

寰枢椎后路融合术后下颈椎曲度及退变影响因素的研究进展

The influence factors of subaxial malalignment and degeneration after posterior atlantoaxial fusion

黄季晨^{1,2}, 钱邦平², 邱勇²

(1 东南大学医学院 210009 南京市; 2 南京大学医学院附属鼓楼医院骨科 210008 南京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.06.10

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-06-0545-04

寰枢椎不稳或脱位常由创伤、炎症(感染性如骨关节炎、自身免疫性如类风湿关节炎)、肿瘤、先天性畸形等引起^[1-10]。寰枢椎后路融合术是治疗寰枢椎不稳或脱位的主要、有效的手术方式^[1-6]。随着经寰枢关节螺钉(Magerl 技术)联合钛缆线圈捆扎内固定技术、C1 侧块(或 C1 椎弓根)C2 椎弓根螺钉内固定技术(Goel-Harms 技术)等的应用,寰枢椎后路融合术取得了更好的临床效果和更高的植骨融合率^[11]。但部分患者寰枢椎融合术后出现了下颈椎生理曲度变直^[12]、后凸畸形^[11,13,14]、鹅颈畸形^[15],甚至半脱位^[16]。这种下颈椎曲度的异常改变可能与寰枢椎融合角度、病因、内固定技术甚至年龄有关。现将寰枢椎后路融合术后下颈椎曲度及退变的影响因素综述如下。

1 影像学测量参数及方法

反映颈椎矢状序列曲度的常用参数有 Oc-C2 (枕颈角)、C1-C2、C2-C7 角度。诸多研究^[4,17-20]均用 McGregor 线(硬膜后上缘与枕鳞皮质外缘最低点连线)与枢椎下终板线的夹角来描述 Oc-C2 枕颈角(图 1),亦有研究^[13]用 McRae 线(枕骨大孔前后缘连线)与枢椎下终板线的夹角来描述枕颈角;C1-C2 角^[11,17,18,20,21]反映颈椎侧位片上寰枢椎矢状序列成角,即寰枢椎前后弓下缘连线与枢椎下终板线的夹角(图 1),亦有部分研究^[13,22]用寰枢椎前后弓中点连线与枢椎下终板线夹角来描述 C1-C2 角;C2-C7 角即下颈椎矢状序列成角,多数研究^[4,17-20]采用枢椎(C2)与隆椎(C7)下终板线垂线的夹角(Cobb 角测量法)来表示(图 2),亦有研究^[23]采用枢椎与隆椎后缘切线的夹角(Jackson 生物应力线法)来表示(图 3)。Kuntz 等^[23]通过文献分析得出健康成年人颈椎矢状中立位时 Oc-C2(McGregor 法)、C1-C2 及 C2-C7 (Jackson 生物应力线法)角度的平均值分别为 $14^{\circ} \pm 7^{\circ}$ 、 $29^{\circ} \pm 7^{\circ}$ 及 $17^{\circ} \pm 14^{\circ}$ 。

2 寰枢椎后路融合角度对下颈椎曲度的影响

第一作者简介:男(1992-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科
电话:(025)83651168 E-mail:1269850967@qq.com
通讯作者:钱邦平 E-mail:qianbangping@163.com

许多研究^[17,18,24]表明,健康人枕颈角 Oc-C2 与下颈椎矢状序列成角 C2-C7 间、寰枢椎矢状序列成角 C1-C2 与 C2-C7 间均存在负相关。王圣林等^[20]研究发现在寰枢关节不稳或脱位患者中,Oc-C2 角与 C2-C7 角间、C1-C2 角与 C2-C7 角间亦有负相关性。有研究^[11,13,22]表明,在寰枢椎后路融合术后,C1-C2 角与 C2-C7 角间存在负相关;亦有研究^[4,19]表明,接受了寰枢椎后路融合术或枕颈融合术的患者,术后 Oc-C2 角与 C2-C7 角呈负相关。这些研究均表明,上颈椎前凸增大会导致下颈椎代偿性前凸减小,而上颈椎前凸减小则会导致下颈椎代偿性前凸增大,进而保持头部中立位和良好的平视能力。诸多研究显示^[13,22,25],C1-C2 角术前、术后随访的变化值与 C2-C7 角术前、术后随访变化值之间也存在线性负相关。这显示,上颈椎曲度纠正的幅度越大,下颈椎曲度向相反方向的变化也越大。

对于 Oc-C2 角、C1-C2 角与 C2-C7 角之间的关联性,有学者认为 C1-C2 角与 C2-C7 角之间的关联性要强于 Oc-C2 角与 C2-C7 角之间的关联性^[14,18],故 C1-C2 角度是决定寰枢椎后路融合术后下颈椎曲度的关键;但也有学者^[17,24]认为 Oc-C2 角度与 C2-C7 角度关联性更强。

关于最佳 C1-C2 融合角度仍有争议,一些研究者^[15,21]指出 C1-C2 的最佳固定融合角度应为 20° ,Toyama 等^[15]发现融合角度超过 30° 者都会有下颈椎代偿性改变。而 Takeuchi 等^[20]研究表明,C1-C2 固定融合于 20° 最易导致术后 C2/3 融合,进而加速 C3/4 退化,在 Takeuchi 的一组 31 例患者中,C1-C2 融合角度 $>25^{\circ}$ 者有 29% 术后出现了 C2/3 融合,而 $<25^{\circ}$ 者有 82% 出现了 C2/3 融合,再结合之前 Toyama 等^[15]的研究,他们认为 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 是最佳融合角度。Kato 等^[21]研究了 28 例因类风湿关节炎造成寰枢椎半脱位而行寰枢椎后路融合术的患者,将患者根据术前 C1-C2 角度分为两组:一组 $<20^{\circ}$,另一组 $\geq 20^{\circ}$,结果发现, $<20^{\circ}$ 组术后下颈椎前凸显著减小,而 $\geq 20^{\circ}$ 组术后下颈椎前凸改变不显著。Kato 等^[21]认为对于术前 C1-C2 角度在 $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 之间的患者,最佳固定角度应为 20° ;对于 $<0^{\circ}$ 的患者,建议融合角度为 $[20^{\circ} - \text{术前 C1-C2 角度(绝对值)}]$;而对 $\geq 20^{\circ}$ 的患者,融合角度保持为术前 C1-C2 角度即可。王健等^[25]研究



图 1 Oc-C2 和 C1-C2 角度测量方法 a 线:硬腭后上缘与枕鳞皮质外缘最低点连线,即 McGregor 线;b 线:寰椎前、后弓下缘连线;c 线:枢椎(C2)下终板线;d 线:隆椎(C7)下终板线 图 2 Cobb 角测量法:枢椎下终板线的垂线与隆椎下终板线的垂线夹角 图 3 Jackson 生物应力线法:C2 椎体后缘切线与 C7 椎体后缘切线的夹角

发现,C1-C2 固定融合 $\geq 20^\circ$ 者,术后随访 C1-C2 角度与 C2-C7 角度间呈显著线性负相关;而 $< 20^\circ$ 者,则无显著负相关,故建议 C1-C2 融合角度应在 20° 以内。而倪斌和郭群峰等^[18]研究表明,健康成年人 C1-C2 角度男性 $26.4^\circ \pm 4.6^\circ$,女性 $28.2^\circ \pm 4^\circ$,所以为了恢复颈椎生理曲度,最佳融合角度应为 $25^\circ \sim 30^\circ$ 。也有学者^[12]认为因为颈椎生理曲度因人而异,所以最佳 C1-C2 融合角度应该个体化考虑,并且要同时考虑术前 C1-C2 角度与 C2-C7 角度。对于寰枢椎后路融合术后 Oc-C2 角度的确定,Passias 等^[19]研究发现,Oc-C2 前凸角度减少(甚至后凸),下颈椎序列会变得更为前凸;而 Oc-C2 前凸角度增加,下颈椎序列前凸会减少。这些关系证实,Oc-C2 生理性前凸的重构,会改善下颈椎曲度。该研究建议,Oc-C2 角度应被纠正到大约 15° ,即健康人颈椎中立位 Oc-C2 的平均角度。

3 寰枢椎后路融合角度对下颈椎退变的影响

许多研究^[14,20,27,28]表明,颈椎生理矢状序列的改变会导致颈椎节段退化。Miyazaki 等^[27]研究表明,颈椎矢状序列的改变会影响颈椎动力学和每个颈椎功能运动单位对脊柱总的角方向运动的贡献,因此,这会导致为颈椎整体运动承担主要负荷的运动单位的改变,并加速其退化。下颈椎的过度前凸(C2-C7 角度 $> 45^\circ$)将导致处于前凸顶点的 C4/5、C5/6 节段椎间活动加大,加速椎间关节退变进程。王圣林等^[20]研究表明,寰枢关节脱位导致的上颈椎曲度异常将间接作用于下颈椎,进而加速椎间关节的退行变。亦有研究^[14]发现,术中使 Oc-C2 固定于过度前凸位,进而使下颈椎前凸不足,会导致下颈椎椎间盘退行性病变。Katsuura 等^[28]报告接受颈椎前路椎间盘切除和融合术后患者生理性颈椎前凸的丧失会导致邻近颈椎节段的退化。另外诸多研究^[29-31]证实,颈椎活动度和椎间盘内压的增加,会导致椎间盘营养相对不足,进而加速椎间盘退变,进一步导致下颈椎曲度异常。最近有体外研究^[32]发现,C1-C2 固定融合于过伸位(大于中立位 10°)后,尤其在低头颈部屈曲运动时,C2/3、C4/5 椎间盘内压较术前显著增高。当 C1-C2 固定于高度前凸位时,会加大术后下颈椎屈曲活动度;而当固定于相对后凸位(相对于中立位时 C1-C2 前凸曲度)

时,则会加大术后下颈椎伸展活动度。所以为了尽可能降低术后下颈椎椎间盘内压、减少活动度、维持生理曲度,该研究建议,C1-C2 应融合于生理前凸角度,甚至相对更小的前凸角度,而非过度前凸位。

4 病因、年龄以及内固定技术对寰枢椎后路融合术后下颈椎曲度的影响

Mukai 等^[14]研究了 28 例接受 C1-C2 经寰枢关节间隙螺钉内固定技术(Magerl 技术)治疗类风湿关节炎寰枢关节半脱位的患者,其中有 7 例患者 C1-C2 固定的前凸角度比术前 C1-C2 角度小,但这些患者中仍有 2 例出现了术后下颈椎前凸变小现象。这提示,除了 C1-C2 固定角度外,还有其他因素对术后下颈椎序列产生影响。Yoshimoto 等^[13]研究了类风湿关节炎、外伤、游离齿状突小骨所致寰枢椎不稳的患者,寰枢椎融合术后下颈椎曲度的变化,未发现术后 C2-C7 角度改变在不同病因间有显著性差异。Kang 等^[33]研究了 29 例接受寰枢椎融合术的患者,包括 14 例寰枢椎骨关节炎、4 例类风湿关节炎、11 例外伤患者。该研究发现,寰枢椎骨关节炎和外伤组的患者术后下颈椎曲度均未发生显著改变,且组间无显著性差异;而类风湿关节炎组术后下颈椎前凸曲度显著减小($-20.5^\circ \sim -0.2^\circ$, $P=0.04$),Kang 等^[33]推测这可能是由于类风湿关节炎疾病本身对下颈椎术后曲度产生了影响,而非风湿性因素(寰枢椎骨关节炎、外伤)则不会直接造成下颈椎后凸。有研究^[14]发现,类风湿关节炎所致的韧带薄弱、肌肉剥离会加速下颈椎损伤,进而引起下颈椎后凸畸形,且寰枢椎融合术后最明显的后凸或下颈椎半脱位发生在 C4/5 或 C3/4。Yoshida 等^[11]亦认为,在类风湿关节炎患者中,下颈椎损伤(后凸)不仅是上颈椎融合术本身所致的结果,同时也是由于疾病的自然进程。

有研究^[19]发现,年龄是寰枢椎融合术后下颈椎序列曲度改变的重要的独立影响因素,年龄与下颈椎曲度 C2-C7 角度术后的改变呈负相关,这可能是由于年轻人的脊柱更加灵活,使下颈椎能够更好地代偿上颈椎的改变,从而保证颈椎局部的平衡。

内固定技术对寰枢椎融合术后下颈椎曲度也有影

响,有研究^[1,22]表明,经寰枢关节间隙螺钉(Magerl 技术)联合钛缆线圈捆扎内固定技术比 C1 侧块 C2 椎弓根螺钉内固定技术(Goel-Harms 技术)更易使寰枢椎固定融合于过度前凸位,进而造成术后下颈椎后凸畸形。这可能是因为 Magerl 技术中,固定角度很大程度上取决于术前颈部位置^[13],并且用于辅助 Magerl 技术的钛缆线圈捆扎技术,主要通过收紧钛缆来加大植骨块与寰枢椎椎板间的压力,从而保证更好的生物力学稳定性,这就易使 C1-C2 关节固定于过度前凸位^[34]。

5 寰枢椎后路融合术后下颈椎曲度改变对临床结局的影响

正如前文所述,寰枢椎融合角度、病因、患者年龄、内固定技术等都会对寰枢椎融合术后下颈椎曲度及退变造成影响。除此之外,有研究^[4,14,35-37]表明,寰枢椎融合术后下颈椎曲度的改变与术后临床结局有一定关系。Abumi 等^[35]以及 Clarke 等^[36]研究表明,类风湿关节炎患者 C1-C2 融合术后下颈椎后凸或节段不稳可继发脊髓病,进而需要再次手术。Passias 等^[4]研究亦表明,寰枢椎融合术后出现下颈椎后凸的患者,更可能出现不佳的临床结局,除此之外,下颈椎椎间盘退行性病变的发生率也更高。Mukai 等^[14]研究显示,下颈椎曲度的改变是 C1-C2 融合术后神经损伤的原因之一,该研究发现不伴下颈椎半脱位的颈椎序列改变本身不会造成神经症状加重,但发生下颈椎半脱位后而引起的压迫性脊髓病会造成术后神经症状恶化。然而有研究发现,即使不伴半脱位,下颈椎术后的后凸畸形也可能造成不同程度的颈部疼痛或四肢感觉障碍等神经症状^[37]。

6 寰枢椎后路融合术后下颈椎曲度异常、退变加速的预防及处理策略

术前充分考虑到患者年龄、病因等因素,从而确定合适的寰枢椎融合角度,选择恰当的内固定技术,无论对于避免术后下颈椎曲度异常、退变加速,还是改善临床结局都是十分重要的。对于术中 C1-C2 合适固定角度的确定,目前还有争议,然而诸多研究表明将 C1-C2 固定融合于过度前凸位($>30^\circ$),会导致下颈椎呈后凸^[11,13,15],所以不要大幅纠正 C1-C2 局部的曲度异常,至少 C1-C2 不能固定于过度前凸位^[13],并且术中 X 线透视机的运用是必不可少的^[13,25]。有研究^[38]表明,结构性椎间融合器的应用对于维持合适颈椎曲度、预防寰枢关节固定于过度前凸位方面有效。该研究发现,未应用椎间融合器时,术后平均寰枢椎融合角度为 $27.4^\circ \pm 7.8^\circ$,而应用后为 $22.1^\circ \pm 5.5^\circ$ 。Sherekar 等^[24]研究建议,术前行颅骨牵引,择期床边摄片,直至 X 线片显示寰枢椎已完全复位或接近复位时方可进行后路固定融合术,这样有助于在术中将寰枢关节固定在一个合适的角度。就对术后下颈椎曲度的影响而言,C1 侧块(或 C1 椎弓根)C2 椎弓根螺钉内固定技术(Goel-Harms 技术)比经寰枢关节螺钉技术(Magerl 技术)联合钛缆线圈捆扎技术更

有优势,因为后者更易使寰枢椎融合于过度前凸位。此外,由于术后下颈椎曲度亦受到病因、年龄的影响,所以在确定合适的融合角度时,要充分考虑到患者的个体化差异。

7 参考文献

- Huang DG, Hao DJ, He BR, et al. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques[J]. Spine J, 2015, 15(10): 2271-2281.
- Kim JY, Oh CH, Yoon SH, et al. Comparison of outcomes after atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2014, 55(5): 255-260.
- Ohya J, Chikuda H, Kato S, et al. Risks of in-hospital death and complications after fusion surgery in patients with atlantoaxial subluxation: analysis of 1090 patients using the Japanese Diagnosis Procedure Combination database[J]. World Neurosurg, 2015, 83(4): 603-607.
- Passias PG, Wang SL, Kozanek M, et al. Relationship between the alignment of the occipitoaxial and subaxial cervical spine in patients with congenital atlantoaxial dislocations[J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 26(1): 15-21.
- Guo X, Ni B, Xie N, et al. Bilateral C1-C2 transarticular screw and C1 laminar hook fixation and bone graft fusion for reducible atlantoaxial dislocation: a seven-year analysis of outcome[J]. PLoS One, 2014, 9(1): e87676.
- Ni B, Zhou FJ, Guo QF, et al. Modified technique for C1-2 screw-rod fixation and fusion using autogenous bicortical iliac crest graft[J]. Eur Spine J, 2012, 21(1): 156-164.
- Gautschi OP, Payer M, Corniola MV, et al. Clinically relevant complications related to posterior atlanto-axial fixation in atlanto-axial instability and their management [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2014, 123: 131-135.
- Melcher RP, Puttlitz CM, Kleinstueck FS, et al. Biomechanical testing of posterior atlantoaxial fixation techniques [J]. Spine, 2002, 27(22): 2435-2440.
- Paik SC, Chun HJ, Bak KH, et al. Unilateral C1 lateral mass and C2 pedicle screw fixation for atlantoaxial instability in rheumatoid arthritis patients: comparison with the bilateral method[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2015, 57(6): 460-464.
- Wang C, Yan M, Zhou H, et al. Atlantoaxial transarticular screw fixation with morselized autograft and without additional internal fixation: technical description and report of 57 cases[J]. Spine, 2007, 32(6): 643-646.
- Yoshida G, Kamiya M, Yoshihara H, et al. Subaxial sagittal alignment and adjacent-segment degeneration after atlantoaxial fixation performed using C-1 lateral mass and C-2 pedicle screws or transarticular screws [J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(4): 443-450.
- Toyama Y, Koyanagi T. The optimum position of fusion in atlanto-axial arthrodesis[J]. Seikeigeka, 1994, 45: 495-502.
- Yoshimoto H, Ito M, Abumi K, et al. A retrospective radio-

- graphic analysis of subaxial sagittal alignment after posterior C1–C2 fusion[J]. *Spine*, 2004, 29(2): 175–181.
14. Mukai Y, Hosono N, Sakaura H, et al. Sagittal alignment of the subaxial cervical spine after C1–C2 transarticular screw fixation in rheumatoid arthritis [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(6): 436–441.
15. Toyama Y, Matsumoto M, Chiba K, et al. Realignment of postoperative cervical kyphosis in children by vertebral remodeling[J]. *Spine*, 1994, 19(22): 2565–2570.
16. Kraus DR, Poppelman WC, Agarwal AK, et al. Incidence of subaxial subluxation in patients with generalized rheumatoid arthritis who have had previous occipital cervical fusions [J]. *Spine*, 1991, 16(10 Suppl): S486–489.
17. Nojiri K, Matsumoto M, Chiba K, et al. Relationship between alignment of upper and lower cervical spine in asymptomatic individuals[J]. *J Neurosurg*, 2003, 99(1 Suppl): 80–83.
18. Guo Q, Ni B, Yang J, et al. Relation between alignments of upper and subaxial cervical spine: a radiological study [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2011, 131(6): 857–862.
19. Passias PG, Wang SL, Zhao D, et al. The reversibility of swan neck deformity in chronic atlantoaxial dislocations [J]. *Spine*, 2013, 38(7): E379–385.
20. 王圣林, 王超, Wood KB, 等. 寰枢关节不稳或脱位患者上颈椎曲度改变对下颈椎的影响[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2009, 19(7): 502–505.
21. Kato Y, Itoh T, Kanaya K, et al. Relation between atlantoaxial (C1/2) and cervical alignment(C2–C7) angles with Magerl and Brooks techniques for atlantoaxial subluxation in rheumatoid arthritis[J]. *J Orthop Sci*, 2006, 11(4): 347–352.
22. Oshima S, Sudo H, Ito M, et al. Subaxial sagittal alignment after atlantoaxial fixation techniques[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2015, 28(1): E49–55.
23. 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.
24. Sherekar SK, Yadav YR, Basoor AS, et al. Clinical implications of alignment of upper and lower cervical spine[J]. *Neurol India*, 2006, 54(3): 264–267.
25. 王健, 倪斌, 陶春生, 等. 寰枢椎后路融合角度与下位颈椎曲度的相关性研究[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2008, 10(11): 1036–1039.
26. Takeuchi K, Tokoyama T, Aburakawa S, et al. Inadvertent C2–C3 union after C1–C2 posterior fusion in adults[J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(3): 270–277.
27. Miyazaki M, Hymanson HJ, Morishita Y, et al. Kinematic analysis of the relationship between sagittal alignment and disc degeneration in the cervical spine[J]. *Spine*, 2008, 33(23): E870–876.
28. 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.
29. Urban JP, Holm S, Maroudas A, et al. Nutrition of the intervertebral disc: effect of fluid flow on solute transport [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1982, 170: 296–302.
30. Urban JP, Holm S, Maroudas A, et al. Nutrition of the intervertebral disk: an in vivo study of solute transport[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1977, 129: 101–114.
31. Grunhagen T, Shirazi-Adl A, Fairbank JC, et al. Intervertebral disk nutrition: a review of factors influencing concentrations of nutrients and metabolites [J]. *Orthop Clin North Am*, 2011, 42(4): 465–477.
32. Liu Q, Guo Q, Yang J, et al. Subaxial cervical intradiscal pressure and segmental kinematics following atlantoaxial fixation in different angles[J]. *World Neurosurg*, 2016, 87: 521–528.
33. Kang DG, Lehman RA, Wagner SC, et al. Subaxial Cervical Sagittal Alignment Following C1–C2 Fusion for Atlanto – Axial Osteoarthritis[J]. *Global Spine Journal*, 2015, 05(S 01).
34. Ishii K, Matsumoto M, Takahashi Y, et al. Risk factors for development of subaxial subluxations following atlantoaxial arthrodesis for atlantoaxial subluxations in rheumatoid arthritis[J]. *Spine*, 2010, 35(16): 1551–1555.
35. Abumi K, Takada T, Shono Y, et al. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate–rod systems[J]. *Spine*, 1999, 24(14): 1425–1434.
36. Clarke MJ, Cohen–Gadol AA, Ebersold MJ, et al. Long-term incidence of subaxial cervical spine instability following cervical arthrodesis in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Surg Neurol*, 2006, 66(2): 136–140.
37. 郭群峰. 寰枢椎融合术后下颈椎曲度异常的机制研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2011: 54–62.
38. Matsumoto M, Chiba K, Nakamura M, et al. Impact of interlaminar graft materials on the fusion status in atlantoaxial transarticular screw fixation[J]. *J Neurosurg Spine*, 2005, 2(1): 23–26.

(收稿日期:2016–03–16 修回日期:2016–04–22)

(本文编辑 彭向峰)