综述

颈椎矢状位参数在颈椎病诊治中的应用进展

Advances in the application of cervical sagittal position parameters in the diagnosis and treatment of cervical spondylosis

鲁新垒[1],张 静[2],郭海龙[1],任周梁[1],张 健[1]

(1 新疆医科大学第一附属医院脊柱外科 830011 乌鲁木齐市;2 新疆乌鲁木齐市第一人民医院重症医学科 830002)

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2019.11.12

中图分类号:R681.5 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-406X(2019)-11-1033-05

颈椎形态学特征为颈椎矢状位生理性前凸，以保持颈椎正常稳定性与灵活性。颈椎矢状位失衡与颈椎退变性疾病的发生发展存在密切关系,通过评估颈椎矢状位形态能够初步预测颈椎退行性病变严重程度,协助制定相关手术方案,甚至能够一定程度上判断患者的预后[1-16]。随着对脊柱整体平衡的研究进展,有利于进一步认识颈椎矢状位参数及其在颈椎病诊治中的重要性。现对颈椎矢状位参数研究成果及在颈椎病诊治中的应用进行综述。

1 颈椎矢状位参数的测量及意义

1.1 颈椎前凸(cervical lordosis,CL)

(1)Cobb 角:C2-7 Cobb 角即 C2 和 C7 下终板平行线的垂线所成的夹角[前凸为(-),后凸为(+)];C0-2 Cobb 角:Mc Gregor 线和 C2 下终板平行线之间的夹角;(2)Jackson 应力切线法:C2 和 C7 椎体后缘平行线夹角;(3)Harrison 后切线法：从 C2 至 C7 作各个椎体后缘的平行线,邻近平行线夹角之和即为颈椎前凸角[2,16]。因 Cobb 角测量方便且准确性高多用于评估颈椎前路术后颈椎前凸变化(图 1)。

1.2 颈椎矢状面偏移

主要通过矢状面垂直轴 (sagittal vertical axis,SVA)进行评估。(1)C2、C7 SVA:指 S1 椎体后上缘与经 C2、C7 椎体中心铅垂线的最短距离[6];代表颈椎在整个脊柱矢状面上的偏移;(2)C1-C7 SVA、C2-C7 SVA(CSVA):为 C7 椎体后上缘与经 C1 或 C2 椎体中心垂线的最短距离,代表颈椎局部的矢状面偏移[8,10,15];(3)CGH-C7 SVA[14](头部重心):C7 椎体后上缘与头颅重力线之间的垂直距离。SVA 在颈椎后路手术中应用较多,其中 C2 SVA 与临床功能直接相关,C2 SVA 越大,临床功能越差(图 2、3)。

1.3 颈胸交界区相关参数

因 T1 椎体位于颈胸交界区，通过 T1 研究颈椎与头颅、脊柱-骨盆矢状位相互影响关系，颈胸交界区相关参数:(1)颈部倾斜角(neck titl,NT):T1 椎体上终板中点与胸骨上缘连线与和胸骨上缘垂线的夹角;(2) 胸 1 倾斜角(T1 slope,T1S):T1 的上终板平行线与水平线的夹角[5];(3)胸廓入口角(thoracic inlet angle,TIA):T1 上终板中点与胸骨上缘连线和 T1 上终板平行线的中垂线之间的夹角,即 T1S 与 NT 之和。在侧位 X 线片上,因肩部、胸骨柄等对 T1 椎体的遮挡，仅 11%的人测得 T1S，考虑用 CT、MRI 代替 X 线测量 T1S[8,13](图 2)。

1.4 颈椎活动范围

(1)C2-7 运动范围(range of motion,ROM):C2-7 椎体过伸位与过屈位角度差值;(2)节段角运动:两个椎体过屈到过伸位椎间角度差值;(3)节段性平移运动:过伸过屈位邻近椎体之间的位移;>2.0mm 为不稳定性的区段[7,14](图 4)。

2 颈椎矢状位参数与健康相关生活质量评分的关系

在影像学检查与临床症状之间关联的少数研究中,颈椎病患者颈椎矢状位参数与健康相关生活质量(health-related quality of life,HRQOL) 评分的相关性值得进一步研究。Smith 等[10]分析 56 例脊髓型颈椎病患者的术前数据，发现改良日本骨科协会评分 (modified Japanese Orthopedic Association scores,mJOA)与 C2-C7 SVA、C1-C7 SVA 呈负相关，与 T1S 减去 C2-C7 Cobb 角的值弱相关，与 CGH-C7 SVA、C2-C7 Cobb 角之间的无相关性。Tang 等[15]研究行多节段颈椎后路融合术治疗 113 例患有颈椎管狭窄症、脊髓型颈椎病或颈椎后凸畸形患者,发现 C1-C7 SVA 和 CGH-C7 SVA 与颈椎残疾指数(neck disability index,NDI)评分呈正相关,C1-C7 SVA 与 36 项简表物理健康调查问卷评分 (short form-36 the physical component summary,SF-36PCS)呈负相关。Minori 等[12]研究发现,CL 与 JOA 脊髓型颈椎病评估问卷(CMEQ)肢体功能评分略有显著相关,SVA 是唯一与 SF-36PCS 评分存在显著相关的矢状位参数。但 C2-C7 SVA<35mm 几乎不会

基金项目:新疆维吾尔自治区青年基金(编号:2016D01C333)

第一作者简介:男(1987-),硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话(0991)4365316 E-mail:956547094@qq.com

通讯作者:郭海龙 E-mail:guohailong@tom.com

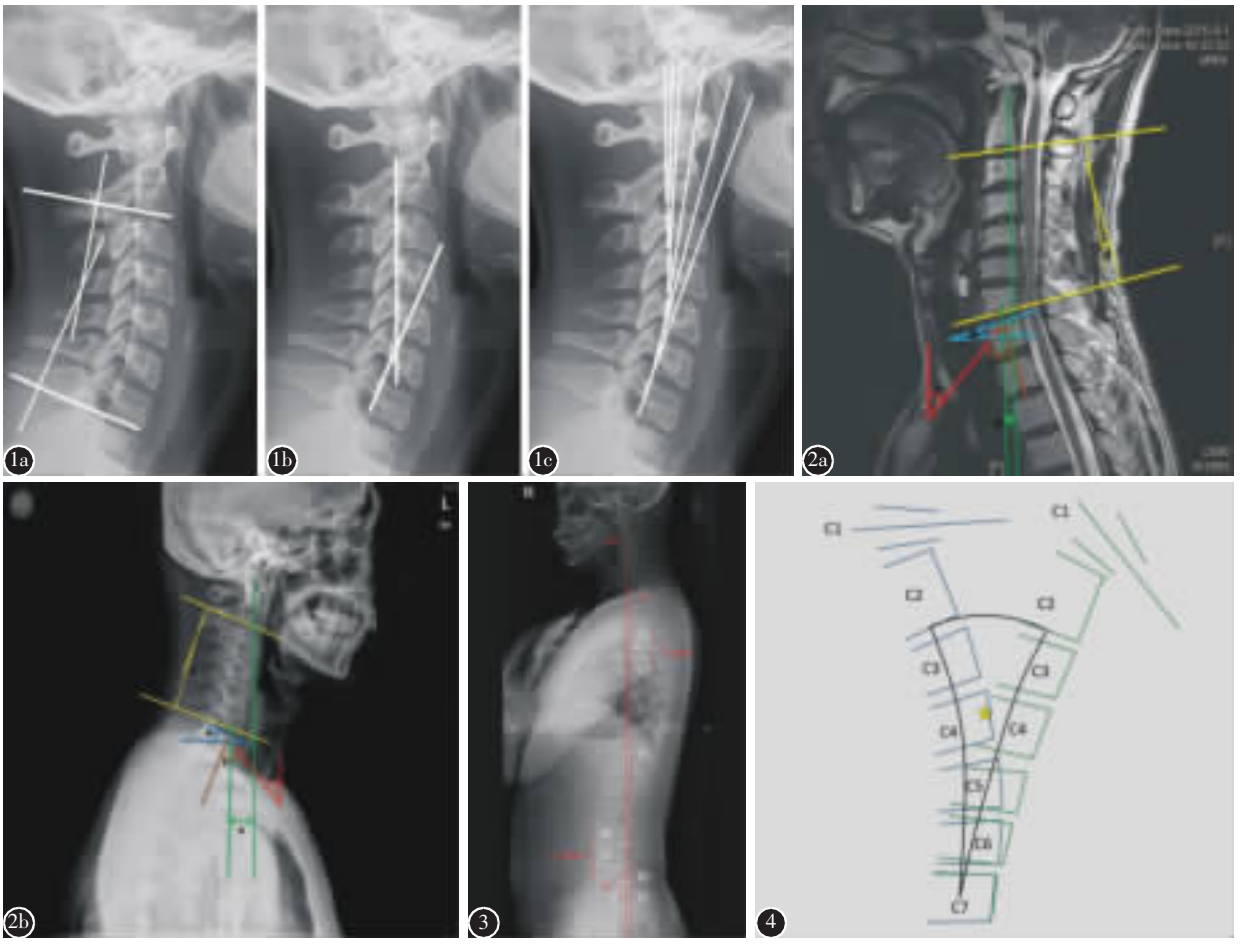

图 1[16] **a** C2–7 Cobb 角:C2 和 C7 下终板平行线的垂线所成的夹角[前凸为(–),后凸为(+)] **b** Jackson 应力切线法:C2 和 C7 椎体后缘平行线夹角 **c** Harrison 后切线法:从 C2 至 C7 作各个椎体后缘的平行线,邻近平行线夹角之和即为颈椎前凸角 **图 2**[8] **a**、**b** 指标测量方法:a 为 NT,T1 椎体上终板中点与胸骨上缘连线与和胸骨上缘垂线的夹角;b 为 T1S,T1 的上终板平行线与水平线的夹角;c 为 TIA,T1 上终板中点与胸骨上缘连线和 T1 上终板平行线的中垂线之间的夹角,即 T1S 与 NT 之和;d 为 Cobb 角;e 为 C2–C7 SVA,C7 椎体后上缘到 C2 椎体中点垂线的最短距离 **图 3**[6] C2、C7 SVA:S1 椎体后上缘与经 C2、C7 椎体中心铅垂线的最短距离 **图 4**[7,11] 指标测量方法:C2–7 ROM,C2–7 椎体过伸位与过屈位角度差值;节段角运动,两个椎体过屈到过伸位椎间角度差值;节段性平移运动,过伸过屈位邻近椎体之间的位移

引起临床症状的差异[17]。而 C7 SVA>5cm 的患者术后手臂疼痛的 NRS 评分显著升高,术前和术后 SF–36PCS 和 NDI 均较差[15]。对于颈椎运动范围对 HRQOL 的影响,Liu 等[11]研究发现,矢状位失衡者的平均 HRQOL 显示较差,椎体屈曲/伸展运动范围减少、旋转中心位置变大、ROM 越小其 SF–36PCS 和 Nurick 分级越差,也表明脊髓病变越严重;其中 C7 矢状位偏移与脊髓病变严重程度显著相关,C2 和 C4 矢状偏移越大表明 HRQOL 越差。研究表明年龄越大,C2–7 ROM 越小,屈曲角度越小导致 mJOA 评分越低、HRQOL 评分越差,患者临床症状的严重程度与矢状位失衡的进展呈线性关系,然而屈曲动度的增加可以部分代偿颈椎管狭窄[1,18,19]。

3 全脊柱矢状位曲度对颈椎病患者颈椎矢状位曲度影响

颈椎病患者颈部区域的代偿能力相对较低,胸腰段矢状失衡影响颈椎曲度变化,应力集中在小关节、椎间盘及钩椎关节,引起椎间盘退变及骨皮质破坏–重塑形成骨赘,诱发颈椎病。Park 等[6]发现随着年龄的增长 C2–C7 Cobb 角增加,而 T1S 减少;当头颅向前倾斜时,使 T1 变得更加水平,代偿颈椎前凸以保持视线水平。C2–C7 Cobb 角和 T1S、TIA 存在显著的正相关性[8,20,21]。C7 倾斜角(C7 上终板与水平线的夹角)与 T1S 显著相关,具有替代 T1S 的可能性[22]。Bon 等[23]预测 T1S 为 20°和/或 C2–C7 SVA 为 22mm 是颈椎前凸丧失的临界值,低 T1S 的患者具有更强的代偿能力保持 C2–C7 SVA 在可接受的范围内,以维持颈部平衡。在颈椎病患者中,研究发现颈椎前凸与胸椎后凸呈正相关,其中 C2–C7 SVA 与颈椎和胸椎矢状位曲度(包括 CL、T1S 和 TK)密切相关,但与腰椎和骨盆矢状参数(LL、SS 和 PI)或全脊柱 SVA 相关性较差,或者相互之间没有相关性[12,20,24]。

4 颈椎矢状位失衡与颈椎病的相关性

对颈椎和胸椎后凸研究表明，随着畸形进行性加重，脊髓髓内压力逐渐增加，出现血管、神经受压，导致脊髓神经脱髓鞘病变、血管损伤和神经细胞损伤[25,26]。但高达 30% 的颈椎后凸患者没有任何临床症状[24]。除了颈椎椎管狭窄和颈椎后凸对脊髓引起的静力压迫外，颈部屈伸、旋转运动变化也增加神经元丢失或脱髓鞘等不可逆的脊髓病变，这种慢性、重复的损伤可加重病情[7,11]。其中颈椎后方韧带-关节复合体能阻止机械负荷引起结构性后凸，C2-7 SVA 增大易引起后方韧带-关节复合体的损伤[27]。Lee 等[9]研究发现 NT 保持在约 44°，可使颈部肌肉的能量消耗最小；同时 TIA 增大引起 T1S 增加，最终维持较大的颈椎前凸以保持视线水平和正常颈椎矢状序列，使颈部能量消耗最小化，反之亦然。Patwardhan 等[28]研究发现，胸椎后凸(T1S)的增加，下颈椎前凸减小，导致椎间孔面积减小(尤其 C5~C7)，出现相应的临床症状，而较大的 C2-C7 SVA 可以保持下颈椎椎间孔面积。Koji 等[29]研究 135 例接受椎板成形术治疗脊髓型颈椎病患者，随访时间超过 2 年，发现颈椎平衡参数、术后失衡和小关节退变(FD)严重程度之间没有相关性。C2-C7 Cobb 角、C7 倾斜角、T1S 受颈中段椎旁肌的体积影响，进而影响相应节段椎管直径、椎间盘退变和退变性滑脱[7]。因此矢状面失衡通过影响颈部肌肉能量消耗、椎间孔大小、韧带和关节增生，加速颈椎退变。

5 颈椎病术式选择及术后疗效与颈椎矢状位参数相关性

5.1 颈椎后路手术与颈椎矢状位参数的相关性

颈后路手术目前文献多关注颈椎局部后凸，术后残留症状与颈椎前凸的丢失有关，术前通过锻炼增强颈部肌力以保持颈椎前凸，手术侵及颈后肌—韧带复合体可影响椎板成形术(laminoplasty，LAMP)后的颈部矢状面平衡[30]。Minori 等[12]研究脊髓型颈椎病（B 组，n=94，C2-7 SVA<35mm）和后纵韧带骨化症（A 组，n=16，C2-7 SVA≥35mm)行 LAMP 的患者发现，具有较大的 C2-7 SVA 患者术后对矢状位平衡没有影响，A 组 VAS、JOA CMEQ 评分改善显著，但 A 组患者的 SF-36PCS 改善评分显著低于 B 组，表明 LAMP 可能不适合应用于具有较大 C2-7 SVA 的患者。Sakai 等[14]研究 217 例行双开门椎板成形术患者，CGH-C7 SVA 为 42mm，年龄 75 岁为预测术后后凸畸形的因素。Shiraishi 等[31]研究发现，行选择性椎板切除术(laminectomy，LAM)术后可维持部分颈椎矢状平衡，其术后的颈椎曲度优于常规 LAMP。Suk 等[32]研究发现，LAMP 降低了颈椎活动范围和颈椎前凸。Miyamoto 等[33]研究发现，患有局部脊柱后凸的退变性脊髓型颈椎病患者中，后路融合术后颈椎序列和神经功能恢复优于 LAMP，颈后路置入侧块螺钉、椎弓根螺钉对伴有颈椎后凸畸形患者是有利的。Jessica 等[15]研究发现，在行颈椎后路多节段减压融合术患者中，C2 SVA>40mm 与术后的疼痛和功能丧失相关。对拟行后路椎管减压手术时，应考虑矫正颈椎后凸和矢状位失衡，特别是术前中 C7 SVA>5cm、CGH-C7 SVA≥40mm[25,34]。具有高 T1S 的患者术前颈椎前凸曲度较大，术后随访时颈椎曲度丢失较多，高 T1S 是颈椎后凸的危险预测因素[13,35]。

5.2 颈椎前路手术与颈椎矢状位参数的相关性

颈椎前路手术通过切除病变椎间盘、撑开椎间隙、植骨融合以恢复椎间隙高度，术后获得更好的矢状位曲度。颈椎间盘置换术后只有节段性矢状位平衡与临床结果相关，单节段融合后颈椎矢状位平衡不会发生显著改变[36]。颈椎前路椎间盘切除术融合治疗多节段脊髓型颈椎病中，分别以 Zero-p 椎间融合器(ROI-C)和聚醚醚酮(PEEK)笼为置入物，两组术前术后颈椎前凸没有显著差异，在最后一次随访中，与术前相比颈椎 Cobb 角和椎间盘高度显著校正，均恢复颈椎前凸[37,38]。Lau 等[39]研究 2 节段前路椎体次全切植骨融合内固定术（anterior cervical corpectomy and fusion，ACCF）组和 3 节段前路椎间盘切除 cage 植骨融合内固定术（anterior cervical discectomy and fusion，ACDF)组发现，术后颈椎 Cobb 角、邻近节段病变、假关节发生率、神经功能改善及疼痛缓解结果相似[39]。Vincenzo 等[40]研究发现，因脊髓型颈椎病行多节段 ACDF 患者，比较术前、术后和末次随访的矢状角之间的差异具有统计学意义，3 或 4 节段颈椎术后患者末次随访的颈椎前凸略有减少，但与术后早期值的差异无统计学意义。Park 等[41]比较邻近两节段 ACDF 和单节段 ACCF 手术的患者，发现置入物沉降和颈椎前凸丧失主要发生在术后的前 6 周，置入物沉降与术前和术后、末次随访的矢状位曲度无关，对此类患者，应根据神经减压的需要选择最佳手术方式，而不是考虑矢状位失衡、置入物沉降和邻近节段骨化症。Andaluz 等[42]研究发现应用钛网笼(CTMCs)可能增加术后局部后凸及颈部慢性轴性疼痛。Cobb 角、NT 和 T1S 显著升高增加颈椎前路邻近节段骨化症的发生，其中多节段颈椎融合术后矢状面失衡加剧邻近节段椎间盘压力、加剧邻近节段退变的病理机制，在手术计划中也应予以考虑[28,35]。

6 总结与展望

颈椎与全脊柱在矢状位、年龄等存在着复杂关系，进一步研究有助于发现颈椎病发展与矢状位变化的相关性。术后维持颈椎生理曲度不仅可以保持椎管充分减压，还可以通过降低脊髓张力进一步改善颈椎病的健康评分和残疾指数，降低邻近节段退变、椎体骨化的风险。未来建立标准的颈椎矢状位参数阈值，超过这些值，矫正畸形可改善脊髓病变，这将是研究的重点。

7 参考文献

1. Ling FP, Chevillotte T, Leglise A, et al. Which parameters are relevant in sagittal balance analysis of the cervical spine? a literature review[J]. Eur Spine J, 2018, 27(Suppl 1): 8-15.

2. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, et al. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis[J]. Spine, 2000, 25(16): 2072–2078.
3. Hey HW, Lau ET, Wong CG, et al. Cervical alignment variations in different postures and predictors of normal cervical kyphosis: a new understanding[J]. Spine, 2017, 17(2): 183–189.
4. Liu J, Liu P, Ma Z, et al. The effects of aging on the profile of the cervical[J]. Spine Medicine(Baltimore), 2019, 98(7): e14425.
5. Iorio J, Lafage V, Lafage R, et al. The effect of aging on cervical parameters in a normative north American population [J]. Global Spine J, 2018, 8(7): 709–715.
6. Park MS, Moon SH, Lee HM, et al. The effect of age on cervical sagittal alignment: normative data on 100 asymptomatic subjects[J]. Spine, 2013, 38(8): 458–463.
7. Tamai K, Grisdela P Jr, Romanu J, et al. Kinematic characteristics of patients with cervical imbalance: a weight–bearing dynamic MRI study[J]. Eur Spine J, 2019, 28(5): 1200–1208.
8. Cheng J, Liu P, Sun D, et al. Correlation of cervical and thoracic inlet sagittal parameters by MRI and radiography in patients with cervical spondylosis [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(7): e14393.
9. Lee SH, Kim KT, Seo EM, et al. The influence of thoracic inlet alignment on the craniocervical sagittal balance in asymptomatic adults[J]. J Spinal Disord Tech, 2012, 25(2): 41–47.
10. Smith JS, Lafage V, Ryan DJ, et al. Association of myelopathy scores with cervical sagittal balance and normalized spinal cord volume: analysis of 56 preoperative cases from the AOSpine North America Myelopathy Study[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(22 Suppl 1): S161–170.
11. Liu S, Lafage R, Smith JS, et al. Impact of dynamic alignment, motion, and center of rotation on myelopathy grade and regional disability in cervical spondylotic myelopathy [J]. J Neurosurg Spine, 2015, 23(6): 690–700.
12. Kato M, Namikawa T, Matsumura A, et al. Effect of cervical sagittal balance on laminoplasty in patients with cervical myelopathy[J]. Global Spine J, 2017, 7(2): 154–161.
13. Kim TH, Lee SY, Kim YC, et al. T1 slope as a predictor of kyphotic alignment change after laminoplasty in patients with cervical myelopathy[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(16): E992–997.
14. Sakai K, Yoshii T, Hirai T, et al. Cervical sagittal imbalance is a predictor of kyphotic deformity after laminoplasty in cervical spondylotic myelopathy patients without preoperative kyphotic alignment[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(4): 299–305.
15. Jessica A, Tang BS, Justin K, et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion[J]. Neurosurgery, 2015, 76(Suppl 1): S14–21.
16. Scheer JK, Tang JA, Smith JS, et al. Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: a review [J]. J Neurosurg Spine, 2013, 19(2): 141–159.
17. Roguski M, Benzel EC, Curran JN, et al. Postoperative cervical sagittal imbalance negatively affects outcomes after surgery for cervical spondylotic myelopathy[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39(25): 2070–2077.
18. Yukawa Y, Kato F, Suda K, et al. Age–related changes in osseous anatomy, alignment, and range of motion of the cervical spine. Part I: radiographic data from over 1, 200 asymptomatic subjects[J]. Eur Spine J, 2012, 21(8): 1492–1498.
19. Nicholson KJ, Millhouse PW, Pflug E, et al. Cervical sagittal range of motion as a predictor of symptom severity in cervical spondylotic myelopathy [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(13): 883–889.
20. Weng C, Wang J, Tuchman A, et al. Influence of t1 slope on the cervical sagittal balance in degenerative cervical spine: an analysis using kinematic MRI[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(3): 185–190.
21. Lee SH, Son ES, Seo EM, et al. Factors determining cervical spine sagittal balance in asymptomatic adults: correlation with spinopelvic balance and thoracic inlet alignment [J]. Spine J, 2015, 15(4): 705–712.
22. Tamai K, Buser Z, Paholpak P, et al. Can C7 slope substitute the T1 slope? an analysis using cervical radiographs and kinematic MRIs[J]. Spine, 2018, 43(7): 520–525.
23. Lin BJ, Hong KT, Lin C, et al. Impact of global spine balance and cervical regional alignment on determination of postoperative cervical alignment after laminoplasty [J]. Medicine(Baltimore), 2018, 97(45): e13111.
24. Le Huec JC, Demezon H, Aunoble S, et al. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers [J]. Eur Spine J, 2015, 24(1): 63–71.
25. Ames CP, Blondel B, Scheer JK, et al. Cervical radiographical alignment: comprehensive assessment techniques and potential importance in cervical myelopathy[J]. Spine, 2013, 38(22 Suppl 1): S149–S160.
26. Deutsch H, Haid RW, Rodts GE, et al. Postlaminectomy cervical deformity[J]. Neurosurg Focus, 2003, 15: E5.
27. Kato M, Nakamura H, Konishi S, et al. Effect of preserving paraspinal muscles on postoperative axial pain in the selective cervical laminoplasty [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(14): E455–E459.
28. Patwardhan AG, Khayatzadeh S, Havey RM, et al. Cervical sagittal balance: a biomechanical perspective can help clinical practice[J]. Eur Spine J, 2018, 27(Suppl 1): 25–38.
29. Tamai K, Suzuki A, Yabu A, et al. Preoperative severity of facet joint degeneration does not impact the 2–year clinical

outcomes and cervical imbalance following laminoplasty [J]. Spine J, 2019, 19(2): 246-252.

30. Lin S, Zhou F, Sun Y, et al. The severity of operative invasion to the posterior muscular-ligament complex influences cervicalsagittal balance after open-door laminoplasty[J]. Eur Spine J, 2015, 24(1): 127-135.
31. Shiraishi T, Kato M, Yato Y, et al. New techniques for exposure of posterior cervical spine through intermuscular planes and their surgical application [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(5): E286-E296.
32. Suk KS, Kim KT, Lee JH, et al. Sagittal alignment of the cervical spine after the laminoplasty[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2007, 32(23): E656-660.
33. 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.
34. Sakai K, Yoshii T, Hirai T, et al. Impact of the surgical treatment for degenerative cervical myelopathy on the preoperative cervical sagittal balance: a review of prospective comparative cohort between anterior decompression with fusion and laminoplasty[J]. Eur Spine J, 2017, 26(1): 104-112.
35. Liu W, Rong Y, Chen J, et al. Cervical sagittal alignment as a predictor of adjacent-level ossification development[J]. J Pain Res, 2018, 11: 1359-1366.
36. Guerin P, Obeid I, Gille O, et al. Sagittal alignment after single cervical disc arthroplasty [J]. J Spinal Disord Tech, 2012, 25(1): 10-16.
37. Njoku I Jr, Alimi M, Leng LZ, et al. Anterior cervical discectomy and fusion with a zero-profile integrated plate and spacer device: a clinical and radiological study: clinical article[J]. J Neurosurg Spine, 2014, 21(4): 529-537.
38. Liu Y, Wang H, Li X, et al. Comparison of a zero-profile anchored spacer(ROI-C) and the polyetheretherketone(PEEK) cages with an anterior plate in anterior cervical discectomy and fusion for multilevel cervical spondylotic myelopathy [J]. Eur Spine J, 2016, 25(6): 1881-1890.
39. Lau D, Chou D, Mummaneni PV, et al. Two-level corpectomy versus three-level discectomy for cervical spondylotic myelopathy: a comparison of perioperative, radiographic, and clinical outcomes[J]. J Neurosurg Spine, 2015, 23(3): 280-289.
40. Albanese V, Certo F, Visocchi M, et al. Barbagallo multilevel anterior cervical diskectomy and fusion with zero-profile devices: analysis of safety and feasibility, with focus on sagittal alignment and impact on clinical outcome: single-institution experience and review of literature[J]. World Neurosurg, 2017, 106: 724-735.
41. Park MS, Kelly MP, Lee DH, et al. Sagittal alignment as a predictor of clinical adjacent segment pathology requiring surgery after anterior cervical arthrodesis[J]. Spine J, 2014, 14(7): 1228-1234.
42. Andaluz N, Zuccarello M, Kuntz C, et al. Long-term follow-up of cervical radiographic sagittal spinal alignment after 1- and 2-level cervical corpectomy for the treatment of spondylosis of the subaxial cervical spine causing radiculomyelopathy or myelopathy: a retrospective study [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 16(1): 2-7.

（收稿日期：2019-05-16 末次修回日期：2019-10-12）

（本文编辑 彭向峰）