shen Y, et al. Enlarged laminectomy and lateral mass screw fixation for multilevel cervical degenerative myelopathy associated with kyphosis [J]. *Spine J*, 2014, 14(1): 57–64.
 27. Heller JG, Raich AL, Dettori JR, et al. Comparative effectiveness of different types of cervical laminoplasty [J]. *Evid Based Spine Care J*, 2013, 4(2): 105–115.
 28. 张颖, 王新伟, 陈华江, 等. 单纯前路手术治疗“钳夹型”颈椎病的疗效 [J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(8): 714–720.
 29. Liu XY, Yuan SM, Tian YH, et al. Expansive open-door laminoplasty and selective anterior cervical decompression and fusion for treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy [J]. *Orthop Surg*, 2011, 3(3): 161–166.
 30. Yeh KT, Lee RP, Chen IH, et al. Laminoplasty with adjunct anterior short segment fusion for multilevel cervical myelopathy associated with local kyphosis [J]. *J Chin Med Assoc*, 2015, 78(6): 364–369.
 31. Karpova A, Arun R, Davis AM, et al. Predictors of surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine*, 2013, 38(5): 392–400.
 32. Wen SF, Wong IO, Long MJ, et al. Effectiveness of 3 surgical decompression strategies for treatment of multilevel cervical myelopathy in 3 spinal centers in China: a retrospective study [J]. *Spine*, 2012, 37(17): 1463–1469.
 33. 侯增涛, 赵爱琳, 郭传友, 等. 多节段脊髓型颈椎病治疗方式选择与疗效评价 [J]. *中国组织工程研究*, 2014, 18(40): 6444–6450.
 34. 杨宏涛, 贺西京, 冯宏伟, 等. 不同手术入路治疗多节段脊

- 髓型颈椎病疗效比较 [J]. 现代中西医结合杂志, 2014, 23 (25): 2815-2817.
35. Setzer M, Eleraky M, Johnson WM, et al. Biomechanical comparison of anterior cervical spine instrumentation techniques with and without supplemental posterior fusion after different corpectomy and discectomy combinations: Laboratory investigation [J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16(6): 579-584.
36. Tetreault LA, Karpova A, Fehlings MG. Predictors of outcome in patients with degenerative cervical spondylotic myelopathy undergoing surgical treatment: results of a systematic review[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(Suppl 2): 236-251.
37. 吴四军, 刘晓光, 刘忠军, 等. 脊髓型颈椎病一期后前路减压术后疗效不佳原因分析 [J]. 颈腰痛杂志, 2011, 32(3): 168-172.
38. Tetreault LA, Dettori JR, Wilson JR, et al. Systematic review of magnetic resonance imaging characteristics that affect treatment decision making and predict clinical outcome in patients with cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine*, 2013, 38(22 Suppl 1): S89-110.
39. Wilson JR, Patel AA, Brodt ED, et al. Genetics and heritability of cervical spondylotic myelopathy and ossification of the posterior longitudinal ligament: results of a systematic review [J]. *Spine*, 2013, 38(22 Suppl 1): S123-146.
40. Wang ZC, Hou XW, Shao J, et al. HIF-1 α polymorphism in the susceptibility of cervical spondylotic myelopathy and its outcome after anterior cervical corpectomy and fusion treatment [J]. *PLoS One*, 2014, 9(11): e110862.
41. Wu J, Wu D, Guo K, et al. OPN polymorphism is associated with the susceptibility to cervical spondylotic myelopathy and its outcome after anterior cervical corpectomy and fusion [J]. *Cellular physiology and biochemistry : international journal of experimental cellular physiology, biochemistry, and pharmacology*, 2014, 34(2): 565-574.
42. Martin-Vaquero P, da Costa RC, Allen MJ, et al. Proteomic analysis of cerebrospinal fluid in canine cervical spondylomyelopathy [J]. *Spine*, 2015, 40(9): 601-612.
43. Epstein NE. What you need to know about ossification of the posterior longitudinal ligament to optimize cervical spine surgery: A review [J]. *Surg Neurol Int*, 2014, 5(Suppl 3): S93-S118.
44. Fehlings MG, Smith JS, Kopjar B, et al. Perioperative and delayed complications associated with the surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy based on 302 patients from the AOSpine North America Cervical Spondylotic Myelopathy Study [J]. *J Neurosurg Spine*, 2012, 16(5): 425-432.
45. Hussain M, Nassr A, Natarajan RN, et al. Biomechanical effects of anterior, posterior, and combined anterior-posterior instrumentation techniques on the stability of a multilevel cervical corpectomy construct: a finite element model analysis [J]. *Spine J*, 2011, 11(4): 324-330.
46. Lawrence BD, Jacobs WB, Norvell DC, et al. Anterior versus posterior approach for treatment of cervical spondylotic myelopathy: a systematic review [J]. *Spine*, 2013, 38(22 Suppl 1): S173-182.
47. Seng C, Tow BP, Siddiqui MA, et al. Surgically treated cervical myelopathy: a functional outcome comparison study between multilevel anterior cervical decompression fusion with instrumentation and posterior laminoplasty [J]. *Spine J*, 2013, 13(7): 723-731.
48. Fehlings MG, Wilson JR, Karadimas SK, et al. Clinical evaluation of a neuroprotective drug in patients with cervical spondylotic myelopathy undergoing surgical treatment: design and rationale for the CSM-Protect trial [J]. *Spine*, 2013, 38(22 Suppl 1): S68-75.
- (收稿日期:2015-11-20 修回日期:2015-12-12)
(本文编辑 彭向峰)