

·论著·

# 后路多节段 Ponte 截骨矫形固定术治疗青少年休门氏脊柱后凸畸形疗效分析



全文二维码



开放科学码

白云松 张学军 高荣轩 曹 隽  
郭 东 姚子明 祁新禹 李 浩

**【摘要】 目的** 评价后路多节段 Ponte 截骨矫形固定术治疗青少年休门氏脊柱后凸畸形 (scheuerman's disease, SK) 的手术效果及对脊柱-骨盆矢状位参数的影响。 **方法** 回顾性分析 2012 年 7 月至 2018 年 12 月首都医科大学附属北京儿童医院诊治的 18 例青少年 SK 患者的临床资料, 其中男 14 例, 女 4 例; 年龄 11 ~ 15 岁, 平均 (13.2 ± 1.9) 岁。所有患者接受后路多节段 Ponte 截骨矫形固定手术, 随访时间至少 24 个月。术前、术后及末次随访时所有患者行站立位全脊柱正侧位 X 线检查。对比术前、术后以及末次随访时全脊柱最大后凸角 (global kyphosis, GK)、近端交界角 (proximal junctional angle, PJA)、远端交界角 (distal junctional angle, DJA)、胸椎后凸 (thoracic kyphosis, TK)、腰椎前凸 (lumbar lordosis, LL)、矢状面平衡 (sagittal vertical axis, SVA) 以及骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT)、骶骨倾斜角 (sacral slope, SS) 的变化。 **结果** 随访 24 ~ 70 个月, 平均 (38.10 ± 15.32) 个月; Ponte 截骨节段为 6 ~ 9 个, 平均 (7.4 ± 1.1) 个; 术后即刻 GK 较术前明显降低 ( $P < 0.05$ ), 由术前的 (78.3 ± 10.6)° 下降至术后即刻的 (32.3 ± 8.4)°, 术后即刻矫正率达 58.7%, 末次随访时为 (34.1 ± 6.2)°, 与术后即刻无明显差异 ( $P > 0.05$ ); 术后即刻 TK、LL 较术前降低 ( $P < 0.05$ ), 与末次随访时比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。PJA、DJA、SVA 及骨盆矢状位参数 (PI、PT、SS), 术后即刻、末次随访时与术前比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。所有患者无神经系统并发症。矫形手术对脊柱-骨盆矢状位序列无明显影响。随访过程中未见近端交界性后凸、远端交界性后凸, 无内固定失败、感染和假关节形成等并发症。 **结论** 后路多节段 Ponte 截骨矫形固定术治疗青少年 SK 安全、有效, 至少 2 年随访结果是满意的, 此类手术并不影响脊柱-骨盆矢状位参数。

**【关键词】** Scheuermann 病; 脊柱后凸; Ponte 截骨; 治疗结果; 青少年

**【中图分类号】** R682.3 R726.8

**Posterior-only multi-segment Ponte osteotomies with internal fixation and fusion in adolescent Scheuermann's kyphosis.** Bai Yunsong, Zhang Xuejun, Gao Rongxuan, Cao Jun, Guo Dong, Yao Ziming, Qi Xinyu, Li Hao. Department of Orthopedics, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, Beijing 100045, China. Corresponding author: Zhang Xuejun, Email: zhang-xj04@163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the surgical outcomes of posterior-only multi-segment Ponte osteotomies with internal fixation and fusion for adolescent Scheuermann's kyphosis (SK). **Methods** Clinical data were retrospectively reviewed for 18 undergoing posterior-only multi-segment Ponte osteotomies with internal fixation and fusion from July 2012 to December 2018. There are 14 boys and 4 girls with an average age of (6.50 ± 3.22) (2.17 - 13.00) years. Standing anteroposterior and lateral radiographs of full-spine were recorded and compared preoperatively, postoperatively and at the last follow-up. Radiographic parameters included global kyphosis (GK), proximal junctional angle (PJA), distal junctional angle (DJA), thoracic kyphosis (TK), lumbar lordosis (LL), sagittal vertical axis (SVA), pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT) and sacral slope (SS). **Results** The mean follow-up period was (38.10 ± 15.32) (24 - 70) months. Ponte osteotomy segments had an average of (7.4 ± 1.1) (6 - 9). GK was (78.3 ± 10.6)° preoperatively, (32.3 ± 8.4)° (correction rate of

DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.08.007

基金项目:北京市医院管理局临床技术创新项目(扬帆)

作者单位:首都医科大学附属北京儿童医院骨科(北京市, 100045)

通信作者:张学军, Email: zhang-xj04@163.com

58.7%) postoperatively and  $(34.1 \pm 6.2)^\circ$  at the latest follow-up. TK and LL post-operation were significantly lower than those pre-operation ( $P < 0.05$ ) and there was no significant difference from the last follow-up ( $P > 0.05$ ). PJA, DJA, SVA and sagittal spinopelvic parameters (PI/PT/SS) were not significantly different from those pre-operation and the last follow-up ( $P > 0.05$ ). There was no occurrence of neurologic complication, proximal junctional kyphosis, distal junctional kyphosis, infection, pseudarthrosis, correction loss or instrumentation-related complication during follow-ups. **Conclusion** Posterior-only multi-segment Ponte osteotomies with internal fixation and fusion is both safe and effective for adolescent SK. And surgical outcomes were satisfactory during a follow-up period of over 2 years. In our experience, the spinopelvic parameters did not change after surgery.

**【Key words】** Scheuermann Disease; Kyphosis; Ponte osteotomy; Treatment Outcome; Adolescent

休门氏病(Scheuermann's disease)又称休门氏后凸畸形(Scheuermann's kyphosis, SK),是一种见于青少年胸椎或胸腰椎的结构性后凸畸形,既往文献报道其发病率为1%~8%,男女发生比例1:1~7:1<sup>[1,2]</sup>。部分患者因疼痛和外观畸形需行手术治疗。传统手术方案包括单纯后路矫形融合固定术和前后路联合矫形融合固定术等<sup>[3,4]</sup>。前后路联合手术曾被认为是手术治疗SK的金标准。近年来,随着后路截骨矫形手术及椎弓根螺钉的应用,后路手术以其手术时间短、出血少、并发症发生率低、疗效满意等优点,逐渐成为治疗该病的首选手术方式,也被广泛应用于SK的手术治疗<sup>[5]</sup>。但后路手术的并发症,如近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)和远端交界性后凸(distal junctional kyphosis, DJK),也逐渐引起了大家的重视<sup>[6]</sup>。另外,SK主要影响脊柱矢状位曲度,是否会引起青少年脊柱-骨盆矢状位形态的改变却鲜有报道。本研究通过回顾性分析2012年7月至2018年12月在北京首都医科大学附属北京儿童医院诊治的18例青少年SK患者的临床资料,探讨青少年SK后路多节段Ponte截骨矫形固定手术的效果以及脊柱-骨盆矢状位形态学特征。

## 材料与方法

### 一、一般资料

回顾性分析2012年7月至2018年12月在北京首都医科大学附属北京儿童医院接受手术治疗的SK患者临床资料。病例纳入标准:①诊断为休门氏病,即至少3个相邻椎体楔形变均 $>5^\circ$ <sup>[7]</sup>;②随访24个月以上;③接受单纯后路手术;④术中采用多节段Ponte截骨术。排除标准:①冠状面侧凸Cobb角 $>30^\circ$ ;②合并其他脊髓、椎体发育异常或病变;③既往行脊柱手术;④临床资料及影像学资料不完整。

最终本研究共纳入18例SK患者,其中男14例,女4例;年龄11~15岁,平均 $(13.2 \pm 1.9)$ 岁。15例因外观畸形手术,3例因背部疼痛及外观畸形手术;均无神经系统症状。胸椎后凸畸形12例,胸腰椎后凸畸形6例。

### 二、影像学测量与相关定义

术前、术后即刻、术后末次随访时拍摄站立位全脊柱正侧位X线片。术前常规进行全脊柱CT平扫及三维重建,评估椎体楔形改变情况,排除其他椎体发育异常疾病。术前行全脊髓磁共振平扫排除神经系统畸形。

①全脊柱最大后凸角(global kyphosis, GK):是指矢状面上端椎上终板与下端椎下终板平行线的夹角。②近端交界角(proximal junctional angle, PJA):是指近端融合椎下终板与其上第二个椎体上终板平行线的夹角。PJA定义为 $PJA \geq 10^\circ$ 及较术前相同节段至少增加 $10^\circ$ 。③远端交界角(distal junctional angle, DJA):是指远端融合椎上终板至其下1个椎体下终板平行线的夹角。DJA定义为 $DJA \geq 10^\circ$ 及较术前相同节段至少增加 $10^\circ$ 。④胸椎后凸(thoracic kyphosis, TK)是指T5上终板与T12下终板平行线的夹角。⑤腰椎前凸(lumbar lordosis, LL)是指L1上终板与S1上终板平行线的夹角。⑥矢状位平衡(sagittal vertical axis, SVA):为侧位片上C7沿垂线与骶骨后上缘的水平距离(位于骶骨后上缘前方为正值,后方为负值)。⑦GK矫正率的计算为(术前值-术后值)/术前值 $\times 100\%$ 。

脊柱-骨盆矢状位参数包括:①骨盆入射角(pelvic incidence, PI):经S1上终板中点作一条垂直于终板的直线,再经S1上终板的中心和股骨头中心点做一条直线,两条直线间的夹角即PI;②骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT):经过S1上终板中点以及两侧股骨头连线中点的直线与铅垂线间的夹角;③骶骨倾斜角(sacral slope, SS):S1终板与水平线之间的夹角。

所有影像学指标用 SurgimapSpine 2.2.15 软件测量评估,由 2 名临床经验在 10 年以上的小儿脊柱外科医生各测量 2 次,取平均值。

### 三、手术方法

所有患者采用后路多节段 Ponte 截骨、椎弓根螺钉固定及矫形植骨融合术。手术适应证为后凸畸形  $>70^\circ$  和(或)有背部疼痛症状的 SK 患者。内固定融合范围为近端融合至上端椎,远端融合至第一个前凸椎间盘下方相邻椎体或矢状面稳定椎<sup>[8,9]</sup>。

患者取俯卧位,X 线定位切口位置,取标准背部正中切口。逐层切开皮肤、皮下组织,骨膜下剥离显露预定融合节段的棘突和椎板,双侧使用定位针透视定位或徒手置钉方法置入椎弓根螺钉,近端 3~5 组螺钉可以使用长尾复位螺钉,便于矫形时操作。由近端向远端,以后凸顶椎为中心呈对称分布,上、下 6~8 个节段行 Ponte 截骨术。完整切除棘上韧带及棘间韧带,用咬骨钳咬除棘突,然后使用椎板钳从椎板间隙或者超声骨刀显露椎管,完整切除关节突关节,包括上位椎体的下关节突和下位椎体的上关节突,完成 Ponte 截骨术。截取适当长度双棒,预弯生理性胸椎后凸及腰椎前凸,自远端开始双侧棒分别连接两侧椎弓根钉,逐一向近端压入螺钉钉槽内,于近端长尾复位螺钉处逐个、交替拧紧螺栓。在截骨区再次交替加压抱紧,进一步闭合截骨区,C 形臂透视检查矫形效果满意。确认锁紧所有内固定,冲洗切口,固定节段内椎体的椎板去皮质处理,将切除的棘突及截骨所得自体骨咬成骨粒和(或)人工骨粒,植入固定范围以内的椎板、横突间。逐层缝合切口。所有病例术中行脊髓体感诱发电位和运动诱发电位监测。

### 四、统计学处理

采用 IBM SPSS 19.0 统计软件对所有数据进行

统计学分析。所有计量资料以均值加减标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用配对  $t$  检验分析比较 SK 患者术前、术后及末次随访的影像学参数。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

手术融合固定 9~13 个椎体,平均( $11.4 \pm 0.9$ )个椎体;术中 Ponte 截骨节段为 6~9 个,平均( $7.4 \pm 1.1$ )个;手术时间 180~300 min,平均( $240.20 \pm 46.18$ )min;术中出血量 430~1 200 mL,平均( $668.04 \pm 234.58$ )mL,所有病例术中使用自体血回输,输注自体血量 240~600 mL,平均( $388.24 \pm 112.93$ )mL。

术后即刻 GK 较术前降低( $t = 8.172, P < 0.05$ ),由术前的( $78.3 \pm 10.6$ ) $^\circ$ 下降至术后即刻的( $32.3 \pm 8.4$ ) $^\circ$ ,术后即刻矫正率达 58.7%,末次随访时为( $34.1 \pm 6.2$ ) $^\circ$ ,与术后即刻比较差异无统计学意义( $t = 0.596, P > 0.05$ );术后即刻 TK、LL 较术前降低( $P < 0.05$ ),与末次随访时比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。PJA、DJA、SVA 及骨盆矢状位参数(PI、PT、SS),术后即刻、末次随访时与术前比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

3 例术前出现疼痛的患者,术后均缓解,末次随访时未诉明显疼痛。术后随访 24~70 个月,平均( $38.10 \pm 15.32$ )个月;18 例患者随访过程中未见其他并发症(图 1)。

## 讨 论

休门氏病患者存在严重的脊柱后凸畸形和(或)背部疼痛症状,需要手术治疗。有文献报道

表 1 SK 患者手术前后及末次随访的影像学资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of imaging data of SK patients at pre/post-operation and the last follow-up( $\bar{x} \pm s$ )

参数	术前	术后即刻	末次随访时	术前 vs. 术后即刻		术后即刻 vs. 末次随访时	
				$t$ 值	$P$ 值	$t$ 值	$P$ 值
GK( $^\circ$ )	$78.3 \pm 10.6$	$32.3 \pm 8.4$	$34.1 \pm 6.2$	8.172	$<0.001$	0.596	0.882
PJA( $^\circ$ )	$6.8 \pm 4.1$	$7.8 \pm 3.2$	$7.7 \pm 4.0$	0.473	0.596	0.220	0.681
DJA( $^\circ$ )	$11.6 \pm 4.2$	$8.4 \pm 3.5$	$9.6 \pm 5.1$	0.493	0.432	0.596	0.337
TK( $^\circ$ )	$66.3 \pm 9.2$	$30.5 \pm 5.2$	$30.9 \pm 4.7$	2.100	0.003	0.211	0.891
LL( $^\circ$ )	$81.0 \pm 6.5$	$57.3 \pm 9.8$	$58.1 \pm 10.2$	2.633	0.010	0.235	0.596
SVA(mm)	$-18.5 \pm 26.1$	$-12.0 \pm 17.2$	$-10.3 \pm 15.8$	0.522	0.750	0.412	0.787
PI( $^\circ$ )	$42.5 \pm 6.8$	$43.3 \pm 5.3$	$43.8 \pm 7.6$	0.465	0.260	0.207	0.445
PT( $^\circ$ )	$11.5 \pm 6.5$	$12.6 \pm 6.4$	$11.2 \pm 3.5$	0.665	0.192	0.113	0.275
SS( $^\circ$ )	$31.6 \pm 9.6$	$31.0 \pm 7.5$	$32.5 \pm 8.1$	0.211	0.331	0.677	0.776



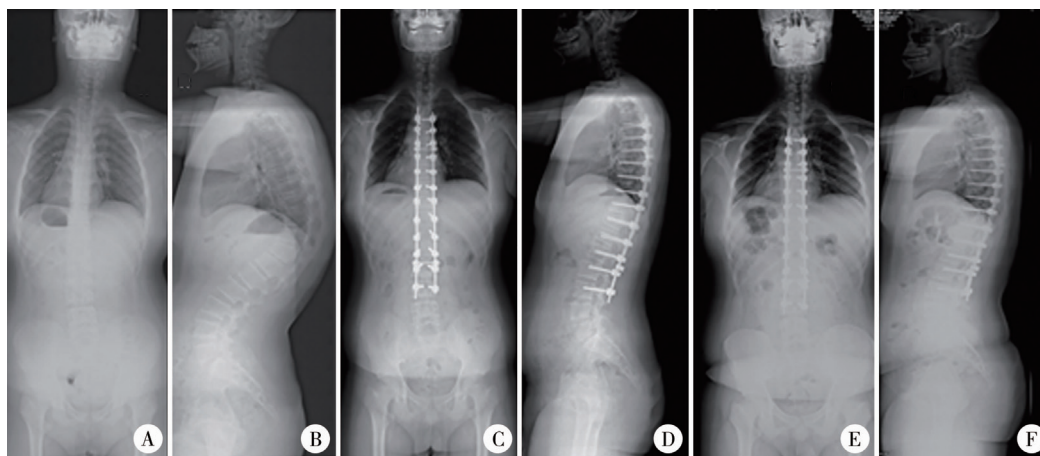


图1 12岁11个月SK男性患者手术前、术后及末次随访脊柱正侧位X线片 注 A:术前站立位正位X线片未见侧凸畸形; B:术前站立位全脊柱侧位X线片提示胸椎后凸畸形,Cobb角 $72^{\circ}$ ; C、D:术后1周复查站立位全脊柱正侧位X线片提示矢状位后凸 Cobb角 $29^{\circ}$ ; E、F:术后38个月末次随访复查站立位全脊柱正侧位X线片提示矫形效果维持满意,后凸 Cobb角 $28^{\circ}$

**Fig. 1** A boy aged 12 years 11 months was diagnosed as SK and anteroposterior and lateral spinal radiographs were taken at pre/post-operation and the last follow-up

脊柱后路截骨、椎弓根固定的手术方式取得了良好的临床效果<sup>[10,11]</sup>。但该手术的中远期并发症不容忽视,如矫正丢失、PJK和DJK等。Lonner等<sup>[5]</sup>报道了78例SK患者,术后至少随访2年以上,发现PJK和DJK的发生率分别为32.1%和5.1%。Denis等<sup>[12]</sup>报道了单纯接受后路手术的67例SK患者术后5年以上的随访结果,发现PJK和DJK的发生率分别为30%和12%。研究发现上下端融合椎选择不当是术后发生交界性后凸主要因素<sup>[10]</sup>。目前公认融合节段过短会增加交界性后凸的发生风险<sup>[13]</sup>;所以后路固定的融合范围应包括所有后凸累及节段,但在远端融合椎的选择上仍存在争议。Hosman等<sup>[8]</sup>认为远端应融合至下端椎远端的首个前凸椎体。Cho等<sup>[9]</sup>提出矢状面稳定椎的概念,并将其定义为沿骶骨后上角所作垂线接触的最近端椎,发现融合至稳定椎可有效减少DJK的发生。朱泽章等<sup>[14]</sup>研究发现休门氏病胸椎或胸腰椎后凸畸形患者远端融合水平延至矢状面稳定椎与固定到首个前凸椎相比,绝大多数情况下并不会增加融合节段或仅增加1个节段。因此,对于休门氏病脊柱后凸畸形的手术融合范围,本团队的体会是选择近端融合至上端椎、远端融合至第一个前凸椎间盘下方相邻椎体或矢状面稳定椎。本组患者术后经至少2年以上的随访,均未发生明显的PJK和DJK。

本组患者术后矫正率达58.7%,与文献报道基本相符<sup>[6,14]</sup>。随着GK的矫正,TK必然随之降低,但GK的矫正率也应该考虑术后矢状位重建正常的TK角度,GK的矫正不足、残留较大的TK,将增加PJK的发生风险,且LL也会随之代偿性增大,导致

DJK的发生风险增加,以及加快远端交界处椎间盘的退变;GK过度矫正、残留过小的TK角度,将会导致外观的平背畸形,同时这也是发生PJK的危险因素<sup>[12]</sup>。因此,矫正GK的同时要充分考虑重建正常的TK,这样才能维持脊柱矢状位的平衡,减少PJK和DJK的发生。本组患者术后TK、LL较术前降低( $P < 0.05$ ),术后TK、LL趋于正常,末次随访时与术后即刻的结果无明显差异,表明SK患者的矫形效果满意,未见明显丢失。

青少年SK患者多属于高胖体型,其身高、体重和BMI明显高于正常同龄人,对于这类需要手术的患者,使用坚强的内固定器械是非常必要的<sup>[15]</sup>。孙旭等<sup>[11]</sup>报道应用Ponte截骨联合四棒交替加压矫形技术治疗SK,可满足坚强固定和应力分散的需要,术后早期矫形效果满意,矫正丢失和内固定相关并发症发生率低。Hyun等<sup>[4]</sup>比较了双棒系统和多棒系统在三柱截骨患者中的研究,发现使用双棒系统的66例患者中有11例发生断棒,而66例使用多棒系统的患者中仅2例发生了断棒。本组病例均应用后路多节段Ponte截骨双钛棒矫形固定治疗SK,虽未使用多棒系统以及钴铬棒,但本组随访过程中并未出现断棒等内固定相关并发症,考虑原因可能包括:①后路Ponte截骨节段平均约( $7.4 \pm 1.1$ )个,较孙旭等<sup>[11]</sup>报道四棒交替加压技术中Ponte截骨节段[平均为( $4.4 \pm 0.7$ )个]多,增加了畸形的柔韧度,便于矫形;②采用全椎弓根螺钉固定,并在近端使用长尾复位螺钉,在矫形过程中,自远端向近端分次、交替、逐个拧紧螺栓,充分分散矫形过程中的应力,以达到稳定固定和减少螺钉拔出、松动的目

的;③待矫形完成后使用自体骨和(或)异体骨充分植骨于去皮质的椎板、横突间,促进骨性融合;④术后可以早期下床活动,但需支具保护 1~3 个月,增加稳定性。本组病例虽然增加了 Ponte 截骨节段数量以及置钉密度,但随着近年来超声骨刀在脊柱手术中的应用和椎弓根螺钉置钉技术的提高,并无一例患者术中或者术后出现神经系统损伤,且手术时间、出血量较文献报道并无明显增加,表明青少年 SK 应用后路多节段 Ponte 截骨双钛棒矫形固定治疗是一种相对安全的方法<sup>[6,14,16]</sup>。

SK 作为一种主要发生在脊柱矢状位上的畸形,如何保持脊柱矢状位的平衡,手术对骨盆矢状位形态影响以及矫形手术前后骨盆矢状面序列的变化目前鲜有研究。全面评估脊柱畸形患者的脊柱-骨盆矢状位形态,对于选择手术策略以及预测术后矢状位平衡重建都起到至关重要的作用<sup>[17]</sup>。骨盆矢状位参数主要分为解剖学参数 PI 和姿势相关性参数 PT 和 SS。在青少年时期,PI 随年龄增长不断增加,成年后骨骼发育成熟的 PI 将会保持不变<sup>[18]</sup>。国外文献报道正常成人的 PI 约为 51~55°<sup>[19,20]</sup>,李危石等<sup>[21]</sup>报道我国正常成人 PI 约为 $(45 \pm 9.6)^\circ$ ,而我国暂无正常青少年 PI 参考值。本组病例中患者术前 PI 为 $(42.5 \pm 6.8)^\circ$ ,较我国正常成人稍小,尚属于正常范围,提示本研究中的 SK 病例并未引起明显矢状面骨盆平衡的异常。本组病例中骨盆矢状位参数(PI、PT、SS),术后即刻、末次随访时与术前比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),提示后路多节段 Ponte 截骨矫形固定术对骨盆矢状面参数没有影响。Faldni 等<sup>[22]</sup>报道了 20 例 SK 患者经后路 Ponte 截骨、椎弓根螺钉固定手术治疗,术后骨盆参数较术前无明显改变( $P > 0.05$ ),与本研究结果基本一致。而 Jiang 等<sup>[23]</sup>报道患有 SK 的青少年与年龄匹配的正常对照组相比,PI 明显降低了。同样,Tyrakowski 等<sup>[24]</sup>也发现 SK 成人患者其 PI 低于健康成人,而且发现胸腰椎后凸畸形比胸椎后凸畸形的 PI 更低。本组患者胸椎后凸畸形有 12 例(66.7%),而胸腰椎后凸畸形仅 6 例(33.3%),这可能是本组病例中 PI 值无明显降低的原因。

综上所述,后路多节段 Ponte 截骨矫形固定术治疗青少年 SK 安全、有效,且手术不会影响脊柱-骨盆矢状位参数。但本研究尚存在一定局限性,第一,样本量较少;第二,本研究中病例随访时间较短,可能还不足以观察到内固定相关并发症以及 PJK、DJK 的发生。

## 参考文献

- 1 Dziewulski M, Szymanik W. Epidemiology of Scheuermann's disease in children and adolescents[J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2002, 4(6): 752-757.
- 2 Ghossoub K, Kreichati G, Azzi L, et al. The particularities of the adult Scheuermann's disease: study about 45 patients [J]. J Med Liban, 2004, 52(1): 19-24.
- 3 Bradford DS, Moe JH, Montalvo FJ, et al. Scheuermann's kyphosis: Results of surgical treatment by posterior spine arthrodesis in twenty-two patients [J]. J Bone Joint Surg Am, 1975, 57(4): 439-448.
- 4 Hyun SJ, Lenke LG, Kim YC, et al. Comparison of standard 2-rod constructs to multiple-rod constructs for fixation across 3-column spinal osteotomies [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(22): 1899-1904. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000556.
- 5 Lonner BS, Newton P, Betz R, et al. Operative management of Scheuermann's kyphosis in 78 patients: radiographic outcomes, complications, and technique [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(24): 2644-2652. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31815a5238.
- 6 Lee SS, Lenke LG, Kuklo TR, et al. Comparison of Scheuermann kyphosis correction by posterior-only thoracic pedicle screw fixation versus combined anterior/posterior fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(20): 2316-2321. DOI: 10.1097/01.brs.0000238977.36165.b8.
- 7 Koller H, Juliane Z, Umstaetter M, et al. Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis using a combined antero-posterior strategy and pedicle screw constructs: efficacy, radiographic and clinical outcomes in 111 cases [J]. Eur Spine J, 2014, 23(1): 180-191. DOI: 10.1007/s00586-013-2894-2.
- 8 Hosman AJ, Langeloo DD, Kleuver M, et al. Analysis of the sagittal plane after surgical management for Scheuermann's disease: a view on overcorrection and the use of an anterior release [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(2): 167-175. DOI: 10.1097/00007632-200201150-00009.
- 9 Cho KJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: the sagittal stable vertebra concept [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(8): 765-770. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31819e28ed.
- 10 Geck MJ, Macagno A, Ponte A, et al. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation [J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(8): 586-593. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31803d3b16.

- 11 孙旭,陈曦,陈忠辉,等. Ponte 截骨联合四棒交替加压矫形技术治疗休门氏病后凸畸形[J]. 中华骨科杂志, 2017,37(2):129-136. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.03.001.  
Sun X, Chen X, Chen ZH, et al. Multi-level Ponte osteotomies plus four-rod compression in correcting Scheuermann's kyphosis[J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2017, 37(2):129-136. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2017.03.001.
- 12 Denis F, Sun EC, Winter RB, et al. 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. DOI:10.1097/BRS.0b013e3181ae2ab2.
- 13 Yanik HS, Ketenci IE, Polat A, et al. Prevention of proximal junctional kyphosis after posterior surgery of Scheuermann kyphosis: an operative technique[J]. J Spinal Disord Tech, 2015, 28(2): E101-E105. DOI:10.1097/BSD.0000000000000157.
- 14 朱泽章,邱勇,王斌,等. 休门氏病后凸畸形下端椎、首个前凸椎与矢状面稳定椎的相互关系分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(3): 239-242. DOI:10.3969/j.issn.1004-406X.2010.03.15.  
Zhu ZZ, Qiu Y, Wang B, et al. Relationship between lower end vertebra, initial lordotic vertebra and sagittal stable vertebra in Scheuermann's kyphosis[J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2010, 20(3): 239-242. DOI:10.3969/j.issn.1004-406X.2010.03.15.
- 15 陈曦,孙旭,汪舟,等. 青少年舒尔曼病患者的躯体发育特征及其临床意义[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2015, 8(2):130-134. DOI:10.3969/j.issn.2095-9985.2015.02.009.  
Chen X, Sun X, Wang Z, et al. Anthropometric characteristics of adolescents with Scheuermann disease and clinical implications[J]. Chinese Journal Bone and Joint Surgery, 2015, 8(2):130-134. DOI:10.3969/j.issn.2095-9985.2015.02.009.
- 16 Hu X, Ohnmeiss DD, Lieberman IH. Use of an ultrasonic osteotome device in spine surgery: experience from the first 128 patients[J]. Eur Spine J, 2013, 22(12): 2845-2849. DOI:10.1007/s00586-013-2780-y.
- 17 邱勇. 重视脊柱骨盆矢状面平衡在退行性脊柱畸形治疗中的作用[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(15): 1121-1122. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.15.001.  
Qiu Y. Importance of sagittal balance of spine and pelvis in the treatment of degenerative spinal deformity[J]. National Medical Journal of China, 2013, 93(15): 1121-1122. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.15.001.
- 18 Mac-Thiong JM, Berthodnaud E, Dimar JR, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(15): 1642-1647. DOI:10.1097/01.brs.0000132312.78469.7b.
- 19 Labelle H, Roussouly P, Berthodnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(18): 2049-2054. DOI:10.1097/01.brs.0000138279.53439.cc.
- 20 Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis[J]. Eur Spine J, 2006, 15(4): 415-422. DOI:10.1007/s00586-005-0984-5.
- 21 李危石,孙卓然,陈仲强. 正常脊柱-骨盆矢状位参数的影像学研究[J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(5): 447-453. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2013.05.003.  
Li WS, Sun ZR, Chen ZQ. Imaging studies of normal spinal-pelvic sagittal parameters[J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2013, 33(5): 447-453. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2013.05.003.
- 22 Faldini C, Traina F, Perna F, et al. Dose surgery for Scheuermann kyphosis influence sagittal spinopelvic parameters? [J]. Eur Spine J, 2015, 24(S7): 893-897. DOI:10.1007/s00586-015-4253-y.
- 23 Jiang L, Qiu Y, Xu L, et al. Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population[J]. Eur Spine J, 2014, 23(7): 1420-1426. DOI:10.1007/s00586-014-3266-2.
- 24 Tyrakowski M, Mardjetko S, Siemionow K. Radiographic spinopelvic parameters in skeletally mature patients with Scheuermann disease[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(18): E1080-E1085. DOI:10.1097/BRS.0000000000000460.

(收稿日期:2021-06-07)

**本文引用格式:**白云松,张学军,高荣轩,等. 后路多节段 Ponte 截骨矫形固定术治疗青少年休门氏脊柱后凸畸形疗效分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(8): 737-742. DOI:10.12260/lexewkzz.2021.08.007.

**Citing this article as:** Bai YS, Zhang XJ, Gao RX, et al. Posterior-only multi-segment Ponte osteotomies with internal fixation and fusion in adolescent Scheuermann's kyphosis [J]. J Clin Ped Sur, 2021, 20(8): 737-742. DOI: 10.12260/lexewkzz.2021.08.007.