

成人退行性脊柱侧凸术后融合节段近端交界性后凸的危险因素与预防策略研究进展

The risk factor and prevention strategy of proximal junctional kyphosis of fusion segments following adult degenerative scoliosis correction and fusion

丁红涛,刘玉增,海涌

(首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 100020 北京市)

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2021.03.12

中图分类号:R682.3,R619 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2021)-03-0279-06

成人退行性脊柱侧凸 (adult degenerative scoliosis, ADS) 在人群中的发生率约为 1.4%~32%^[1]。其常合并椎管及神经根管狭窄、椎体旋转、椎间关节半脱位及矢状面失平衡等病理改变,其治疗目的主要是缓解症状,改善脊柱功能状况,重建稳定性,恢复脊柱平衡,治疗时需要根据不同的需求选择不同的手术策略。随着后路矫形器械的发展和保留脊柱运动节段的需要,骨科医师越来越多地采取选择性后路节段性融合的手术策略,在取得良好临床疗效的同时,术后融合节段近端交界性后凸 (proximal junctional kyphosis, PJK) 和近端交界性失败 (proximal junctional failure, PJF) 的发生也逐渐成为退行性脊柱侧凸相关研究的热点之一。

1 PJK/PJF 的定义与发生机制

PJK 由 Lowe 教授^[2]于 1994 年首次提出。Kim 等^[3]将其定义为术后近端交界区矢状面 Cobb 角即近端融合椎下终板与其近端第 2 个椎体的上终板之间的夹角 $>10^{\circ}$ 且较术前增加 10° 。为区别较轻微的无临床症状 PJK, Kim 等^[4]在 2012 年提出了近端交界区失败 (PJF) 这一概念。2015 年国际侧凸研究学会 (Scoliosis Research Society, SRS) 将 PJF 定义为“存在神经损伤、疼痛、PJK、内固定物脱出,或其他需行翻修手术的近端内固定失败”^[5]。PJK 在成人脊柱侧凸术后的发生率可以高达 46%,多发生在术后 2 年内,而近期的大宗病例报道其发生率在 9.2%~28%,其中约 13%~55% 的患者需要手术翻修^[6,7]。

关于 ADS 术后 PJK 的发生机制,虽然目前研究较多,但确切原因并不是十分清楚。总体来说,目前认为 ADS 术后 PJK/PJF 的形成是由多因素造成的,主要包括两个方面:(1)手术对脊柱局部解剖结构和生物力学环境的影响、

对脊柱局部和整体平衡的影响。有学者认为手术破坏了脊柱后方的肌肉、韧带等组织,从而降低了限制交界区间隙张开的能力,导致交界区后凸的形成^[8,9];还有学者认为坚强的内固定使近端物理应力增加,加速邻近节段椎间盘退变,进而引起交界区后凸形成^[10]。(2)人体自然退变导致的神经、骨骼及肌肉状态的变化。有研究认为随着年龄的增大,人体有自然形成后凸的趋势^[11]。但究竟是手术的人为因素还是退变的自然因素尚无法确定^[12]。

2 PJK 的危险因素

Mika 等^[13]将 ADS 术后发生 PJK 的危险因素主要分为三大类:患者自身、手术相关和影像学相关危险因素。笔者按照此分类对既往文献进行回顾总结。

2.1 患者相关危险因素

(1)年龄。有文献指出,55 岁以上是 PJK/PJF 的高发年龄,随着年龄的增长 PJK 的风险也相应增加^[14,15]。(2)体重指数 (BMI)。肥胖也是危险因素之一,过大的体重会导致邻近节段的应力增加而导致 PJK 的发生^[15,16]。(3)骨密度 (BMD)。研究报道低骨量和骨质疏松 (T-score <-1.5) 与 PJK 的发生显著相关^[18,16,17]。(4)合并疾病。有研究表明,合并神经肌肉以及代谢疾病的患者发生 PJK 的几率显著增高^[15]。

2.2 手术相关危险因素

2.2.1 内固定类型 诸多研究表明,退变性侧凸后路手术近端内固定类型与 PJK 发生相关,采用全椎弓根螺钉固定与椎板钩或横突钩固定相比,前者发生 PJK 的几率更高,而采用钉钩结合方式固定者发生 PJK 的几率居中^[10,18-21]。还有研究报道,近端单纯采用椎板钩固定的病例术后发生 PJK 的几率很低^[22]。这说明近端采用椎板钩固定产生了“软着陆”的效应,该方式减少了局部的机械应力并保持了近端固定椎体的完整性。

2.2.2 手术入路 研究表明,前后联合入路的 PJK 发生率是后方入路的 3 倍^[4],尽管前后联合入路可以获得更好的

第一作者简介:男(1994-),住院医师;在读博士研究生,研究方向:脊柱畸形及脊柱退行性病变

电话:(010)85231229 E-mail:nchilde@163.com

通讯作者:海涌 E-mail:spinesurgeon@163.com

矫正效果,但其术后 PJK 的发生率却显著提高,其原因可能和较大的矫正会使固定近端应力显著增加有关^[14,23,24]。

2.2.3 近远端固定椎的选择 退变性侧凸手术中近远端固定椎的选择与 PJK 的发生也有关系,原则上应尽量避免选择后凸顶点以及退变失稳的节段。有研究报道,对于近端固定椎,固定在 T1~T3 发生 PJK 的概率是固定在其他椎体的 2 倍^[23],而固定在 T2~T5 与 T9~L1 时,两者发生 PJK 的几率无显著性差异^[25]。而对于远端固定椎,由于固定终止在 L5 和 S1 都有比较高的假关节和术后矢状位失平衡的并发症发生率^[8,14,26,27],因此不少学者支持远端固定椎应选择骨盆;但也有研究表明,远端固定在髂骨又会导致较高的 PJK 发生率^[3,15]。因此,对远端椎的选择需要根据患者个体的实际情况来慎重选择。

2.2.4 后方张力带保护 后路手术中对近端软组织的侵害,包括棘上和棘间韧带、小关节囊损伤导致局部稳定性下降而产生 PJK^[28]。

2.2.5 连接棒的选择 有文献指出,采用钴铬合金多棒复合内固定结构(cobalt chrome multiple-rod constructs, CoCr MRCs)术后的 PJK 发生率是钛合金双棒(titanium alloy two-rod constructs, Ti TRCs)内固定的 2 倍^[29],钴铬合金复合结构提高了内固定的硬度,进而增加了近端椎局部机械应力,是 ADS 术后 PJK 发生的危险因素之一^[30]。

2.3 影像学相关危险因素

2.3.1 矢状位序列过度矫正 2016 年 Iyer 等^[11]的一项研究表明,随着年龄的增长,脊柱矢状位序列有前倾的趋势,虽然普遍认为应将脊柱矢状位轴(sagittal vertebral axis, SVA)最大程度矫正至 0,但对患者来说这未必是完美的结果。人为矫正矢状位序列后,机体仍会有恢复到自然状态的倾向。有研究发现 SVA 恢复>50mm 是 PJK 发生的危险因素^[8],过度矫正使近端与远端交界区应力升高,增加 PJK 的发生率^[31,32]。也有研究发现术前矢状位失衡直接增加术后 PJK 的发生率^[27]。

2.3.2 胸椎后凸(TK) Kim 等^[21]发现术前 TK>40°且手术矫正>5°是术后发生 PJK 的危险因素之一。还有学者将 PJK 的发生归因于术前近端后凸角(proximal junctional angle, PJA)>5°^[33-35]。

2.3.3 骨盆入射角(pelvic incidence, PI)与腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)匹配 脊柱骨盆参数能够反映脊柱的矢状位序列,提示脊柱矢状位平衡的代偿状态,与患者的生活质量紧密相关。根据 SRS-Schwab 标准^[36],PI-LL 应恢复至±10°。多数研究表明,PI-LL 不匹配是造成术后 PJK 的危险因素之一^[6,32]。2017 年 Sun 等^[37]回顾分析了退行性脊柱侧凸术后 PI-LL 与临床疗效及 PJK 发生率的关系,当 PI-LL 在 10°~20°之间时临床疗效更好且 PJK 发生率更低。然而 2020 年 Im 等^[38]的一项研究却指出,过多或过少矫正 LL 与 SVA 均与 PJK 的发生无直接相关。

3 PJK/PJF 的表现

(1)疼痛。有分析表明,交界区后凸 Cobb 角绝对值与局部疼痛和功能受限等临床症状的严重程度有着直接关系^[8],与无 PJK 患者相比,PJK 患者的背部疼痛增加 29.4%;还有研究发现 PJK/PJF 的患者中,88.6%存在局部疼痛,平均 VAS 评分 5.1 分^[39]。(2)神经损害。文献指出约 32.1%的成人脊柱畸形术后 PJK/PJF 的患者存在神经损害症状,其中约 36%表现为肌无力等髓性症状,64%表现为根性症状^[40];PJK 的发生将直接导致患者日常生活与社交受限^[41]。(3)外观异常。PJA>20°的患者 SRS 评分自我形象的评价明显低于 PJA<10°患者,这可能会对患者心理及社交活动带来一定的影响^[41]。(4)矢状位失平衡。矢状面序列失衡是 PJK/PJF 最突出的影像学表现;SVA>40mm 将会使患者 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)明显增加^[42];矢状面序列失衡与患者健康相关生命质量(health related quality of life, HRQoL)也有着直接的联系^[43]。Schwab 等^[44]的研究发现,采用 ODI 对患者生活质量进行评估,SVA、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)和 PI 与 LL 的差值 3 个矢状位参数对残障和疼痛的影响可达 24%。(5)翻修手术。约 13%~55%的 PJK/PJF 患者因疼痛、神经损害或严重影响生活质量而需要手术翻修^[7,45]。

4 PJK/PJF 的预防

2015 年潘爱星等^[46]对 PJK 的研究现状进行了文献回顾分析,提出 PJK 发生的危险因素可以分为可控因素和不可控因素,可控因素主要是和手术方案与手术操作相关,而不可控因素主要与患者身体状况以及术前影像学状态有关。

4.1 针对患者相关危险因素

患者手术时年龄大于 55 岁、营养状况差、肥胖、骨量丢失严重导致骨质疏松症以及肌肉退变显著,手术的耐受差及术后恢复不理想,往往出现 PJK^[13],需要对患者做针对性的术前准备。(1)减重。减轻体重以降低交界区肌肉骨骼的物理应力,降低 PJK 的发生率。(2)抗骨质疏松治疗。提高骨钙含量,提升骨骼硬度,减少交界区椎体骨折、塌陷的出现,降低机械性并发症的发生率,必要时可联合内分泌疗法^[47]。(3)腰背部肌肉锻炼。文献报道,近端固定椎椎旁肌肉前横截面积越小,术后发生 PJK 的风险愈大,术前行适当的肌肉锻炼有助于减少 PJK 的发生^[47]。

4.2 针对手术相关危险因素

(1)软组织保护。上端椎区域解剖显露时,尽量减少对棘上、棘间韧带的破坏。对交界区椎旁肌精细分离,最大可能保留中线韧带结构与肌肉附着^[45,48]。(2)交界区韧带增强技术。在 PJK 和 PJF 的发病机制中,后方韧带复合体的破坏被认为是一个重要的因素^[18]。采用肌腱移植或丝线加固的方式进行韧带增强,可以减少交界区应力,并增加后方韧带复合体的强度。文献报道采用这种技术早期 PJK 有显著减少,但是长期结果需要进一步观察^[49,50]。(3)手术入路。尽量选择前侧入路或后方入路的单一入路进行手术,

前后联合入路会增加发生 PJK 的风险。(4)交界区连接棒的选择。为了在近端交界区形成“软着陆”结构,有文献推荐在交界区使用直径较小的过渡连接棒或使用肋骨分离棒^[45-51]。(5)连接棒预弯。顺应脊柱生理弯曲的弧度,尤其在胸腰交界区,进行术中特殊弯棒,以避免人为增加交界区应力。(6)骨水泥的应用。交界区椎体骨水泥强化,增加椎体强度,可以在一定程度上避免内固定失败和邻近椎体骨折的可能^[52-54]。(7)椎板/横突钩的应用。椎弓根螺钉内固定系统在提供脊柱坚强固定的同时也增加了邻近椎体的受力,加速了小关节及椎间盘的退变,导致 PJK 的发生。在近端固定椎使用椎板钩可提供相对非坚强的固定结构,有利于保护邻近节段小关节和椎间盘,预防交界区应力过于集中,减少 PJK 或 PJF 的发生^[20,51-55]。(8)端椎选择。遵循上下端固定椎的选择原则可降低 PJK 的发生率。尽量避免选择后凸顶点及退变失稳的节段,近端固定椎避免固定在 T1~T3 及胸腰交界区;对于远端固定椎,固定在 L5/S1 还是髂骨各有利弊,需根据个体综合考虑^[8,14,15,19,23,25,26]。(9)矢状位序列重建的手术规划。目前主流的成人脊柱畸形矢状位评价标准为 SRS-Schwab 分型^[36],按照其要求,术后理想的矢状位目标是 $PI-LL < \pm 10^\circ$, $PT < 20^\circ$, $SVA < 4\text{cm}$, 该标准是基于患者健康生活质量 (health-related quality-of-life, HRQoL) 总结得出的一般规律,但是该标准亦不能有效地避免矫形术后机械性并发症发生的可能性,在临床中,即使符合 Schwab 矫形标准的患者,也可能出现 PJK/PJF。2016 年国际脊柱研究学会 (International Spine Study Group, ISSG) 的一项研究发现理想的矢状面骨盆参数在不同年龄阶段的患者中存在差异,矢状面序列手术的目标应该将年龄考虑在内^[56]。所以有学者主张将患者的年龄纳入确定脊柱骨盆参数手术目标的参考标准。调整与年龄匹配的骨盆参数目标值并避免在解剖差异的情况下过分遵守 $PI-LL$ 的匹配规则,可以降低过度矫正而导致 PJK 和 PJF 的风险^[57]。最近还有文献推荐,矫形手术应尽量使患者矢状位头颅中点的垂线 (the cranial vertical axis, CrSVA) 平分髋关节 (CrSVA-H),以获得理想的矢状位序列^[45]。(10)支具应用。虽然支具在预防术后 PJK 的作用尚未得到证实,但如果上端椎位于上胸段,有文献推荐术后佩戴 3 个月的颈胸支具以预防 PJK 的发生^[45]。(11)微创手术。退变性侧凸的手术治疗目的即为缓解症状、恢复矢状位序列平衡以恢复脊柱功能。随着脊柱微创技术迅速发展,在精准诊断前提下,如果能通过微创手术进行椎管精准减压,或短节段固定就能解决患者的病痛,就可能会避免 PJK 的发生^[57]。

5 PJK 发生的预测与处理

2017 年 Yilgor 等^[58]提出了脊柱整体(矢状面)序列及比例评分(GAP 评分),与 Schwab 标准不同,GAP 评分系统更加注重脊柱矢状面参数实际与理想的差值并进行赋值,GAP 总分越低,即表示脊柱越平衡,患者术后机械性并

发症的发生风险越低,HRQoL 评分越高,可以有效地预测矫形术后机械性并发症的发生风险。2019 年 Jacobs 等^[59]的研究证实,按照 Yilgor 提出的 GAP 理论,可以将机械性并发症的发生率降低 3 倍。GAP 理论可以帮助我们更好地进行手术规划,以及对术后机械性并发症的风险预测。

并不是所有出现 PJK 的患者都需要手术处理,我们要严密监控患者 PJK 的严重程度与临床症状,一般情况下采用非手术的方法管理即可。为了明确翻修手术的适应证,Hart 等^[34]和 ISSG 在 2013 年提出了结合影像学 and 临床症状的 PJK 评分(Hart-ISSG 评分)。该评分总分达到 7 分时建议行手术干预治疗。Hart-ISSG 评分标准较为全面地评估了 PJK 的进展和对患者功能的影响,为临床评估和治疗提供了有效的参考^[60]。

翻修手术的策略和节段选择取决于多个因素,一般近端固定椎要高于交界性后凸至少 2~3 个节段。另外近端固定椎要避免选择在主胸弯或近端胸弯后凸的顶点,一般将近端后凸有持续增加趋势的节段包含在翻修融合范围内^[45]。

翻修纠正的角度也需要因人而异。是否截骨与截骨的类型取决于患者现在的矢状位序列状态、目标序列以及交界区僵硬程度,通过截骨来纠正患者的矢状面序列失平衡。交界区后凸区域后柱截骨对需要手术的 PJK 早期患者或许就已足够,而对于交界区比较僵硬或者存在神经受压较严重的患者,可能需要三柱截骨才能达到充分的矫形或减压。

6 总结与展望

虽然关于 PJK 的研究较多,但仍然有许多问题需要去探索。(1)PJK 成因。ADS 术后发生 PJK 究竟是脊柱的自然退变,还是手术相关因素导致的,目前还没有定论。(2)PJK 预防策略。尽管已有多项研究报道了 PJK 的发生率和危险因素,但临床中 PJK 的发生仍然不可避免,PJK/PJF 的决定性因素和预防策略并未得到广泛认可,还需进一步研究。

随着 ADS 发病人口的日益增多,PJK/PJF 的现象应引起高度重视。详细的术前评估、合理的手术规划以及严密的术后随访对于术后 PJK/PJF 的早期预防与处理十分重要。全面深入认识 PJK/PJF 的发生机制是避免其发生的根本途径。还需要国内外学者进一步研究以减少 PJK/PJF 的发生。

7 参考文献

- Diebo BG, Shah NV, Boachie-Adjei O, et al. Adult spinal deformity[J]. Lancet, 2019, 394(10193): 160-172.
- Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: a review of 32 patients[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1994, 19(15): 1680-1685.

3. Kim HJ, Iyer S. Proximal junctional kyphosis[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2016, 24(5): 318–326.
4. Kim HJ, Lenke LG, Shaffrey CI, et al. Proximal junctional kyphosis as a distinct form of adjacent segment pathology after spinal deformity surgery: a systematic review[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(22 Suppl): S144–S164.
5. Scheer JK, Fakumejad S, Lau D, et al. Results of the 2014 SRS survey on PJK/PJF: a report on variation of select SRS member practice patterns, treatment indications, and opinions on classification development[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2015, 40(11): 829–840.
6. Hyun SJ, Lee BH, Park JH, et al. Proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure following adult spinal deformity surgery[J]. *Korean J Spine*, 2017, 14(4): 126–132.
7. Nicholls FH, Bae J, Theologis AA, et al. Factors associated with the development of and revision for proximal junctional kyphosis in 440 consecutive adult spinal deformity patients[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2017, 42(22): 1693–1698.
8. Yagi M, King AB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors, and natural course of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis: minimum 5 years of follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(17): 1479–1489.
9. Rhee JM, Bridwell KH, Won DS, et al. Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis: the effect of anterior versus posterior instrumentation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27(21): 2350–2356.
10. Aubin CE, Cammarata M, Wang X, et al. Instrumentation strategies to reduce the risks of proximal junctional kyphosis in adult scoliosis: a detailed biomechanical analysis[J]. *Spine Deform*, 2015, 3(3): 211–218.
11. Iyer S, Lenke LG, Nemani VM, et al. Variations in sagittal alignment parameters based on age: a prospective study of asymptomatic volunteers using full-body radiographs[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(23): 1826–1836.
12. Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(14): 1643–1649.
13. Mika AP, Mesfin A, Rubery PT, et al. Proximal junctional kyphosis: a pediatric and adult spinal deformity surgery dilemma[J]. *JBJS Rev*, 2019, 7(4): e4.
14. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity after segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum five-year follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2008, 33(20): 2179–2184.
15. Bridwell KH, Lenke LG, Cho SK, et al. Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: evaluation of 20 degrees as a critical angle[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72(6): 899–906.
16. Yagi M, Fujita N, Okada E, et al. Fine-tuning the predictive model for proximal junctional failure in surgically treated patients with adult spinal deformity [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, 43(11): 767–773.
17. Yagi M, Fujita N, Tsuji O, et al. Low bone-mineral density is a significant risk for proximal junctional failure after surgical correction of adult spinal deformity: a propensity score-matched analysis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2018, 43(7): 485–491.
18. Cammarata M, Aubin CE, Wang X, et al. Biomechanical risk factors for proximal junctional kyphosis: a detailed numerical analysis of surgical instrumentation variables [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(8): E500–E507.
19. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum 5-year follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(18): 2045–2050.
20. Helgeson MD, Shah SA, Newton PO, et al. Evaluation of proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following pedicle screw, hook, or hybrid instrumentation [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2010, 35(2): 177–181.
21. Hassanzadeh H, Gupta S, Jain A, et al. Type of anchor at the proximal fusion level has a significant effect on the incidence of proximal junctional kyphosis and outcome in adults after long posterior spinal fusion [J]. *Spine Deform*, 2013, 1(4): 299–305.
22. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(24): 2731–2738.
23. Kim HJ, Yagi M, Nyugen J, et al. Combined anterior-posterior surgery is the most important risk factor for developing proximal junctional kyphosis in idiopathic scoliosis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470(6): 1633–1639.
24. Lau D, Clark AJ, Scheer JK, et al. Proximal junctional kyphosis and failure after spinal deformity surgery: a systematic review of the literature as a background to classification development[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(25): 2093–2102.
25. Ha Y, Maruo K, Racine L, et al. Proximal junctional kyphosis and clinical outcomes in adult spinal deformity surgery with fusion from the thoracic spine to the sacrum: a comparison of proximal and distal upper instrumented vertebrae[J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 19(3): 360–369.
26. Mendoza-Lattes S, Ries Z, Gao Y, et al. Proximal junctional kyphosis in adult reconstructive spine surgery results from incomplete restoration of the lumbar lordosis relative to the magnitude of the thoracic kyphosis[J]. *Iowa Orthop J*, 2011, 31: 199–206.

27. Yagi M, Akilah KB, Boachie-Adjei O. Incidence, risk factors and classification of proximal junctional kyphosis: surgical outcomes review of adult idiopathic scoliosis [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2011, 36(1): E60-E68.
28. Hostin R, McCarthy I, O'Brien M, et al. Incidence, mode, and location of acute proximal junctional failures after surgical treatment of adult spinal deformity[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2013, 38(12): 1008-1015.
29. Han S, Hyun SJ, Kim KJ, et al. Rod stiffness as a risk factor of proximal junctional kyphosis after adult spinal deformity surgery: comparative study between cobalt chrome multiple-rod constructs and titanium alloy two-rod constructs [J]. *Spine J*, 2017, 17(7): 962-968.
30. Han S, Hyun SJ, Kim KJ, et al. Comparative study between cobalt chrome and titanium alloy rods for multilevel spinal fusion: proximal junctional kyphosis more frequently occurred in patients having cobalt chrome rods[J]. *World Neurosurg*, 2017, 103: 404-409.
31. Annis P, Lawrence BD, Spiker WR, et al. Predictive factors for acute proximal junctional failure after adult deformity surgery with upper instrumented vertebrae in the thoracolumbar spine[J]. *Evid Based Spine Care J*, 2014, 5(2): 160-162.
32. Maruo K, Ha Y, Inoue S, et al. Predictive factors for proximal junctional kyphosis in long fusions to the sacrum in adult spinal deformity[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2013, 38(23): E1469-E1476.
33. Denis F, Sun EC, Winter RB. Incidence and risk factors for proximal and distal junctional kyphosis following surgical treatment for Scheuermann kyphosis: minimum five-year follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(20): E729-E734.
34. Hart R, McCarthy I, O'Brien M, et al. Identification of decision criteria for revision surgery among patients with proximal junctional failure after surgical treatment of spinal deformity[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2013, 38(19): E1223-E1227.
35. Lee GA, Betz RR, Clements DR, et al. Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1999, 24(8): 795-799.
36. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(12): 1077-1082.
37. Sun XY, Zhang XN, Hai Y. Optimum pelvic incidence minus lumbar lordosis value after operation for patients with adult degenerative scoliosis[J]. *Spine J*, 2017, 17(7): 983-989.
38. Im SK, Lee JH, Kang KC, et al. Proximal junctional kyphosis in degenerative sagittal deformity after under- and overcorrection of lumbar lordosis: does overcorrection of lumbar lordosis instigate PJK[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2020, 45(15): E933-E942.
39. Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis results in inferior SRS pain subscores in adult deformity patients[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2013, 38(11): 896-901.
40. Lau D, Funao H, Clark AJ, et al. The clinical correlation of the hart-issg proximal junctional kyphosis severity scale with health-related quality-of-life outcomes and need for revision surgery[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2016, 41(3): 213-223.
41. McClelland JJ, O'Shaughnessy BA, Sugrue PA, et al. Techniques for operative correction of proximal junctional kyphosis of the upper thoracic spine [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(4): 292-303.
42. Chapman TJ, Baldus CR, Lurie JD, et al. Baseline patient-reported outcomes correlate weakly with radiographic parameters: a multicenter, prospective NIH adult symptomatic lumbar scoliosis study of 286 patients [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(22): 1701-1708.
43. Faraj S, De Kleuver M, Vila-Casademunt A, et al. Sagittal radiographic parameters demonstrate weak correlations with pretreatment patient-reported health-related quality of life measures in symptomatic de novo degenerative lumbar scoliosis: a European multicenter analysis [J]. *J Neurosurg Spine*, 2018, 28(6): 573-580.
44. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(13): E803-E812.
45. Cerpa M, Sardar Z, Lenke L. Revision surgery in proximal junctional kyphosis[J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(Suppl 1): 78-85.
46. 潘爱星, 海涌, 陈小龙, 等. 脊柱畸形术后近端交界性后凸的研究现状[J]. *中国骨与关节杂志*, 2015, 4(8): 668-672.
47. Pennington Z, Cottrill E, Ahmed AK, et al. Paraspinal muscle size as an independent risk factor for proximal junctional kyphosis in patients undergoing thoracolumbar fusion[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 31(3): 380-388.
48. Arlet V, Aebi M. Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: present understanding and future perspectives[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(Suppl 2): S276-S295.
49. Rodriguez-Fontan F, Reeves BJ, Noshchenko A, et al. Strap stabilization for proximal junctional kyphosis prevention in instrumented posterior spinal fusion[J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(6): 1287-1296.
50. Zaghoul KM, Matoian BJ, Denardin NB, et al. Preventing proximal adjacent level kyphosis with strap stabilization [J]. *Orthopedics*, 2016, 39(4): e794-e799.
51. Nguyen NL, Kong CY, Hart RA. Proximal junctional kyphosis and failure-diagnosis, prevention, and treatment[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2016, 9(3): 299-308.
52. Do JG, Kwon JW, Kim SJ. Effectiveness of percutaneous cement injection on proximal junctional failure after posterior

综述

腰椎长节段固定融合术后腰椎僵硬相关功能障碍评估的研究进展

Research progress in the evaluation of functional limitations due to lumbar stiffness after long-segment fixation

张立, 姜宇, 李危石

(北京大学第三医院骨科 骨与关节精准医学教育部工程研究中心 脊柱疾病研究北京市重点实验室 100191 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.03.13

中图分类号: R687.3, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2021)-03-0284-05

腰椎长节段固定融合术是脊柱外科常用的手术方式之一,其适应证包括腰椎管狭窄症、退变性腰椎侧凸、特发性脊柱侧凸、胸腰椎骨折、感染和肿瘤等^[1]。该术式在重建脊柱平衡、维持矫形效果和改善临床症状方面发挥着重要作用^[2]。然而,该术式需要固定腰椎多个运动节段,往往导致腰椎活动度下降甚至完全丧失,引发腰椎僵硬,进而影响患者的日常活动能力(activities of daily living, ADL)和生活质量^[3-5]。目前,腰椎长节段固定融合术后疗效评估主要集中在临床症状和神经功能改善等方面,而对于手术附带结果(collateral outcome)如腰椎僵硬的关注较少^[3]。随着

长节段固定融合术的广泛应用,术后出现腰椎僵硬的病例越来越多。为了准确描述患者术后腰椎僵硬状态,甚至有学者制作了专门评估腰椎僵硬的量表。本文拟对腰椎长节段固定融合术后腰椎僵硬相关功能障碍的评估现状做出总结,以期更好地指导临床应用和科学研究。

1 腰椎长节段固定的定义

目前对于腰椎长节段固定(long-segment fixation)的界定,主要有2种方式。一种是根据固定节段的数量对长短节段进行界定。大多数研究者将 ≥ 3 个节段^[6-9]或 ≥ 4 个节段^[10-12]界定为脊柱手术长节段,部分研究者^[13,14]认为 ≥ 5 个节段为长节段,也有的研究者^[15]认为 >5 个节段为长节段。同一研究者对长节段的界定也会有所不同,例如:张希诺等^[16,17]曾分别将 ≥ 3 个节段和 >4 个节段界定为长节段。

第一作者简介:男(1994-),博士研究生在读,研究方向:脊柱外科
电话:(010)82267688 E-mail:1835591174@qq.com
通讯作者:李危石 E-mail:wslee@163.com

- lumbar interbody fusion: preliminary study [J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(2): e18682.
53. Raman T, Miller E, Martin CT, et al. The effect of prophylactic vertebroplasty on the incidence of proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure following posterior spinal fusion in adult spinal deformity: a 5-year follow-up study[J]. Spine J, 2017, 17(10): 1489-1498.
54. Ghobrial GM, Eichberg DG, Kolcun J, et al. Prophylactic vertebral cement augmentation at the uppermost instrumented vertebra and rostral adjacent vertebra for the prevention of proximal junctional kyphosis and failure following long-segment fusion for adult spinal deformity[J]. Spine J, 2017, 17(10): 1499-1505.
55. Hart RA, McCarthy I, Ames CP, et al. Proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure[J]. Neurosurg Clin N Am, 2013, 24(2): 213-218.
56. Lafage R, Schwab F, Challier V, et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds: should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(1): 62-68.
57. Mummaneni PV, Park P, Fu KM, et al. Does minimally invasive percutaneous posterior instrumentation reduce risk of proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity surgery? a propensity-matched cohort analysis [J]. Neurosurgery, 2016, 78(1): 101-108.
58. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, et al. Global alignment and proportion(GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery [J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(19): 1661-1672.
59. Jacobs E, van Royen BJ, van Kuijk S, et al. Prediction of mechanical complications in adult spinal deformity surgery—the GAP score versus the Schwab classification[J]. Spine J, 2019, 19(5): 781-788.
60. Hart RA, Rastegar F, Contag A, et al. Inter- and intra-rater reliability of the Hart-ISSG proximal junctional failure severity scale[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2018, 43(8): E461-E467.
- (收稿日期:2020-09-23 末次修回日期:2020-12-06)
(本文编辑 卢庆霞)