

综述

成人脊柱畸形术后近端交界区失败的研究进展

Advances in research of proximal junctional failure following adult spinal deformity surgery

孟亚轲¹, 郭永飞², 杨 勇¹

(1 郑州市骨科医院脊柱外科 450000 河南省郑州市; 2 第二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.2018.08.12

中图分类号: R682.3, R619 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-08-0748-06

近端交界区失败(proximal junctional failure, PJF)是发生在脊柱畸形矫形术后的一种特定的近端交界区病变,是一种伴有临床症状的严重的近端交界区后凸(proximal junctional kyphosis, PJK),也是成人脊柱畸形(adult spinal deformity, ASD)矫形手术的严重并发症。近年,国内外学者对脊柱畸形术后近端交界区病变做了大量的研究,笔者通过文献回顾,从 PJF 的定义、发生率、危险因素、预防和治疗等方面,对目前 PJF 的相关研究进展加以综述。

1 PJF 的定义

20 世纪 90 年代, Lowe 等^[1]和 Lee 等^[2]先后报道了 PJK, 2005 年 Glattes 等^[3]将 PJK 定义为术后近端交界区后凸角(proximal junctional angle, PJA) $>10^{\circ}$, 且与术前相比增加 10° 以上; PJA 为上端固定椎(upper instrumented vertebra, UIV)的下终板与 UIV+2 的上终板之间的后凸角。学者们对 PJA 的角度及其可靠性、可重复性做了大量的研究, 目前大多数学者仍以 $PJA>10^{\circ}$ 作为 PJK 的诊断标准。

PJK 作为单纯的影像学改变, 仅有少数患者出现轻微的临床症状; 当 PJK 患者出现严重的临床表现或需进行翻修手术时即为 PJF。因此, 有学者将 PJF 命名为“有症状的 PJK”、“严重类型的 PJK”^[4]。另外, 有学者将 PJF 称为“topping-off 综合征”、“近端交界区骨折”、“急性近端交界区塌陷”, 强调近端交界区发生机械力学不稳及结构性改变(structural failure), 并与严重类型的 PJK 相区别^[5]。

2008 年, Hart 等^[6]提出“急性近端交界区塌陷(proximal junctional acute collapse)”, 主要是由于交界区椎体骨折导致局部出现应力不稳、畸形及疼痛加重, 为术后早期的急性并发症, 属于交界区失败的一种, 且不同于逐步发展的 PJK。2010 年, Watanabe 等^[7]报道了 UIV 骨折塌陷伴邻近椎体半脱位和邻近椎体压缩性骨折两种近端交界

区骨折类型。2013 年, Hostin 等^[8]提出了急性近端交界区失败(acute proximal junctional failure, APJF)的概念。后来, Hart 等^[9]通过一项回顾性研究, 将脊柱畸形矫形术后严重的 PJK 定义为 PJF, 诊断标准包括术后 UIV 和 UIV+2 之间后凸角 $>10^{\circ}$, 同时伴有以下一个或多个临床表现: UIV 或 UIV+1 骨折、后方韧带复合体损伤、UIV 内固定拔出。2015 年, 国际脊柱侧凸研究学会^[10](scoliosis research society, SRS)将 PJK 的诊断标准修正为“ $PJA>20^{\circ}$ ”; 同时将 PJF 定义为“存在神经损伤、疼痛、PJK、内固定物突出, 或其他需行翻修手术的近端内固定失败”, 此定义得到了大多数学者的认可。

2 PJF 的发生率和临床意义

由于诊断标准、样本大小、随访时间的差异, PJF 的发生率报道不尽相同。Hart 等^[9]对 1218 例接受矫形手术的 ASD 患者进行随访, 发现 57 例(4.7%)并发 PJF; 27 例患者接受翻修手术(翻修率为 2.2%)。Hostin 等^[8]报道 ASD 术后 PJF 发生率为 5.6%(68/1218), 翻修率为 2.3%(28/1218)。Annis 等^[11]对 135 例行脊柱矫形手术的 ASD 患者进行平均 42 个月的随访, 52 例(38.5%)并发 APJF, 其中 23 例患者进行了翻修手术。在一项回顾性研究中, Yagi 等^[12]发现 1668 例 ASD 矫形患者中, 23 例出现 PJF(有症状的需翻修手术的 PJK), 发生率为 1.4%; 23 例患者接受翻修手术, 11 例(48%)出现新发 PJK/PJF。而 Yagi 等^[12]最新报道的 PJF ($PJA>20^{\circ}$)发生率为 19%(22/113 例), 明显高于早期的研究, 翻修手术率为 2.8%。诊断标准的不同可能是产生差异的主要原因。

PJF 多发生于术后早期, 通常被认为是一种急性损伤而不是缓慢进展性的畸形, 因此有学者提出“早期 PJF(early proximal junctional failure, EPJF)”^[13]、急性 PJF(acute proximal junctional failure, APJF)^[8]。Hostin 等^[8]发现 PJF 的平均诊断时间为术后 3 个月; Park 等^[14]报道的 PJF 发生时间平均为 3.0 ± 1.1 个月(95%CI 0.89~5.11)。提示 PJF 多发生于术后早期, 尤其是术后 6 个月内。Hostin 等^[8]、Hart 等^[9]和 Yagi 等^[12]报道的 PJF 患者的平均翻修时间分别

第一作者简介: 男(1989-), 硕士, 住院医师, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0371)67448625 E-mail: Youngermeng@163.com
通讯作者: 郭永飞 E-mail: guospine@163.com; 杨勇 E-mail: yangyongweiz@163.com

为术后 7 个月、6 个月和 10 个月。

PJF 又称为“有症状的 PJK”,在影像学交界区后凸的基础上出现结构性异常,如椎体骨折(56%)、后方韧带损伤(35%)、内固定松动(9%)等^[15]。通常,PJF 患者由于 UIV/UIV+1 椎体骨折出现前柱塌陷,导致后凸畸形,出现背部疼痛和/或神经症状及矢状面失衡。尽管 PJF 的发生率低于 PJK,但 PJF 患者临床症状重,翻修率高,二次手术复杂,并发症发生率高,且翻修术后仍可能再次并发 PJK/PJF^[16],因此需要给予足够的重视,以预防或减少其发生。

3 PJF 发生的原因及危险因素

PJF 是多因素共同作用的结果,具体可分为手术因素(可控性因素)及不可控性因素。

3.1 手术因素(可控性因素)

3.1.1 后路软组织破坏及手术入路 关节突关节及后方的韧带软组织是脊柱后柱的重要组成部分,在维持椎体的稳定性中具有重要的作用。研究^[16]显示脊柱后部软组织结构的破坏(尤其是 UIV 节段),是发生 PJK/PJF 的潜在危险因素。Cammarata 等^[16]通过生物力学分析发现,切除双侧下关节突(UIV+1 节段)、后方韧带结构(UIV 和 UIV+1 节段棘间韧带、棘上韧带)及双侧下关节突切除联合后方韧带切除后 PJA 分别增加 10%、28%、53%,近端屈曲应力相应增加 4%、12%、22%,而近端交界区活动度增加 16%、44%、83%;提示切除近端交界区后方稳定结构与局部机械应力及 PJA 角度呈正相关,增加 PJK 的风险。Anderson 等^[17]认为 UIV 节段棘间韧带-棘上韧带复合体是后方最重要的结构之一,术中应加以保护,尽可能保留。此外,前后联合入路也是发生 PJK/PJF 的危险因素,Hart 等^[18]通过逻辑回归分析发现前后联合入路患者术后进行翻修手术的可能性更大($P=0.001$),且 PJA 更大($P=0.034$),是 PJF 患者进行翻修手术的最强预测因素。

3.1.2 内置物刚度 内置物刚度是影响近端交界区病变的重要危险因素^[14]。Cammarata 等^[16]发现 UIV 节段使用横突钩代替椎弓根螺钉,术后 PJA 明显减小,局部屈曲活动度/应力更低,提示钉钩-椎体连接僵硬低于螺钉-椎体连接装置,能够为 UIV 与非固定节段之间提供较为缓和的力学过渡区,但可能增加假关节形成的风险。Aubin 等^[18]发现近端固定棒的直径/刚度及矢状面曲度与局部 PJA 角度、屈曲应力及活动度有关,建议 UIV 节段使用灵活柔软的固定装置,如移行棒(transition rods,减小近端固定棒的直径)、横突钩等,减小固定棒矢状面曲度有助于降低交界区应力。此外,预弯度不够的固定棒也会增加脊柱的应力,增加螺钉拔出的风险^[19]。

Metzger 等^[20]发现 UIV 节段使用椎板钩明显优于其他钉钩系统,能够避免头端邻近非固定节段发生活动度增加。Han 等^[21]发现与传统的钛合金双棒系统(titanium two-rod constructs, TiTRCs)相比,钴铬合金多棒系统

(cobalt chromium multi-rod constructs, CoCrMRC)能够改善连接棒的硬度及内固定装置的稳定性,降低断棒的风险;相反,增加 CoCrMRC 的刚度能够增加 PJK 的风险,影响 PJK 的发展。尽管目前尚缺少内置物刚度与 PJF 之间关系的相关报道,但近端节段应用钉钩系统固定能够降低 PJF 的发生率^[18]。

3.1.3 UIV 选择 UIV 节段的选择是影响近端交界区病变(PJK/PJF)的重要因素。Bridwell 等^[22]发现术后出现严重 PJK($PJA>20^\circ$)的患者融合节段明显少于非 PJK 患者,且 UIV 多位于 T8(下胸椎, $P=0.01$)。Ha 等^[23]发现 UIV 位于上胸椎(T2~T5)时,PJF 患者主要表现为上方邻近椎体半脱位,是内固定失败的主要原因,多发生于术后早期,是由于 UIV 椎体前部及上终板的塌陷、椎间盘退变和后方肌肉韧带张力带完整性缺失共同作用的结果;UIV 位于下胸椎(T9~L1)时,患者更容易发生椎体骨折(UIV、UIV+1、UIV+2),且内固定失败出现更早($P<0.01$)。

胸腰段是由较为“固定”的下胸椎/肋骨(后凸)和“活动”的上腰椎(前凸)组成,局部应力集中,容易发生交界性后凸。Lafage 等^[19]发现 UIV 位于胸腰段时,PJK 的发生率明显增加;80 例 UIV 位于胸腰段出现 PJK 的患者中,50 例 UIV 位于 T10。Annis 等^[14]发现 UIV 位于 T9~T10 的患者发生 APJF 的几率明显高于 UIV 位于 T11~T12 和 L1~L2 的患者($P=0.07$);而当 UIV 位于 T10 时,APJF 的发生率高达 57.1%,明显高于 T9($P=0.03$)和 T11($P=0.01$)。然而,在成人退变性脊柱侧凸治疗中,Shufflebarger 等^[24]发现 UIV 位于 L1/2、T11/12 和 T9/10 时,PJK 发生率分别为 50%(7/14,其中 1 例为融合节段近端压缩性骨折,1 例为 UIV 节段内固定失败)、50%(7/14,其中 1 例为融合节段近端压缩性骨折,未出现 UIV 节段内固定失败)和 14%(1/7,未发生压缩性骨折及内固定失败),与 UIV 位于 T10 及近端者相比,固定至 T11/12 者术后更易发生邻近节段病变,如邻近节段的退变、骨折、内固定失败及 PJK 等。这是由于 T1~T10 椎体借肋骨与胸骨相连,胸廓的存在使该段胸椎具有更高的力学稳定性,而 T11/12 缺少这一优势。若 UIV 终止于 T11/12 及更远端,则固定融合节段与活动度较大邻近节段间形成不稳定区,增加交界区病变的发生。此外,Simmons 等^[25]报道成人退变性侧凸患者融合至 L1/2 时邻近节段病变发生率高达 60%。Park 等^[14]通过多变量分析发现 UIV 位于胸腰段(T11~L1)是 PJF 的重要危险因素,风险比为 5.236, P 值为 0.001。

3.1.4 固定到髂骨/骶骨 除了 UIV,远端固定椎(lower instrumented vertebra, LIV)的选择也是影响术后 PJK/PJF 的重要因素。Kim 等^[26]和 Yagi 等^[27]发现 LIV 固定至骶骨(S1)患者的 PJK 发生率明显高于 LIV 固定至 L5 或 L5 以上节段的患者,发生率分别为 51%比 30%($P=0.009$)和 27.6%比 19.2%($P=0.02$)。LIV 固定至骶骨会导致 UIV 及邻近非融合节段发生应力集中,甚至椎体骨折^[15]。然而,Yagi 等^[27]同样发现 LIV 固定至骶骨能够避免长节段融合

术后矢状面代偿失调及远端邻近节段退变,且 PJK 的翻修率低于远端 L5/S1 退变的翻修率,故 LIV 固定至骶骨的患者可能受益更多。此外,有研究发现 LIV 固定至骨盆者术后 PJK 的翻修率更高^[28]。

3.1.5 过度矫正 研究显示矢状面平衡 (sagittal vertical axis, SVA) 及腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL) 的过度矫正与 PJK/PJF 的发生密切相关^[29]。在 Dubousset 的“经济圆锥”理念 (描述矢状面平衡在维持姿势和躯体稳定性中的作用) 中,矢状面的过度矫正破坏了 SVA 与重力垂线 (natural line of gravity) 之间的平衡,机体只能通过“剩余”非融合节段的调整,实现机体新的最佳姿势位置^[30]。Lafage 等^[31]发现 PJK 组患者存在明显的过度矫正,矢状面矫正程度影响 PJK 的发生率。有学者发现与迟发型 PJK 相比,早发型 PJK 患者上腰段顶椎矫正率较大,而尾端矫正程度较小^[30]。

Maruo 等^[32]发现术后 LL 增加 $>30^{\circ}$ 时,PJK 的发生率显著增加 (58% 比 28%, $P=0.003$)。Kim 等^[29]发现需进行翻修手术的 PJK 患者 (PJF) 的 LL 更接近于骨盆入射角 (pelvic incidence, PI; 58.1; LL: 54.4),而未发生 PJK 的患者 LL 明显小于 PI (PI: 56.4; LL: 42.1),建议 $PI-9^{\circ}$ 作为术后 LL 值的参考标准。此外, Park 等^[33]发现 PJF 患者术后 PI 明显大于 PJK 患者及无 PJK/PJF 患者 ($P=0.05$),认为 PI 可能是发生 PJF 的重要危险因素。SVA 随着年龄的增长逐渐变大, Kim 等^[29]发现与未发生 PJK 的患者相比, PJK 翻修患者术后的 SVA 较小 (0.8cm 比 4.1cm),而 SVA 矫正值较大 (9cm 比 4cm)。

目前,站立位 X 线片是评估脊柱骨盆参数与脊柱矫正效果的主要措施,而人们日常生活的大部分时间是坐位,因此姿势体位变动在手术方案的选择中是不可忽视的因素之一^[30]。人体从站立位到坐位时通过改变出现一系列调整, Endo 等^[33]发现正常人从站立位到坐位, LL 角减小约 50%,而骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) 角增加约 285%; LL 角度的减小在老年人群中更为显著,而且这些改变主要集中于下腰椎区域 (坐位)^[30],因此矢状面曲度的矫正不能仅仅局限于站立位影像学参数。最近, Patel 等^[34]提出采用术前仰卧位姿势评估脊柱平衡,预估 ASD 患者胸腰椎融合术后非融合节段的序列改变。多体位评估脊柱矢状位序列能够更全面地了解患者脊柱真实柔韧度,术前应考虑到患者术后日常生活中的体位姿势改变,实现患者个体化的最佳脊柱序列,提高整体疗效。

3.2 不可控性因素

脊柱畸形手术之前术者必须关注患者的自身因素,包括: 体重指数 (BMI) 和骨密度 (BMD)、年龄、性别、合并疾病、胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK) 等。

Bridwell 等^[35]发现 BMI 增加是术后 $PJA>20^{\circ}$ 的重要危险因素 ($P=0.015$),可能与高 BMI (肥胖) 导致近端交界区应力增加有关。低 BMD 是发生 PJF 的重要危险因素^[12],骨质疏松患者骨密度下降,降低钉骨界面的结合强度,螺钉

的把持力下降,增加了术后螺钉松动的风险。此外,骨质疏松患者常伴有肌肉萎缩及胸腰椎椎旁肌肌力下降,增加脊柱不稳的风险,加速 PJK 的发展。

高龄 (>55 岁) 是发生 PJF 的危险因素之一^[29-36]。年龄与脊柱生理曲度改变密切相关,正常老年人的 PT 和 LL 角度较年轻者明显增加,而 LL 的过度矫正及术前 TK 过大均为 PJK/PJF 发生的重要因素;高龄患者脊柱退变严重且多合并有骨质疏松,机体代偿能力差,术后容易出现交界区病变^[29]。有学者发现高龄患者术后 PJK 的发生率明显高于年轻者^[23],而 Kim 等^[29]发现高龄是需要进行翻修手术 PJK 患者的重要危险因素,脊柱低柔韧度及影像学的过度矫正可能是重要原因。因此,有学者提出了以年龄和脊柱畸形程度为基础的个体化治疗原则^[31]。此外,女性患者及术前合并症均为术后发生 PJK/PJF 的重要危险因素^[30]。

手术前 TK 过大是发生 PJK 的危险因素之一, Maruo 等^[32]发现术前 $TK>30^{\circ}$ 是发生 PJK 的危险因素。

4 PJK 的预防

PJK/PJF 的主要预防措施包括使用钉-钩系统固定、UIV 节段预防性椎体成形术等。

低 BMD (骨质疏松) 是 PJF 的重要危险因素,而椎体骨折是 PJF 最常见的类型。近年来,应用骨水泥强化近端交界区椎体预防 PJK/PJF 已得到广泛认可。Hart 等^[9]的研究发现 13 例未行椎体成形术的患者术后早期 2 例发生骨折 (15.4%),而 15 例行预防性椎体成形术患者中未出现椎体骨折病例。Kebaish 等^[37]通过生物力学研究发现,与 UIV 单节段椎体成形术及未行椎体成形术相比, UIV/ UIV+1 双节段椎体成形术能够有效降低椎体骨折的发生率。在一项平均随访 5 年的临床研究中, Raman 等^[38]发现 UIV 和 UIV+1 双节段椎体成形术能够降低术后早期发生 PJF 的风险,然而无法降低远期 PJK 的发生率 (2 年: 7.7%; 2~5 年: 20.5%),而 PJF 作为早期并发症,意义深远。Yagi 等^[39]发现术后早期应用特立帕肽能够改善 UIV+1 椎体的骨质,降低椎体骨折发生的风险。

Hassanzadeh 等^[40]发现横突钩固定 UIV 节段组术后 PJK 的发生率 (0/20) 明显低于椎弓根螺钉固定组 (9/27, $P=0.01$),且末次随访时横突钩固定组患者功能评分明显优于螺钉固定组 ($P<0.05$);可能与横突钩组术中 UIV 节段关节突关节破坏程度小 (操作不涉及后方韧带复合体和上关节突关节囊) 及横突钩刚度低,邻近节段机械应力低有关。此外,横突钩固定不侵及椎体,避免了 UIV 节段发生压缩性骨折的风险,降低了 PJF 的发生率。

Safaei 等^[41]报道了一种新的韧带增强技术 (ligament augmentation),在 UIV-1 至 UIV+1 节段进行韧带加强,降低近端交界区应力,从而降低 PJK/PJF 的发生率。此外,近端移行棒 (tapered transition rods, “soft landing” 理念)、UIV 的选择、延长近端融合节段、后路经皮内固定等均能够降低近端交界区应力,降低 PJK/PJF 的发生^[37]。以患者年龄、

畸形程度为基础的个体化治疗方案或许是降低 PJK/PJF 的最重要措施,尤其是过度矫正现象的提出,但是目前尚缺少最佳矫正程度的客观标准。

5 PJF 的治疗及预后

单纯影像学上的 PJK 无需特殊治疗, PJF 翻修手术的指征主要包括:后凸畸形持续加重^[9,28]/后凸角变化 $>30^\circ$ ^[10]、保守治疗无效的顽固性疼痛^[10,13,28]、内植物突出^[10,13,28]、神经功能损害或脊髓压迫^[10,13,28]、脱位/骨折半脱位^[10]、Chance 骨折^[10]及椎体滑脱 $>6\text{mm}$ ^[10]。手术方式主要包括延长近端融合节段及截骨矫形。对于柔韧性良好的患者通过延长近端融合节段至稳定节段区(减压/不减压),即可获得脊柱的平衡^[42];UIV 位于下胸椎者,翻修时 UIV 应延长至上胸椎;UIV 位于上胸椎者,需延长至 T1-2,甚至颈椎^[28]。对于严重的僵硬性后凸畸形,则需进行截骨矫形:椎间盘良好且前柱无强直僵硬者,可行 Smith-Petersen 或 Ponte 截骨;对于严重的僵硬性畸形或合并脊髓前方压迫,则需进行三柱截骨,如经椎弓根截骨术等;当前柱高度丢失 $>50\%$,则需进行前柱支撑,有助于改善矢状面序列及脊柱融合率^[40]。此外,骨质疏松患者术前即应使用特立帕肽^[42]。

Yagi 等^[4]报道了 23 例进行近端延长翻修手术的 PJF 患者,术后 12 例出现严重并发症,11 例(48%)患者在新的 UIV 节段出现新发 PJK/PJF (additional PJK/PJF),9 例需要再次翻修手术;随访中 2 例患者再次接受二次翻修手术,1 例并发深部感染,另 1 例出现假关节形成。Wang 等^[15]采用后路延长固定节段联合前柱(cage/钛网)重建术治疗 17 例(17/286)PJF 患者(286 例患者基础疾病:退变性腰椎侧凸 65 例、多节段腰椎间盘突出症 221 例),未发生手术相关并发症,末次随访(18.8 个月)时患者疼痛及神经症状明显改善,且新 UIV 节段无 PJK/PJF 新发;与 Yagi 等报道的结果不同,可能与翻修术中取出 L5、S1 节段椎弓根螺钉,降低 UIV 节段应力有关,而患者基础疾病(畸形程度)也是不可忽视的因素。Wang 等^[15]认为前柱重建是防止内固定失败、脊柱长期稳定及改善手术疗效的关键因素之一。

6 总结

综上所述, PJF 作为成人脊柱矫形术后的并发症之一,是由多因素共同作用的结果,且不同于单纯的交界性后凸。术者术前应充分评估患者全身状况(包括 BMI、BMD 及合并症等),以患者年龄及畸形程度为基础制定个体化治疗方案,选择最佳手术入路及近/远端融合节段,避免过度矫正,重建脊柱平衡;术中选择合适的固定器械,加强后方韧带软组织的保护,必要时结合骨水泥强化技术,尤其是 UIV 节段;术后应继续加强抗骨质疏松治疗,积极预防 PJF 的发生。PJF 的手术指征及治疗方式目前尚无统一标准,翻修手术难度大,风险高,并发症多,且术后可能再次并发 PJK/PJF。

7 参考文献

1. 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.
2. Lee GA, Betz RR, Clements DH, et al. Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis [J]. Spine(Phila Pa 1976), 1999, 24(8): 795-799.
3. 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.
4. Yagi M, Rahm M, Gaines R, et al. Characterization and surgical outcomes of proximal junctional failure in surgically treated patients with adult spinal deformity[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39(10): E607-614.
5. 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.
6. Hart RA, Prendergast MA, Roberts WG, et al. Proximal junctional acute collapse cranial to multi-level lumbar fusion: a cost analysis of prophylactic vertebral augmentation[J]. Spine J, 2008, 8(6): 875-881.
7. Watanabe K, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Proximal junctional vertebral fracture in adults after spinal deformity surgery using pedicle screw constructs analysis of morphological features[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2010, 35(2): 138-145.
8. 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.
9. 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): E1223-1227.
10. Scheer JK, Farkas 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.
11. 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.
12. 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.
13. Smith MW, Annis P, Lawrence BD, et al. Early proximal

- junctional failure in patients with preoperative sagittal imbalance [J]. *Evid Based Spine Care J*, 2013, 4 (2): 163–164.
14. Park SJ, Lee CS, Chung SS, et al. Different risk factors of proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure following long instrumented fusion to the sacrum for adult spinal deformity: survivorship analysis of 160 patients [J]. *Neurosurgery*, 2016, 80(2): 279–286.
 15. Wang H, Ma L, Yang D, et al. Revision surgery outcomes of proximal junctional failure in surgically treated patients with posterior long instrumented spinal fusion[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2016, 9(11): 21748–21755.
 16. Cammarata M, Aubin C, 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): E500–507.
 17. Anderson AL, McIff TE, Asher MA, et al. The effect of posterior thoracic spine anatomical structures on motion segment flexion stiffness[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (5): 441–446.
 18. 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.
 19. Lafage R, Line BG, Gupta S, et al. Orientation of the upper-most instrumented segment influences proximal junctional disease following adult spinal deformity surgery [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(20): 1570–1577.
 20. Metzger MF, Robinson ST, Svet MT, et al. Biomechanical analysis of the proximal adjacent segment after multilevel instrumentation of the thoracic spine: do hooks ease the transition[J]. *Global Spine J*, 2016, 6(4): 335–343.
 21. 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.
 22. 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.
 23. 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.
 24. Shufflebarger H, Suk SI, Mardjetko S. Debate: determining the upper instrumented vertebra in the management of adult degenerative scoliosis: stopping at T10 versus L1 [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(19 Suppl): S185–194.
 25. Simmons ED, Huckell CB, Zheng Y. Proximal kyphosis “topping off syndrome” and retrolisthesis secondary to multi-level lumbar fusion in the elderly patients[J]. *Spine J*, 2004, 4(5): S114–S114.
 26. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG. 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.
 27. 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.
 28. 邱勇, 朱泽章. 成人脊柱畸形[M]. 山东: 山东科学技术出版社, 2017. 105–115.
 29. Kim HJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Patients with proximal junctional kyphosis requiring revision surgery have higher postoperative lumbar lordosis and larger sagittal balance corrections[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(9): E576–580.
 30. Diebo BG, Shah NV, Stroud SG, et al. Realignment surgery in adult spinal deformity prevalence and risk factors for proximal junctional kyphosis [J]. *Orthopade*, 2018, 47 (4): 301–309.
 31. Lafage R, Schwab F, Glassman S, et al. Age-adjusted alignment goals have the potential to reduce PJK[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2017, 42(17): 1275–1282.
 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): E1469–1476.
 33. Endo K, Suzuki H, Nishimura H, et al. Sagittal lumbar and pelvic alignment in the standing and sitting positions [J]. *J Orthop Sci*, 2012, 17(6): 682–686.
 34. Patel A, Varghese J, Liabaud B, et al. Supine radiographs outper-form standing radiographs in predicting postoperative alignment of unfused thoracic segments[J]. *Spine J*, 2016, 16 (10): S370–S371.
 35. 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.
 36. Kim HJ, Iyer S. Proximal junctional kyphosis[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2016, 24(5): 318–326.
 37. Kebaish KM, Martin CT, O’Brien JR, et al. Use of vertebroplasty to prevent proximal junctional fractures in adult deformity surgery: a biomechanical cadaveric study[J]. *Spine J*, 2013, 13(12): 1897–1903.
 38. 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.

非融合技术治疗先天性早发型脊柱侧凸的研究进展

Research status of non-fusion treatment for congenital early-onset scoliosis

徐 亮, 史本龙, 孙 旭, 邱 勇, 朱泽章
(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.08.13

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-08-0753-05

早发型脊柱侧凸是指发生于 10 岁以前且有较大进展风险的脊柱侧凸畸形, 其病因学常包括先天性、特发性以及神经肌源性等^[1-3]。其中, 先天性早发型脊柱侧凸具有脊柱发育差、侧凸进展迅速、侧凸累及节段长等特点, 目前已成为早发型侧凸中最难处理的一类畸形^[4-5]。对于该类患者, 当存在非手术治疗禁忌证或非手术治疗失败时常需要手术治疗。

对于单个半椎体导致的先天性脊柱侧凸, 早期通过半椎体切除及短节段固定融合手术常可取得较好的手术效果^[6-8]。但对于多发椎体发育异常且合并僵硬性脊柱侧凸患儿, 其手术方案文献中尚无统一的结论。一期行内固定植骨融合手术虽然能矫正畸形, 但长节段融合手术会严重限制患儿生长发育, 甚至导致胸廓发育不良综合征以及呼吸衰竭等^[2-4]。近年来的非融合技术已广泛应用于早发型脊柱侧凸畸形的治疗, 其中适合于先天性早发型脊柱侧凸的技术主要包括生长棒、纵向撑开人工钛肋 (vertical expandable prosthetic titanium rib, VEPTR)、Hybrid 生长棒以及 Shilla 生长棒等^[9, 10]。笔者就先天性早发型脊柱侧凸常用的非融合技术的治疗效果及并发症综述如下。

1 传统生长棒技术

传统生长棒技术将金属棒固定于上、下两端椎体, 中间使用连接器连接, 在矫正脊柱侧凸畸形的同时, 通过定期对连接器的松解以维持脊柱的纵向生长发育^[11, 12]。生长棒技术治疗儿童先天性早发型脊柱侧凸畸形的适应证主要包括侧凸畸形进行性加重且保守治疗无效者及骨骼尚存在较大的生长发育潜能者^[1, 13, 14]。

传统生长棒技术主要分为单侧生长棒及双侧生长棒。Farooq 等^[15]报道 88 例接受单侧生长棒治疗的患儿, 平均随访 42 个月后脊柱侧凸 Cobb 角由术前 73°显著降低至 44°。Thompson 等^[16]分析了 23 例接受传统生长棒治疗的患儿 (单棒 16 例, 双棒 7 例), 单棒组 (3 例, 19%) 发生 5 次并发症, 并发症发生率显著低于双棒组患者 (2 例, 29%)。然而, 目前大部分脊柱外科医师认为双侧生长棒矫正效果更好且内固定相关并发症发生率更低。王伟等^[17]回顾性分析了 34 例接受生长棒治疗的先天性早发型脊柱侧凸患者 (单棒组 4 例, 双棒组 30 例), 末次随访时两组患儿侧凸畸形较术前均有明显改善, 但双侧生长棒可以提供更好的矫正效果。此外, 在脊柱生长能力方面, 双棒组脊柱生长速度为 1.49cm/年, 亦显著高于单棒组患儿 (1.05cm/年)。邱勇等^[18]通过对 21 例接受生长棒治疗患儿平均随访 54 个月发现, 两种内固定系统均可获得一定的矫正效果, 但随着撑开次数的增多, 脊柱撑开延长的效果明显下降, 即“递减法则”。此外, 由于单侧生长棒的支撑效果差, 术后并

第一作者简介: 男 (1994-), 硕士研究生, 研究方向: 脊柱外科
电话: (025)83105288 E-mail: saixuliang@163.com
通讯作者: 朱泽章 E-mail: zhuzezhang@126.com

39. Yagi M, Ohne H, Konomi T, et al. Teriparatide improves volumetric bone mineral density and fine bone structure in the UIV+1 vertebra, and reduces bone failure type PJK after surgery for adult spinal deformity [J]. Osteoporos Int, 2016, 27(12): 3495-3502.
40. 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.

41. Safaee MM, Deviren V, Dalle Ore C, et al. Ligament augmentation for prevention of proximal junctional kyphosis and proximal junctional failure in adult spinal deformity [J]. J Neurosurg Spine, 2018, 28(5): 512-519.
42. Nguyen NLM, Kong CY, Kebaish KM, et al. Diagnosis and Classification of Proximal Junctional Kyphosis and Proximal Junctional Failure. Adult Lumbar Scoliosis [M]. America: Springer International Publishing, 2017. 195-216.

(收稿日期: 2018-05-03 修回日期: 2018-07-03)

(本文编辑 李伟霞)