

综述

胸 1 倾斜角及其在脊柱矢状位平衡评价中的应用进展

Application progress of T1 slope and its value for sagittal balance evaluation of the spine

陈群响, 倪斌, 韩钊

(中国人民解放军海军军医大学附属长征医院脊柱外科 200003 上海市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.05.13

中图分类号: R816.8, R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-05-0470-04

良好的全脊柱矢状面平衡可以降低脊柱疾病的发病率,并且与术后症状改善密切相关。脊柱作为一个整体,人们逐渐意识到手术重建颈椎矢状面平衡时必须考虑胸、腰椎及骨盆序列对它的影响。目前对颈椎平衡与全脊柱平衡关系的研究较少,而且评价颈椎平衡的参数如 C2 矢状面轴向偏移(sagittal vertical axis, SVA)、C2-7 Cobb 角、C0-2 角、颈部倾斜角(neck tilt, NT)等均仅能体现颈椎区域平衡,无法反映颈椎与其他区域的关系。第 1 胸椎(T1)可视为头颅及颈椎的“基座”,颈椎前凸角(cervical lordosis, CL)与 T1 倾斜角(T1 slope, T1S)之间存在正比例关系^[1]。近年来对 T1S 的研究越来越深入,人们试图以 T1S 为“桥梁”找到颈椎与脊柱其他区域之间平衡的内在联系,为术前规划提供参考。现就近年来对 T1S 的研究成果以及 T1S 在脊柱疾病诊治中的应用简要综述如下。

1 T1S 测量方法及正常值

T1S 是指 T1 椎体上终板切线与水平线的夹角(图 1)。Ji 等^[2]测量 80 例正常成人颈椎 X 线片的 T1S(未说明体位)为 $23.20^{\circ} \pm 6.49^{\circ}$ 。张奎渤等^[3]测量 67 例有轻微颈部症状的成年患者直立位 X 线片, T1S 值为 $22.3^{\circ} \pm 5.6^{\circ}$ 。与骨盆入射角(PI)、胸廓入口角(TIA)不同, T1S 大小并非恒定不变,首先它受体位影响。Hey 等^[4]测量年龄 <30 岁、腰背疼痛病程 <3 个月患者的全脊柱 X 线片,发现自然坐位、直立坐位及站立位 3 种状态下的 T1S 值不同,自然坐位最大(30.2°),站立位最小(17.4°)。T1S 大小与颈椎伸屈位置有关,但并非过屈位 T1S 值一定大于过伸位。Tamai 等^[5]测量 145 例颈痛或有根性症状患者的动态 MRI 片,发现 40% 的患者 T1S 过屈位-T1S 过伸位 $>5^{\circ}$, 20% 的患者 T1S 过伸位-T1S 过屈位 $>5^{\circ}$, 将 T1 椎体中心点与胸骨顶点的垂直距离定义为 T1 垂直高度(T1 height)(图 2), T1 height <

27mm 时出现 T1S 过伸位-T1S 过屈位 $>5^{\circ}$ 的可能性是 T1 height 介于 27~47mm 时的 5.6 倍。因此在说明 T1S 大小时应首先说明患者所处的体位及全身肌肉是否处于放松状态等情况,一般情况下 T1S 值大多由中立位 X 线片上测得。T1S 大小还受年龄影响,脊柱随年龄增大发生老化退变,根据经验,胸椎后凸逐渐增大, T1 前倾增大,相应地 T1S 也增大。Guo 等^[6]测得寰枢椎融合术后 T1S 与术前相比无明显改变,说明个体 T1S 值可以保持短期内相对恒定。为研究对比方便,临床医师常选取 T1S 的一个临界值,将病例分为高 T1S 组及低 T1S 组,这个临界值范围一般为 $23.0^{\circ} \sim 27.3^{\circ}$ ^[6]。

由于颈椎侧位 X 线片中肩部、胸骨柄等结构对 T1 椎体的遮挡, Ji 等^[2]统计仅有 11% 的人可以从 X 线片上测得 T1S 值。CT 可以进行矢状面图像重建, MRI 成像原理不同于 X 线片, 均可获得清晰的矢状面结构, 因此可考虑用 CT、MRI 代替 X 线片测量 T1S。由于 CT 矢状面图像是计算机处理的结果, MRI 对椎体骨与周围软组织的分辨能力弱于 X 线, CT 或 MRI 测得的 T1S 值与 X 线片测得的 T1S 值不完全相同。因 CT 及 MRI 检查患者取平卧位, 而 X 线片检查多取站立位, 受头颈部重力影响, CT 与 MRI 测得的 T1S 值略小于 X 线片。Jun 等^[7]统计得出这个差值约为 $3.3^{\circ} \pm 6.1^{\circ}$, 并计算出 X 线片及 CT 测得 T1S 值之间的线性关系公式为 $T1S_{CT} = 3.876 + 0.725 \times T1S_X$ 。Liu 等^[8]分别用 X 线片及 MRI 测量颈椎间盘突出患者的 T1S 值, 两种方法所测得的 T1S 值之间的线性关系公式为 $T1S_{MRI} = 7.416 + 0.613 \times T1S_X$ 。程招军等^[9]对比分析 42 例脊髓型颈椎病患者的 X 线片及 MRI 矢状位参数, 得出 $T1S_X = 10.12 + 0.58 \times T1S_{MRI}$ 。利用以上公式可以比较容易地获得所有患者的 T1S 值, 但目前没有被广泛认可的公式。此外, 颈椎前路手术取平卧位, 与 CT 及 MRI 检查所取体位相同(非 X 线片立位), 直接采用 CT 或 MRI 测得的 T1S 值进行术前颈椎角度规划, 准确性可能更高一些。

2 T1S 与脊柱参数的关系及在矢状面平衡重建中的作用

2.1 与 C2-7 Cobb 角及 CL 的关系

第一作者简介: 男(1986-), 住院医师, 硕士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (021)81886805 E-mail: chenqunxiang@smmu.edu.cn

通讯作者: 倪斌 E-mail: nibin99@sohu.com

T1 倾斜度越大,为了维持平视状态,颈椎前凸必然要加大,故 T1S 值越大,C2-7 Cobb 角及 CL 越大。Ji 等^[2]的研究结果显示 T1S 与 C2-7 Cobb 角之间的 Pearson 相关系数为 0.826。Guo 等^[1]对因齿状突游离小骨行寰枢融合术患者的随访发现,术后 C2-7 Cobb 角较术前均减小,但与 T1S 仍然保持正相关关系;将患者分为高 T1S 组和低 T1S 组,发现高 T1S 组术后 C2-7 Cobb 角减小显著,故提出 T1S 较大时行寰枢融合应将寰枢前凸固定于较小角度以保留颈椎前凸曲度的观点。Hyun 等^[10]认为 $T1S-CL<26^{\circ}$ 可以作为颈后路融合术颈椎曲度纠正目标。Staub 等^[11]则把 $CL=TS-16.5^{\circ}\pm 2^{\circ}$ 作为颈椎曲度纠正的指导公式,并且认为若患者 $T1S<16.5^{\circ}$,颈椎后凸同样也是可以接受的,颈椎后凸与大多数情况下的前凸同样都是颈椎的自然形态。赵文奎等^[12]对无症状成人颈椎矢状位曲度的研究也证实 11.3% 的成人存在颈椎后凸但并不引起症状。但即便允许术后颈椎后凸,后凸角度也应控制在一定范围之内,否则可能会造成椎管容积变小、脊髓受压。

2.2 与胸椎后凸角(TK)、腰椎前凸角(LL)的关系

截骨术是目前纠正脊柱失衡的最主要方法^[13],但截骨术存在手术时间长、出血多、神经损伤风险高等缺点,尽可能减少手术创伤必须合理规划手术方案。基于 TK 与 LL 对矢状面平衡的重要贡献^[14,15],Yang 等^[16]对 119 例健康志愿者颈椎矢状面参数进行了研究,得到如下公式: $T1S=0.6\times\max TK-0.2\times\max LL+8$, 其中 $\max TK$ 代表 T1~T12 的 Cobb 角, $\max LL$ 代表 L1~L5 的 Cobb 角。从该公式可知,术中改变系数较大的 TK 比改变 LL 获取 T1S 目标值的效率高,这与临床经验及 Berthonnaud 等^[17]的研究结果相吻合,即脊柱各节段序列改变对邻近节段影响最为明显。但由于脊柱各节段以及脊柱-骨盆之间相互影响的复杂性,即使根据以上公式预设数据进行截骨矫形,术后也未必能获得满意的矢状面平衡。

3 T1S 对脊柱疾病的评估和风险预测作用

3.1 对全脊柱平衡的评估作用

脊柱矢状面失平衡被视为导致疼痛、功能障碍及手术疗效差的原因之一,手术恢复矢状面平衡的重要性甚至要高于冠状面平衡的恢复^[18,19]。C7 SVA 是衡量脊柱矢状面平衡状况最常用的指标^[20,21],是指 S1 椎体后上缘与经 C7 椎体中心铅垂线的最短距离(图 3),C7 SVA 的测量以 C7 椎体中心作为参考点,但这种方法忽视了头部位置,实际上仅能代表胸、腰与骨盆的平衡情况^[20],因此,人们又引入 C2 SVA 这个参数用以衡量颈椎矢状面平衡状况(图 4)。Knott 等^[22]以齿状突尖作为参考点,测得 C2 SVA 与 T1S 的相关系数 $r=0.65$,比较发现 T1S 与 C7 SVA 的关系较 PI、LL 与 C7 SVA 的关系更密切,他们认为可以使用 T1S 来评估全脊柱矢状面平衡状况,如果从颈椎 X 线片中测得 $T1S>25^{\circ}$ 或 $T1S<13^{\circ}$,则很可能存在全脊柱正向或负向失平衡,有必要拍摄全脊柱 X 线片进一步明确。但由于 T1S 与反映脊柱骨盆平衡的其他一些参数之间的关系密切程度不足,Yang 等^[16]认为 T1S 不能完全代替 SVA 衡量矢状面平衡。

据统计,成人脊柱畸形(adult spinal deformity, ASD)见于 60% 的 60 岁以上的老年人^[23]。Oe 等^[24]将 88 例因 ASD 行截骨矫形的患者分为 $T1S>40^{\circ}$ 组及 $T1S<40^{\circ}$ 组,测量 $T1S>40^{\circ}$ 组术前、术后即刻、术后 2 年的 C2-7 SVA 均值分别为 29.5mm、18.3mm 及 24.1mm, C7 SVA 均值分别为 161.3mm、63.5mm 及 97.5mm; $T1S<40^{\circ}$ 组术前、术后即刻、术后 2 年的 C2-7 SVA 均值分别为 10.0mm、12.1mm 及 16.0mm, C7 SVA 均值分别为 61.3mm、41.3mm 及 57.3mm,两组术后 T1S、C2-7 SVA、C7 SVA 存在先减小后增大的大致过程,而 $T1S>40^{\circ}$ 组 C2-7 SVA、C7 SVA 在术后 2 年时丢失较多,其他脊柱矢状面参数也有类似特点。因此,他们认为, T1S 可以作为 ASD 截骨矫形术后包括颈椎在内的脊柱序列丢失风险的预测因子,并建议有症状的

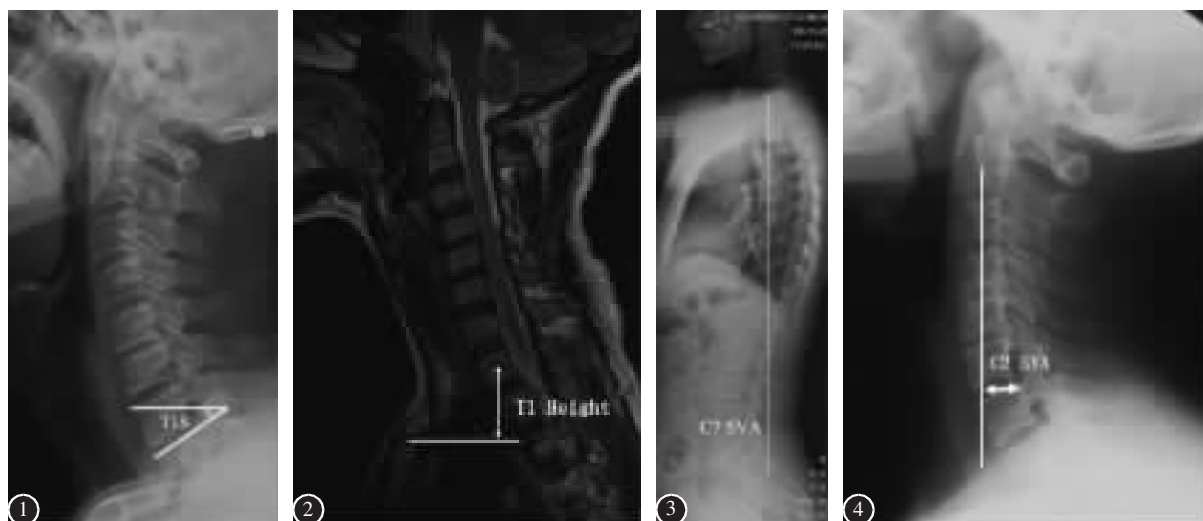


图 1 T1 倾斜角(T1S)测量方法 图 2 T1 height 测量方法 图 3 C7 SVA 测量方法 图 4 C2 SVA 测量方法

ASD要在 T1S 接近 40°前实施矫正手术。

3.2 对颈椎病风险的预测作用

Wei 等^[25]的有限元分析表明,颈椎曲度变直,应力集中于椎间盘、小关节及钩椎关节。根据 Wolff 定律,应力集中于椎体骨皮质,会引起骨皮质破坏-重塑,这是骨赘形成的机制^[26]。也就是说,颈椎曲度变直,其退变会加速。Yang 等^[27]将有颈痛及上肢根性症状的 60 例患者分为高 T1S 组(>25°)及低 T1S 组(<25°),发现低 T1S 组每节颈椎间盘平均退变程度均高于高 T1S 组,低 T1S 组达Ⅲ级以上退变程度的椎间盘比例远高于高 T1S 组,低 T1S 组 C6/7 椎间盘严重退变的风险也高于高 T1S 组。因此,低 T1S 是颈椎病的潜在风险因素,低 T1S 人群罹患颈椎病的风险性更大。

3.3 对颈椎滑脱风险的预测作用

PI 越大,LL 越大,腰椎后方小关节所承受的机械应力越大,小关节退变越快,最终导致腰椎滑脱发生。颈椎滑脱的发生率大约为 5.2%~11%^[28],低于腰椎滑脱,其发病机理与腰椎滑脱相似。Barrey 等^[29]通过比较研究指出腰椎滑脱者的 PI 比正常人大。受此启发,Jun 等^[28]研究颈椎滑脱与 T1S 的关系,发现颈椎滑脱组患者 T1S 值($26.06^{\circ}\pm 7.3^{\circ}$)显著高于对照组($22.32^{\circ}\pm 7.0^{\circ}$)。高 T1S 者颈椎前凸大,重力轴前移产生的滑动力使上位椎体具有相对于下位椎体前移的倾向,同时,这种滑动力可同时使椎间盘发生萎缩、退变等病理生理变化,同一种因素引发的多种作用机制促使高 T1S 者颈椎体向前滑脱。

3.4 对椎管成形术(laminoplasty,LAMP)术后颈椎后凸风险的预测

颈椎后凸是 LAMP 术后常见并发症^[30,31],它与术后症状、神经功能改善密切相关^[32]。Lee 等^[6]的研究发现 T1S>29°组患者 LAMP 术后颈椎后凸发生可能性是 T1S<29°组的 3.5 倍,分析其原因可能是 T1S 越大者头颈部重心靠前或者说颈椎前凸力更大,为维持头颈部平衡及双眼平视状态,颈后肌群及韧带、小关节等结构所承受负荷更大,LAMP 破坏了这些颈后肌群、韧带,高 T1S 患者小关节超负荷及退变较低 T1S 患者更为严重,出现颈椎后凸的风险更高(图 5)。因此,对于 T1S 较大的患者,应优先选择颈椎前路或后路固定手术,尽量避免这种非固定手术后后凸畸形的发生。

4 展望

T1S 目前主要作为颈椎矢状面平衡的预测指标,对它的研究才刚刚开始。随着研究的不断深入,学者们发现它与多个脊柱矢状面参数都有相关性,并有望代替 SVA 反映全脊柱的矢状面平衡。第 1 胸椎作为颈椎与胸椎的连接点,今后的研究应侧重于通过 T1S 找到颈椎与头颅、胸、腰椎以及骨盆更为准确的平衡点,为脊柱疾病发病机制研究及预防、寰枢融合、枕颈融合术前融合角度规划、脊柱畸形截骨矫形个性化方案制定等提供指导,最大可能避免术后脊柱失衡、脊柱退变加速、神经功能损害等情况发生。

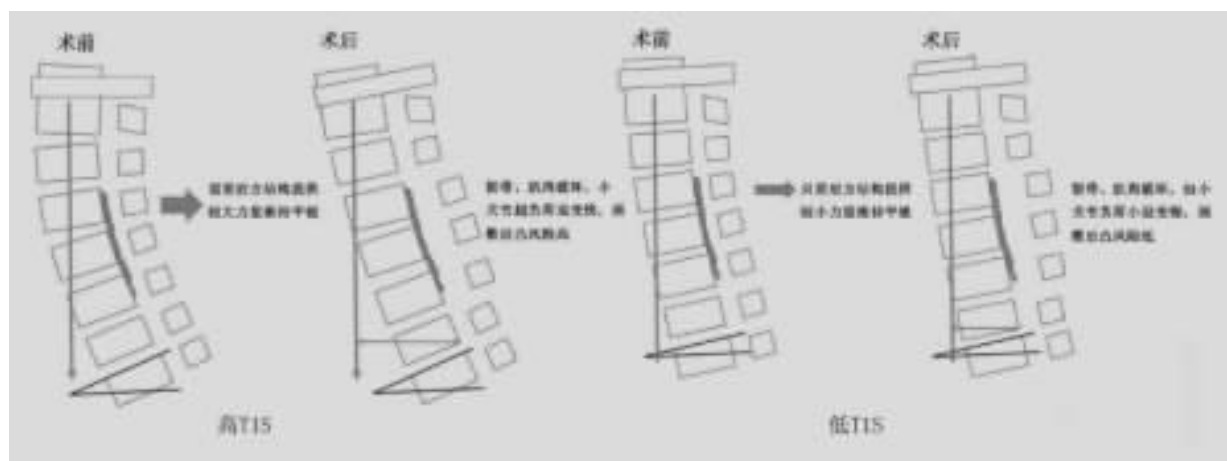


图 5 后纵韧带骨化椎管成形术后颈椎后凸发生示意图^[6]

5 参考文献

- Guo Q, Deng Y, Wang J, et al. Influence of the T1-slope on sagittal alignment of the subaxial cervical spine after posterior atlantoaxial fusion in os odontoideum[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2016, 149: 39-43.
- Park JH, Cho CB, Song JH, et al. T1 slope and cervical sagittal alignment on cervical CT radiographs of asymptomatic persons[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2013, 53(6): 356-359.
- 张奎渤, 詹鸿锐, 于兵, 等. X 线与 CT 影像学测量成人颈椎矢状面参数的差异 [J]. 第三军医大学学报, 2015, 37(19): 1997-2000.
- 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.
- Tamai K, Buser Z, Paholpak P, et al. MRI kinematic analysis

- of T1 sagittal motion between cervical flexion and extension positions in 145 patients[J]. *Eur Spine J*, 2017, [Epub ahead of print].
6. Lee JS, Dong WS, Su HL, et al. The predictable factors of the postoperative kyphotic change of sagittal alignment of the cervical spine after the laminoplasty [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2017, 60(5): 577–583.
 7. Jun HS, Jang IB, Song JH, et al. Is it possible to evaluate the parameters of cervical sagittal alignment on cervical CT scan[J]. *Spine*, 2014, 39(10): 630–636.
 8. Liu W, Fan J, Bai J, et al. Magnetic resonance imaging: a possible alternative to a standing lateral radiograph for evaluating cervical sagittal alignment in patients with cervical disc herniation[J]. *Medicine*, 2017, 96(39): e8194.
 9. 程招军, 彭兵, 范俊超, 等. 脊髓型颈椎病患者颈椎 MRI 与 X 线片矢状位参数的对比分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(7): 591–595.
 10. Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, et al. Relationship between T1 slope and cervical alignment following multilevel posterior cervical fusion surgery: impact of T1 slope minus cervical lordosis[J]. *Spine*, 2016, 41(7): E396.
 11. Staub BN, Lafage R, Han JK, et al. Cervical mismatch: the normative value of T1S–CL and its ability to predict ideal CL[J]. *Spine J*, 2017, 17(10): S47–S48.
 12. 赵文奎, 于森, 韦峰, 等. 无症状成人颈椎矢状位曲度分析及其与全脊柱矢状位参数的关系 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25(3): 231–238.
 13. Zheng GQ, Song K, Zhang YG, et al. Two-level spinal osteotomy for severe thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis: experience with 48 patients[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39(13): 1055–1058.
 14. Yang C, Yang M, Wei X, et al. Lumbar lordosis minus thoracic kyphosis: a novel regional predictor for sagittal balance in elderly populations[J]. *Spine*, 2016, 41(5): 399–403.
 15. Yang M, Yang C, Chen Z, et al. Lumbar lordosis minus thoracic kyphosis: remain constant in adolescent idiopathic scoliosis patients before and after correction surgery [J]. *Spine*, 2015, 41(6): E359.
 16. Yang M, Yang C, Ni H, et al. The Relationship between T1 sagittal angle and sagittal balance: a retrospective study of 119 healthy volunteers[J]. *Plos One*, 2016, 11(8): e0160957.
 17. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(1): 40–47.
 18. Benlidayi IC, Basaran S. Comparative study of lumbosacral alignment in elderly versus young adults: data on patients with low back pain[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2015, 27(3): 297–302.
 19. Yang C, Yang M, Chen Y, et al. Radiographic parameters in adult degenerative scoliosis and different parameters between sagittal balanced and imbalanced ADS patients[J]. *Medicine*, 2015, 94(29): e1198.
 20. Pesenti S, Blondel B, Peltier E, et al. Interest of T1 parameters for sagittal alignment evaluation of adolescent idiopathic scoliosis patients[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(2): 424–429.
 21. Le HJ, Faundez A, Dominguez D, et al. Evidence showing the relationship between sagittal balance and clinical outcomes in surgical treatment of degenerative spinal diseases: a literature review[J]. *Inter Orthop*, 2015, 39(1): 87–95.
 22. Knott PT, Mardjetko SM, Tschy F. The use of the T1 sagittal angle in predicting overall sagittal balance of the spine [J]. *Spine J*, 2010, 10(11): 994–998.
 23. Schwab F, Dubey A, Gamez L, et al. Adult scoliosis: prevalence, SF–36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population[J]. *Spine*, 2005, 30(9): 1082–1085.
 24. Oe S, Yamato Y, Togawa D, et al. Preoperative T1 slope more than 40° as a risk factor of correction loss in patients with adult spinal deformity[J]. *Spine*, 2016, 41(19): E1168.
 25. Wei W, Liao S, Shi S, et al. Straightened cervical lordosis causes stress concentration: a finite element model study[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2013, 36(1): 27–33.
 26. Kumaresan S, Yoganandan N, Pintar FA, et al. Contribution of disc degeneration to osteophyte formation in the cervical spine: a biomechanical investigation[J]. *J Orthop Res*, 2001, 19(5): 977–984.
 27. Yang BS, Lee SK, Song KS, et al. The use of T1 sagittal angle in predicting cervical disc degeneration[J]. *Asian Spine J*, 2015, 9(5): 757–761.
 28. Jun HS, Kim JH, Ahn JH, et al. T1 slope and degenerative cervical spondylolisthesis[J]. *Spine*, 2015, 40(4): 220–226.
 29. Barrey C, Jund JG, Roussouly P. Spinopelvic alignment of patients with degenerative spondylolisthesis[J]. *Neurosurgery*, 2007, 61(5): 981–986.
 30. Dugoni DE, Mancarella C, Landi A, et al. Post laminoplasty cervical kyphosis: case report[J]. *Int J Surg Case Rep*, 2014, 5(11): 853–857.
 31. Ellwitz J, Roberto R, Gupta M, et al. Patient and surgeon factors associated with postoperative kyphosis after laminoplasty[J]. *Evid Based Spine Care J*, 2011, 2(3): 53–54.
 32. 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.

(收稿日期: 2017–12–31 末次修回日期: 2018–03–02)

(本文编辑 卢庆霞)