

颈椎矢状位参数及其在疾病和手术中的应用进展

王志斌 熊伟

【摘要】 颈椎的结构复杂,要传递颅骨的轴向负荷,维持水平凝视以及正常的头和颈部运动,因此颈椎更容易发生退变、损伤和功能障碍。正常的颈椎矢状位序列在维持颈椎的运动和功能中起着关键作用。颈椎矢状位参数是衡量颈椎矢状位序列非常重要的评估指标,包括颈椎曲度、矢状位轴向垂直距离和一系列颈胸交界参数,广泛应用于颈椎疾病和指导手术。

【关键词】 颈椎;矢状位序列;前凸;后凸

颈椎结构复杂,存在较大活动度并且需要支撑头部的重量,这些特性使得颈椎更容易发生退变、损伤及功能障碍^[1]。颈椎矢状位序列不仅影响颈部症状,也用于颈椎疾病以及手术的评估^[2-3]。在过去的20年里,脊柱矢状面平衡一直是人们非常感兴趣的问题,许多研究都集中在胸腰椎和脊柱骨盆的相互作用和平衡上。关于胸腰椎,Roussouly等^[4],Lafage等^[5]和Le Huec等^[6]已经证明骨盆位置影响腰椎前凸和胸椎后凸,骨盆入射角是一个重要的形态学参数。而目前有关颈椎矢状位参数的信息却较少,无法确定其与病人或者无症状人群临床结果的相关性。因为正常人的颈椎序列差异很大^[7],与几乎总是前凸的腰椎不同,颈椎的序列是基于维持水平凝视和补偿胸段脊柱序列的需要而变化的。本文将对现阶段已有的颈椎矢状位参数及其在颈部疾病和手术中的应用进行综述。

一、文献检索策略

本文通过英文检索词“cervical sagittal alignment”、“cervical lordosis”、“cervical kyphosis”、“cervical sagittal vertical axis”、“C₂₋₇ lordosis”、“T₁ slope”,在PubMed数据库进行检索,共检索到文献1 695篇。根据纳入排除标准最终纳入55篇英文文献(图1)。文献纳入标准为:①已正式发表的期刊文献;②文献内容与颈椎矢状位参数、颈部疾病、颈椎手术等密切相关;③文献质量较高;④英文文献。排除标准为:①文献质量较低;②学位论文、会议文献、回复信件等非论著文献;③无法获得全文的文献。

二、颈椎矢状位参数

已经有很多放射学参数用于描述颈椎的矢状位序列^[8],但对于其应用尚未达到共识。常规的颈椎矢状位序列评估(表1)可分为两类。第一类是角度测量。目前已经提出了多种测量颈椎前凸的方法,包括Cobb角法、Harrison后切线法和Jackson生理应线法。因为Cobb角法简单可靠,一直是主

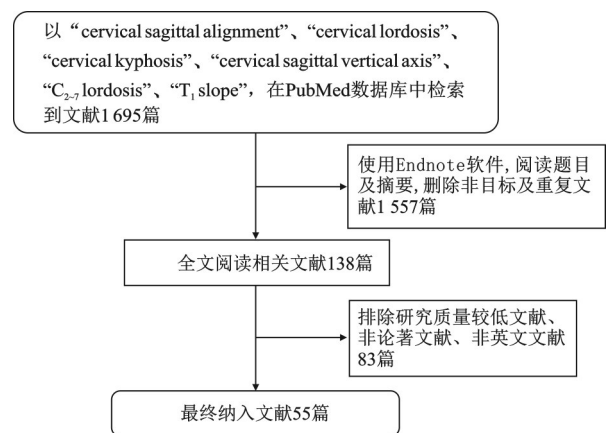


图1 文献筛选流程图

流方法^[9]。大多数研究者将颈椎前凸分为C₀₋₂前凸和C₂₋₇前凸,以评估上颈椎和下颈椎序列。另一类最常用的参数是颈椎矢状位轴向垂直距离(cSVA)。以往研究表明,cSVA与健康相关生活质量评分(HRQOL)有较强的相关性^[3]。其他测量参数还包括胸廓入口角(TIA)、颈部倾斜角(NT)和T₁倾斜角(T₁ Slope)等,这些参数基于的概念是:固定的胸腔入口形状和方向会影响颈椎和颅骨的矢状位平衡,从而获得平衡的直立姿势和水平凝视,类似骨盆参数对于腰椎的影响。颞眉角(CBVA)是第一个用来测量水平视线的参数,最初主要用于强直性脊柱炎,但现在越来越多的研究开始关注颈胸或胸腰椎融合病人水平凝视相关的问题。

三、“正常”颈椎矢状位曲度

许多研究都试图描述“正常”颈椎的形态。与前凸的腰椎和后凸的胸椎比较,颈椎的矢状位曲度有很大的不同,这是因为颈椎需要代偿整体脊柱矢状位平衡和保持水平凝视。Borden等^[10]在1960年发表的论文将正常的颈椎矢状位定义为“前凸”,许多文章也依然强调颈椎前凸的重要性^[11-13]。但是评价颈椎曲度与临床症状相关性研究的结果非常有限。最近的研究证实,高达三分之一的无症状人群存在生理性后凸^[14-15]。Yu等^[16]针对中国人群颈椎序列的研究发现,有症状和无症状人群的矢状位曲度没有显著差异。Jouibari等^[17]的

DOI:10.3969/j.issn.1674-8573.2022.02.019

作者单位:华中科技大学同济医学院附属同济医院骨科,武汉430030

通信作者:熊伟,E-mail:wxiang@tjh.tjmu.edu.cn

表1 常用的颈椎矢状位参数

参数	描述
C ₂₋₇ Cobb角	C ₂ 和C ₇ 下终板平行线的垂线所成的夹角
C ₀₋₂ Cobb角	McGregor线和C ₂ 下终板平行线之间的夹角
C ₂₋₇ SVA	从C ₂ 椎体中心(或齿状突)的一条铅垂线到C ₇ 椎体后上角的垂线间距离
T ₁ Slope	T ₁ 倾斜角是T ₁ 椎体上终板的延长线与水平线之间的夹角
NT	T ₁ 椎体上终板中点与胸骨上缘连线与垂直线的夹角
TIA	T ₁ 椎体上终板中点与胸骨上缘连线和T ₁ 椎体上终板垂线之间的夹角
CBVA	眉弓与下颌中点连接线与铅垂线的夹角

研究发现非特异性颈部疼痛病人和健康对照组的颈椎前凸没有差异。Diebo等^[18]研究也认为颈椎后凸可以代表正常的颈椎矢状位曲度。

另一些研究则得出了不同的结论。McAviney等^[19]指出,颈椎后凸和变直病人出现颈部症状的可能性是正常人的18倍,后凸是颈痛的危险因素。在针对颈椎病人术前的研究中发现较小的颈椎前凸与术前更高的颈椎功能障碍指数(NDI)相关^[2,20]。因此,颈椎后凸不能被用来单独定义颈椎畸形。相应地,颈椎前凸也不一定是“正常”的颈椎曲度。在严重的胸椎后凸或严重脊柱失衡的病人中,较大的颈椎前凸是维持水平凝视的补偿机制^[16]。

四、颈椎矢状位平衡与脊柱整体矢状位平衡

颈椎曲度仅仅是局部序列的测量,颈椎矢状位cSVA将颈椎与整体脊柱矢状位序列联系起来。颈椎矢状位序列取决于脊柱矢状位整体的曲度和颈胸交界处的解剖结构。在许多研究中,颈椎cSVA是确定颈椎矢状位序列的重要参数。Tang等^[3]的研究发现术后cSVA > 40 mm与较差的健康相关生活质量(HRQOL)评分相关。Iyer等^[2]首次评估了术前NDI与颈椎矢状位序列的关系,研究发现大cSVA和低T₁ Slope是术前高NDI的独立预测因子。Lin等^[20]的研究也发现大cSVA、小TIA和大NT与脊髓型颈椎病病人术前的高NDI相关。在一项包括56名受试者的前瞻性研究中,Smith等^[21]发现脊髓型颈椎病的严重程度与术前更大的cSVA相关。Mohanty等^[22]的研究发现,颈椎后凸队列中术前较大的cSVA与脊髓型颈椎病的严重程度相关,而在颈椎前凸队列未发现相关性,这提示了颈椎手术中对矢状位的失衡进行矫形是有临床意义的。

更为全面的颈椎测量还应该包括TIA、NT和T₁ Slope的概念,这些颈胸交界的参数都与颈椎矢状位序列有关^[23]。其中,T₁ Slope被认为是最重要的颈胸交界参数。多项研究均证实,T₁ Slope和C₂₋₇ Cobb角之间存在平衡,当T₁ Slope增加时,C₂₋₇ Cobb会有代偿性增加,以维持水平凝视^[2,24-25]。Jouibari等^[17]比较了颈部疼痛病人和健康对照组的颈椎矢状面参数,他们发现颈部疼痛组的T₁ Slope明显低于健康对照组,而两组之间的颈椎前凸角度无差异。Knott等^[26]研究了多个矢状位和冠状面参数,试图识别可能影响脊柱整体矢状面平衡的参数。他们的研究发现T₁ Slope是cSVA的最强预测指标,并提出当T₁ Slope不在13°~25°的范围内时,有必要进行

全脊柱X线检查来完善评估整体脊柱矢状位平衡。Kim等^[27]发现在接受椎板成形术的病人中,术前T₁ Slope较大的群体在术后两年随访时更可能出现颈椎后凸的改变。这进一步强调了T₁ Slope在颈椎矢状位平衡和手术中的重要性。

五、颈椎畸形与脊髓型颈椎病

脊髓型颈椎病是55岁以上病人脊髓功能障碍最常见的原因^[28]。既往脊髓型颈椎病的病因被认为是椎间盘退行性改变、椎间盘突出、椎体后缘骨赘形成,韧带和关节突肥大导致椎管狭窄,最终压迫脊髓^[29]。然而现在有证据表明颈椎矢状位异常,包括前凸消失或进行性的颈椎后凸,也可能导致脊髓损伤并出现临床症状^[30]。

由于颈部脊髓的位置相对固定,颈椎后凸导致椎体压迫脊髓前部的皮质脊髓束,并增加脊髓纵向张力,提高髓内压^[1]。随着后凸的进展,脊髓受压越来越严重,进一步导致神经细胞死亡和脱髓鞘改变。Shimizu等^[31]的动物模型证实了这一观点,他们发现脊髓受压与后凸的程度有显著相关性,增加颈椎矢状位后凸会导致椎管内压力增大和脊髓受压,从而进一步导致髓内压增加,而后凸顶点处的脊髓受压最为严重。髓内压升高最终会造成脊髓缺血、脱髓鞘、神经凋亡及损伤^[31]。Smith等^[21]研究了56例颈椎后凸病人,发现脊髓体积和横截面积与改良日本骨科学会(mJOA)评分呈中度负相关。另一项研究发现在颈椎屈伸过程中可以观察到颈椎矢状位失衡病人的电生理异常和磁共振成像上出现明显的脊髓受压^[32]。因此,颈椎的矢状位失衡在颈椎病的发展过程中扮演了重要的角色。

六、颈椎矢状位平衡与手术

(一)椎板成形术与颈椎矢状位平衡

椎板成形术是治疗脊髓型颈椎病的标准手术方法,在长期随访中具有良好的手术效果^[33]。颈椎矢状位参数与椎板成形术预后的相关性一直是颈椎文献中的重要话题,因为椎板成形术的减压效果主要取决于脊髓的后方漂移,既往的多项研究均证实术前的颈椎矢状位序列对椎板成形术预后存在影响。Shamji等^[34]发现,与颈椎前凸病人相比,术前颈椎后凸病人的mJOA评分恢复较差。Suda等^[35]的研究发现术前颈椎局部后凸是影响椎板成形术后效果的重要因素,并提出当局部后凸 > 13°时应额外行前路减压或矫形手术。Miyamoto等^[36]的研究支持这些观点,他们发现术前颈椎后凸病人单独行椎板成形术而不矫正后凸的神经症状恢复更差。

由于颈椎椎板成形术对于颈椎后方肌肉韧带以及后柱结构的损伤,术后存在颈椎前凸丢失的风险。Sakai等^[37]的研究发现术前颈椎矢状位失衡,头部重心(CG_H)-C₇ SVA > 42 mm是椎板成形术后后凸进展的重要预测指标。Kim等^[27]的研究认为术前较大的T₁ Slope与术后的后凸进展有关。然而Cho等^[38]的研究并未发现术前T₁ Slope与术后前凸的丢失或手术效果相关。

目前尚无明确证据证明椎板成形术后的后凸进展与较差的预后相关。Lee等^[39]的研究发现50例后纵韧带骨化的病人中有70%在椎板成形术后出现了后凸,而后凸的出现并不影响手术效果。Chiba等^[40]对80例接受颈椎椎板成形术的病人进行了长达14年的随访,发现只有52%的病人在术后末次随访时保持了颈椎前凸,术后发生的矢状位序列变化与更差的预后无明显相关,但是术前即有颈椎后凸的病人手术效果较差。

(二)颈椎前路减压融合术与颈椎矢状位平衡

颈椎前路手术可以实现多节段椎间盘切除和(或)椎体次全切,并且可以达到撑开椎间高度、矫正前凸的效果。据研究,单节段椎体次全切可矫正颈椎曲度-1°~5°,双节段椎间盘切除可矫正颈椎曲度1.6°~8°^[41-42]。Villavicencio等^[43]研究了122例行颈椎前路椎间盘切除减压融合术(ACDF)的病人,平均随访时间为37.5个月,他们发现术后节段前凸增加与临床结果改善程度相关。Vavrouch等^[44]的研究认为重建椎间高度和颈椎前凸与ACDF术后的临床结果无关。Lee等^[45]的研究认为,单节段前路融合手术(ACF)并未导致颈椎活动度(ROM)的减少,多节段ACF平均每个融合节段会降低7.8°颈椎ROM。邻近节段退变与融合节段数无关,并且HRQOLs评分不受融合节段数、ROM或SVA的影响。Lan等^[46]的研究发现双节段ACDF术后颈椎矢状参数的变化与生活质量相关,较大的T₁倾斜角-颈椎前凸(T₁S-CL)不匹配可能会导致术后较高的NDI。Lau等^[47]的研究并未发现颈椎cSVA、CL和T₁ Slope与ACDF术后预后相关,他们认为对于颈椎矢状位参数相对正常的病人,不需要术中矫正颈椎前凸。Kim等^[48]的研究同样支持这个观点,他们发现ACDF术后节段性前凸的恢复与整体颈椎前凸和cSVA的改善有关,但是矢状面序列的改善与预后无关。他们认为相较于术中矫正矢状位序列而言,充分的减压和坚强的融合才是颈椎前路减压融合术获得良好手术效果的基础。

最新数据显示ACDF病人中邻椎病的患病率为9%~17%^[49]。Katsuura等^[50]研究发现ACDF术后后凸是邻近节段退变的重要危险因素,77%后凸病人出现邻近节段退变。Oda等^[51]的动物实验也提示脊柱后凸融合比原位融合会对后柱造成更大的负荷。因此,尽管既往研究关于颈椎曲度的最佳矫正量尚有争议,但是矫正后凸,恢复适度前凸已经成为普遍接受的原则。

(三)水平凝视与脊柱畸形手术

维持矢状面上的水平视线被认为是颈椎矢状面序列的主要驱动因素之一,而保持水平注视的能力是脊柱畸形手术

的关键目标,目前使用最广泛的评估水平凝视的参数是CBVA。然而正常CBVA的范围尚未有统一定义,Scheer等^[1]认为10°的CBVA为一个最佳的目标。Song等^[52]的研究发现,当CBVA维持在10°~20°时,强直性胸腰椎后凸合并颈椎强直病人的满意度最高。而Suk等^[53]报道了CBVA的过度矫正有负面影响,他注意到7例CBVA < -10°的病人水平凝视相关评分明显较低。

虽然有学者报道了颈胸畸形矫正后CBVA的矫正和水平凝视的改善^[54],但CBVA的矫正与病人预后相关的直接证据有限。Lafage等^[55]的研究发现,在他们的303例未接受手术的病人中,CBVA与Oswestry功能障碍指数(ODI)相关。Diebo等^[18]的一项研究调查了无症状病人的各种矢状位参数与水平凝视之间的关系,发现29%的病人在颈椎后凸时仍能保持水平凝视,这更说明颈椎后凸不能单独定义颈椎畸形,而应该考虑颈椎与整个脊柱矢状面序列的关系。

七、小结

颈椎结构复杂,其外科治疗仍然是一个重大的挑战。颈椎矢状位平衡无疑是颈椎疾病以及颈椎手术中必须考虑的重要概念。然而,就目前情况而言,我们对颈椎矢状位参数的理解依然不充分,我们尚无法定义“正常”的颈椎矢状位序列。相对于无颈椎矢状位失衡的病人而言,术前存在矢状位失衡的病人术后效果更差,但是我们仍不清楚在术中对于矢状位失衡的最佳矫正量。因此我们需要更好地理解颈椎局部与整体脊柱矢状位平衡的关系,为病人制定个性化的手术矫正目标。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] Iyer S, Nemani VM, Nguyen J, et al. Impact of cervical sagittal alignment parameters on neck disability [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(5): 371-377.
- [3] Tang JA, Scheer JK, Smith JS, et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery [J]. *Neurosurgery*, 2015, 76 Suppl 1: S14-S21.
- [4] Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(3): 346-353.
- [5] Lafage V, Schwab F, Skalli W, et al. Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(14): 1572-1578.
- [6] Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, et al. Pelvic parameters: origin and significance [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20 Suppl 5(Suppl 5): 564-571.
- [7] Kuntz C 4th, Levin LS, Ondra SL, et al. Neutral upright sagittal spinal alignment from the occiput to the pelvis in asymptomatic adults: a review and resynthesis of the literature [J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 6(2): 104-112.
- [8] 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.

- [9] 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 (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(16): 2072-2078.
- [10] Borden AG, Rechtman AM, Gershon-Cohen J. The normal cervical lordosis [J]. *Radiology*, 1960, 74: 806-809.
- [11] Harrison DD, Janik TJ, Troyanovich SJ, et al. Comparisons of lordotic cervical spine curvatures to a theoretical ideal model of the static sagittal cervical spine [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1996, 21(6): 667-675.
- [12] Harrison DD, Harrison DE, Janik TJ, et al. Modeling of the sagittal cervical spine as a method to discriminate hypolordosis: results of elliptical and circular modeling in 72 asymptomatic subjects, 52 acute neck pain subjects, and 70 chronic neck pain subjects [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29(22): 2485-2492.
- [13] Been E, Shefi S, Soudack M. Cervical lordosis: the effect of age and gender [J]. *Spine J*, 2017, 17(6): 880-888.
- [14] 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.
- [15] Le Huec JC, Demezon H, Aunoble S. 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.
- [16] Yu M, Zhao WK, Li M, et al. Analysis of cervical and global spine alignment under Roussouly sagittal classification in Chinese cervical spondylotic patients and asymptomatic subjects [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(6): 1265-1273.
- [17] Jouibari MF, Le Huec JC, Ranjbar Hameghavandi MH, et al. Comparison of cervical sagittal parameters among patients with neck pain and healthy controls: a comparative cross-sectional study [J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(10): 2319-2324.
- [18] Diebo BG, Challier V, Henry JK, et al. Predicting Cervical alignment required to maintain horizontal gaze based on global spinal alignment [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(23): 1795-1800.
- [19] McAviney J, Schulz D, Bock R, et al. Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2005, 28(3): 187-193.
- [20] Lin T, Chen P, Wang Z, et al. Does cervical sagittal balance affect the preoperative neck disability index in patients with cervical myelopathy? [J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(1): E21-E25.
- [21] 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-S170.
- [22] Mohanty C, Massicotte EM, Fehlings MG, et al. Association of preoperative cervical spine alignment with spinal cord magnetic resonance imaging hyperintensity and myelopathy severity: analysis of a series of 124 cases [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40(1): 11-16.
- [23] 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): E41-E47.
- [24] Virk S, Lafage R, Elysee J, et al. The 3 sagittal morphotypes that define the normal cervical spine: a systematic review of the literature and an analysis of asymptomatic volunteers [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2020, 102(19): e109.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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-E997.
- [28] Klineberg E. Cervical spondylotic myelopathy: a review of the evidence [J]. *Orthop Clin North Am*, 2010, 41(2): 193-202.
- [29] Iyer A, Azad TD, Tharin S. Cervical spondylotic myelopathy [J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29(10): 408-414.
- [30] Wu B, Liu B, Sang D, et al. The association between cervical focal kyphosis and myelopathy severity in patients with cervical spondylotic myelopathy before surgery [J]. *Eur Spine J*, 2021, 30(6): 1501-1508.
- [31] Shimizu K, Nakamura M, Nishikawa Y, et al. Spinal kyphosis causes demyelination and neuronal loss in the spinal cord: a new model of kyphotic deformity using juvenile Japanese small game fowls [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(21): 2388-2392.
- [32] Zhang L, Zeitoun D, Rangel A, et al. Preoperative evaluation of the cervical spondylotic myelopathy with flexion-extension magnetic resonance imaging: about a prospective study of fifty patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36(17): E1134-E1139.
- [33] Ratliff JK, Cooper PR. Cervical laminoplasty: a critical review [J]. *J Neurosurg*, 2003, 98(3 Suppl): 230-238.
- [34] Shamji MF, Mohanty C, Massicotte EM, et al. The association of cervical spine alignment with neurologic recovery in a prospective cohort of patients with surgical myelopathy: analysis of a series of 124 cases [J]. *World Neurosurg*, 2016, 86: 112-119.
- [35] Suda K, Abumi K, Ito M, et al. Local kyphosis reduces surgical outcomes of expansive open-door laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(12): 1258-1262.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] Cho JH, Ha JK, Kim DG, et al. Does preoperative T1 slope affect radiological and functional outcomes after cervical laminoplasty? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39(26): E1575-E1581.
- [39] Lee CK, Shin DA, Yi S, et al. Correlation between cervical spine sagittal alignment and clinical outcome after cervical laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament [J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 24(1): 100-107.
- [40] Chiba K, Ogawa Y, Ishii K, et al. Long-term results of expansive open-door laminoplasty for cervical myelopathy—average 14-year follow-up study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(26): 2998-3005.
- [41] Oh MC, Zhang HY, Park JY, et al. Two-level anterior cervical discectomy versus one-level corpectomy in cervical spondylotic

- myelopathy[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(7): 692-696.
- [42] Lin Q, Zhou X, Wang X, et al. A comparison of anterior cervical discectomy and corpectomy in patients with multilevel cervical spondylotic myelopathy[J]. Eur Spine J, 2012, 21(3): 474-481.
- [43] Villavicencio AT, Babuska JM, Ashton A, et al. Prospective, randomized, double-blind clinical study evaluating the correlation of clinical outcomes and cervical sagittal alignment[J]. Neurosurgery, 2011, 68(5): 1309-1316.
- [44] Vavruch L, Hedlund R, Javid D, et al. A prospective randomized comparison between the cloward procedure and a carbon fiber cage in the cervical spine: a clinical and radiologic study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(16): 1694-1701.
- [45] Lee SH, Lee JC, Tauchi R, et al. Influence of the number of cervical fusion levels on cervical spine motion and health-related quality of life[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(8): E474- E480.
- [46] Lan Z, Huang Y, Xu W. Relationship between T1 slope minus C2-7 lordosis and cervical alignment parameters after adjacent 2-level anterior cervical discectomy and fusion of lower cervical spine[J]. World Neurosurg, 2019, 122: e1195-e1201.
- [47] Lau D, DiGiorgio AM, Chan AK, et al. Applicability of cervical sagittal vertical axis, cervical lordosis, and T1 slope on pain and disability outcomes after anterior cervical discectomy and fusion in patients without deformity[J]. J Neurosurg Spine, 2019: 1-8.
- [48] Kim Han Jo, Choi Byung-Wan, Park Jeaseok, et al. Anterior cervical discectomy and fusion can restore cervical sagittal alignment in degenerative cervical disease[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2019, 29(4): 767-774.
- [49] Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? [J]. Spine J, 2004, 4(6 Suppl): 190S-194S.
- [50] Katsuura A, Hukuda S, Saruhashi Y, et al. Kyphotic malalignment after anterior cervical fusion is one of the factors promoting the degenerative process in adjacent intervertebral levels [J]. Eur Spine J, 2001, 10(4): 320-324.
- [51] Oda I, Cunningham BW, Buckley RA, et al. Does spinal kyphotic deformity influence the biomechanical characteristics of the adjacent motion segments? An in vivo animal model [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24(20): 2139-2146.
- [52] Song K, Su X, Zhang Y, et al. Optimal chin-brow vertical angle for sagittal visual fields in ankylosing spondylitis kyphosis [J]. Eur Spine J, 2016, 25(8): 2596-2604.
- [53] Suk KS, Kim KT, Lee SH, et al. Significance of chin-brow vertical angle in correction of kyphotic deformity of ankylosing spondylitis patients[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(17): 2001-2005.
- [54] Etame AB, Wang AC, Than KD, et al. Outcomes after surgery for cervical spine deformity: review of the literature [J]. Neurosurg Focus, 2010, 28(3): E14.
- [55] Lafage R, Challier V, Liabaud B, et al. Natural head posture in the setting of sagittal spinal deformity: validation of chin-brow vertical angle, slope of line of sight, and mcgregor's slope with health-related quality of life[J]. Neurosurgery, 2016, 79(1): 108-115.

(收稿日期: 2021-11-10)

(本文编辑: 龚哲妮)

引用格式

王志斌, 熊伟. 颈椎矢状位参数及其在疾病和手术中的应用进展[J]. 骨科, 2022, 13(2): 188-192. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.02.019.