

· 临床论著 ·

预成型弹性髓内钉固定儿童桡骨远端干骺端骨折

季泽娟, 李振威, 孙克明, 张春旭, 李伟笠, 郭占豪

(郑州大学附属儿童医院, 河南郑州 450018)

摘要: [目的] 探讨预成型弹性髓内钉 (elastic stable intramedullary nail, ESIN) 固定治疗儿童桡骨远端干骺端骨折 (distal radius diaphyseal metaphyseal junction fracture, DRDMJ) 的效果。[方法] 回顾性分析 2020 年 1 月—2022 年 9 月于本院就诊的 80 例 DRDMJ 患儿的临床资料。根据医患沟通结果, 40 例采用透视下改良三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定术 (预成型组), 40 例采用透视下逆行 ESIN 固定术 (未成型组)。比较两组患者围术期、随访及影像资料。[结果] 两组手术时间、切口长度、术中透视次数、术中出血量、切口愈合等级、主动活动时间以及住院时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。随访时间平均 (15.0±3.5) 个月, 两组完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。随时间推移, 两组 MEPS 评分、Cooney 腕评分均显著增加 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。预成型组随访期间发生术后骨折二次移位发生率显著低于未成型组 [例 (%), 4/40 (10.0) vs 11/40 (27.5), $P=0.045$]。影像方面, 与术前相比, 术后 4 周、末次随访时两组掌倾角 (palmar tilt, PT)、尺偏角 (radial inclination, RI)、桡骨茎突长度 (radial length, RL) 均显著增加 ($P<0.05$)。术后 4 周、末次随访时预成型组 PT [(8.9±2.4)° vs (7.6±2.1)°, $P=0.012$; (11.3±2.0)° vs (10.4±1.8)°, $P=0.038$]、RL [(7.6±2.1) mm vs (6.5±2.0) mm, $P=0.019$; (9.6±1.7) mm vs (8.8±1.8) mm, $P=0.044$] 显著优于未成型组。[结论] 预成型逆行 ESIN 固定术应用于儿童 DRDMJ 中, 可改善术后骨折复位情况, 对降低术后骨折二次移位发生率具有重要意义。

关键词: 儿童, 桡骨远端干骺连接处骨折, 预成型弹性髓内钉, 内固定, CT 三维重建

中图分类号: R683.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 20-1846-06

Preformed elastic intramedullary nail fixation for distal radius diaphyseal metaphyseal junction fractures in children // Ji Ze-juan, Li Zhen-wei, Sun Ke-ming, Zhang Chun-xu, Li Wei-li, Guo Zhan-hao. Children's Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450018, China

Abstract: [Objective] To explore the clinical outcomes of preformed elastic intramedullary nail (ESIN) fixation for distal radius diaphyseal metaphyseal junction fracture (DRDMJ) in children. [Methods] A retrospective analysis was conducted on 80 children who received surgical treatment for DRDMJ in our hospital from January 2020 to September 2022. According to doctor-patient communication, 40 cases underwent retrograde ESIN preformed according to 3D CT reconstruction (the preformed group), while other 40 cases underwent conventional retrograde ESIN fixation (the non-preformed group). The documents regarding perioperative period, follow-up, and images were compared between two groups. [Results] There was no statistically significant difference in surgical time, incision length, intraoperative fluoroscopy frequency, intraoperative bleeding, incision healing grade, active activity time, and hospitalization time between the two groups ($P>0.05$). All children in both groups were followed up for (15.0 ± 3.5) months in a mean, and there was no statistically significant difference in time to resume full weight-bearing activity between the two groups ($P>0.05$). The MEPS score and Cooney wrist score significantly increased in both groups ($P<0.05$) over time, which proved not statistically significant between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). The preformed group had significantly lower incidence of postoperative fracture displacement during follow-up than the non-preformed group [4/40 (10.0%) vs 11/40 (27.5%), $P=0.045$]. As for imaging, compared with those before surgery, the palmar tilt (PT), radial inclination (RI), and radial length (RL) in both groups significantly increased 4 weeks postoperatively and at the last follow-up ($P<0.05$). At 4 weeks after surgery and the last follow-up, the preformed group proved significantly superior to the non-preformed group in terms of PT [(8.9±2.4)° vs (7.6±2.1)°, $P=0.012$; (11.3±2.0)° vs (10.4±1.8)°, $P=0.038$] and RL [(7.6±2.1) mm vs (6.5±2.0) mm, $P=0.019$; (9.6±1.7) mm vs (8.8±1.8) mm, $P=0.044$]. [Conclusion] The preformed retrograde ESIN fixation for pediatric DRDMJ does improve postoperative fracture reduction, and is of great significance in reducing the incidence of secondary fracture displacement.

Key words: children, distal radius diaphyseal metaphyseal junction fracture, preformed elastic intramedullary nail, internal fixation, CT 3-dimension reconstruction

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100650

作者简介: 季泽娟, 副主任医师, 研究方向: 小儿骨科, (电子信箱)908204744@qq.com

儿童桡骨远侧干骺端骨折 (distal radius diaphyseal-metaphyseal junction fracture, DRDMJ) 是桡骨远端骨折的一个特殊类型, 主要由运动中跌倒、交通意外等高能损伤引起, 是患儿肘关节、腕关节疼痛及功能障碍的重要原因^[1, 2]。弹性髓内钉 (elastic stable intramedullary nail, ESIN) 复位固定术因其生物力学稳定性高、创伤小、临床疗效好, 已成为儿童 DRDMJ 复位固定的主流治疗方式^[3-6]。尽管手术技术日趋完善, 但术后骨折二次移位仍可高达 35.6%^[7]。针对儿童 DRDMJ 术后较高的骨折二次移位率, 通过改进 ESIN 固定术及去弹性化, 避免骨折对线、对位不良已成为目前研究的热点。

逆行 ESIN 固定术是一种被广泛应用于成人长骨干与干骺端交界区骨折的复位固定方法, 具有手术时间短、出血量少、再骨折率低等优势^[8-10]。近年来, 也有研究将逆行复位 ESIN 固定术应用于儿童桡骨远端骨折复位固定中, 并证实了逆行复位 ESIN 固定术在儿童桡骨骨折中的安全性和可靠性^[11, 12]。但仍有潜在医源性骺板损伤、神经损伤及骨折对线、对位不良等不足。对此, Chao 等^[13]在逆行复位 ESIN 固定术的基础上改良创新了一种三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定术, 并将其应用于儿童 DRDMJ 中, 且取得初步效果。然而, 该研究为案例研究, 未与逆行复位 ESIN 固定术疗效进行区别。另目前国内关于三维重建指导 ESIN 治疗儿童 DRDMJ 的相关报道尚少。鉴于此, 本研究回顾性收集本院行三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定治疗儿童 DRDMJ 的临床资料, 以同期采取 C 形臂 X 线机透视下逆行 ESIN 固定治疗的 DRDMJ 患儿为对照, 总结三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定治疗儿童 DRDMJ 的可行性。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 明确诊断为 DRDMJ, 年龄 6~14 岁 (包含 14 岁); (2) 骨折端完全移位或骨折端成角 >20°; (3) 闭合复位失败或不能维持稳定复位。

排除标准: (1) 病理性骨折或开放性骨折; (2) 合并同侧肢体其他部位骨折; (3) DRDMJ 伴神经血管损伤; (4) 严重粉碎性骨折; (5) 骨折至手术时间 >2 d; (6) 临床资料不完整者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2020 年 1 月—2022 年 9 月收治的 DRDMJ 80 例患儿的临床资料, 根据医患沟通结果,

40 例采用 C 形臂 X 线机透视下改良三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定术 (预成型组), 40 例采用 C 形臂 X 线机透视下逆行 ESIN 固定术 (未成型组)。两组患儿年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、侧别等一般资料比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 1。本研究获医院伦理委员会审批, 患儿家长均知情同意。

表 1. 两组患儿术前一般资料比较
Table 1. Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	预成型组 (n=40)	未成型组 (n=40)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	10.3±3.2	9.3±3.1	0.160
性别 (例, 男/女)	32/8	29/11	0.431
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	18.5±1.3	18.2±1.5	0.342
损伤至手术时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	15.6±4.0	15.0±3.8	0.494
侧别 (例, 左/右)	20/20	23/17	0.501

1.3 手术方法

预成型组: 三维重建指导下行预成型逆行 ESIN 固定术。术前多层螺旋计算机断层扫描图像以高分辨骨算法进行三维重建 (图 1c, 1d); 根据 C 形臂 X 线机透视检查获取的 X 线片及图片处理系统精确测量近端骨折部位和桡骨近端骺板之间的距离、断裂线相对于径向轴纵轴的长度等数据设计预成型 ESIN。在插入之前, 使用无菌秤进行 ESIN 的精确测量和成型。注意, 预弯点的两个顶点位于同一平面, 以避免插入 ESIN 时骨折横向位移。全麻, 选择仰卧位, 具体手术操作同未成型组, 见文献^[13]。

未成型组: 将上肢置于可透视桌上, 根据患者情况选择合适直径的 ESIN。桡骨近端外侧 2 cm 处行约 1 cm 的切口, 切开皮肤和皮下组织, 血管钳分离肌纤维直至桡骨, 开口器开槽。C 形臂 X 线机透视下以 Lister 点为进入点, 将预弯的 ESIN 慢慢钻入, 直到近端预弯顶点在骨干骨折侧, 后继续钻入 ESIN 穿过骨折部位, 当 ESIN 预弯曲的远端顶点位于骨折线的远端, 完成固定。最后将 ESIN 的尾部切掉并置于深筋膜表面以防止肌腱损伤, 并使用短臂石膏固定。

1.4 评价指标

记录围术期资料, 包括手术时间、切口长度、术中透视次数, 术中失血量、主动活动时间、住院时间及并发症。通过完全负重活动时间、Mayo 肘关节功能量表 (Mayo Elbow Performance Score, MEPS)^[14]、Cooney 腕关节功能量表^[15]评估临床效果, 统计随访

过程中有无骨折二次移位等不良事件发生。行影像检查，测量桡骨茎突长度 (radial length, RL)、掌倾角 (palmar tilt, PT) 与尺偏角 (radial inclination, RI)。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行数据处理，符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，两组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内时间点比较行重复测量方差分析；不符合正态分布的数据采用 [M (P25, P75)] 表示，行秩和检验；计数资料以 [例 (%)] 表示，采用 χ^2 检验；等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围术期资料

两组患儿均顺利完成手术，安返病房，围术期均未发生血管、神经损伤和切口感染。围术期资料见表 2。两组手术时间、切口长度、术中透视次数、术中出血量、切口愈合时间、主动活动时间以及住院时间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 2. 两组患儿围手术期资料比较

指标	预成型组 (<i>n</i> =40)	未成型组 (<i>n</i> =40)	<i>P</i> 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	52.6±11.2	49.7±10.2	0.230
切口长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	1.5±0.3	1.5±0.3	<i>ns</i>
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	3.4±0.8	3.5±0.7	0.554
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	7.9±1.7	7.5±2.1	0.352
主动活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	21.5±6.3	20.3±6.0	0.386
住院时间 [d, M (P25, P75)]	3.0 (1.0, 6.0)	3.0 (1.0, 7.0)	0.314

2.2 随访结果

所有患儿均获随访 12~26 个月，平均 (15.0±3.5) 个月，两组患儿随访结果见表 3。两组完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。与术后 4 周相比，术后 4 个月及末次随访时，两组 MEPS 评分、Cooney 腕评分均显著增加 ($P < 0.05$)，相应时间点，两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。预成型组随访期间发生术后骨折二次移位 4 例 (10.0%)，未成型组发生 11 例 (27.5%)，预成型组术后骨折二次移位发生率显著低于未成型组 ($P = 0.045$)。

2.3 影像评估

两组患儿影像资料结果见表 4。与入院时比较，术后 4 周、末次随访时两组 PT、RI、RL 均显著增加 ($P < 0.05$)。术前两组间 PT、RL 的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)，术后 4 周、末次随访时预成型组 PT、RL 显著优于未成型组 ($P < 0.05$)；相应时间点，两组 RI 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 3. 两组患儿随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 3. Comparison of follow-up data between the two groups

指标	预成型组 (<i>n</i> =40)	未成型组 (<i>n</i> =40)	<i>P</i> 值
完全负重活动时间 (d)	62.5±7.4	63.2±8.0	0.686
MEPS 评分 (分)			
术后 4 周	73.8±3.0	72.3±4.7	0.093
术后 4 个月	86.4±4.8	85.0±5.0	0.205
末次随访	90.7±5.3	89.3±6.1	0.277
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	
Cooney 腕评分 (分)			
术后 4 周	79.8±5.5	78.2±6.4	0.234
术后 4 个月	87.0±5.2	85.6±5.7	0.255
末次随访	91.4±5.4	90.6±4.5	0.474
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	

表 4. 两组患儿影像测量结果与 ($\bar{x} \pm s$) 比较

Table 4. Comparison of imaging data between the two groups

指标	预成型组 (<i>n</i> =40)	未成型组 (<i>n</i> =40)	<i>P</i> 值
PT (°)			
术前	-11.8±2.4	-13.2±4.1	0.066
术后 4 周	8.9±2.4	7.6±2.1	0.012
末次随访	11.3±2.0	10.4±1.8	0.038
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	
RI (°)			
术前	14.5±2.8	13.4±3.6	0.131
术后 4 周	18.2±5.2	17.5±5.1	0.545
末次随访	21.3±5.7	20.4±2.2	0.354
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	
RL (mm)			
术前	5.6±1.6	5.7±1.6	0.781
术后 4 周	7.6±2.1	6.5±2.0	0.019
末次随访	9.6±1.7	8.8±1.8	0.044
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	

3 讨论

传统 ESIN 复位固定儿童 DRDMJ 后二次骨折率较高，这主要因为桡骨远端存在向桡侧弯曲 9° 的生理弧度，ESIN 从桡骨远端背外侧于骺端进钉后，由于 ESIN 的弹性作用，桡骨骨折的近端被推向尺侧，造成骨折对线、对位不良，导致较高的术后骨折二次移位率，影响骨折愈合^[16-18]。采取何种方式改进 ESIN 复位固定术，为患者提供良好的骨折对位、对

线，对降低二次骨折率，改善腕关节及肘关节功能具有重要意义^[19]。三维重建预成型指导逆行 ESIN 固定术是由 Chao 等^[13]创新的一种逆行复位固定术，在术前通过三维重建预成型技术，对骨折进行精确塑形固定和精确测量，进而指导手术，与传统逆行 ESIN 固定术相比，提高了桡骨复位的稳定性，增加了骨折的对齐率，降低了远端骨折块继发移位的风险。因此，三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定术是治疗儿童 DRDMJ 的有效手段。



图 1. 患儿男性，11 岁，临床确诊为 DRDMJ。1a, 1b: 术前正位、侧位 X 线片可见桡骨远端骨干于骺端连接处骨折；1c, 1d: 术前三维重建，可以准确预判预成型弹性髓内针的长度和弯度位置；1e, 1f: 透视下手法复位成功后置入 ESIN；1g, 1h: 术后 4 个月复查正侧位 X 线片示骨折愈合良好，无畸形。

Figure 1. A 11-year-old boy was clinically diagnosed with DRDMJ. 1a, 1b: Preoperative anteroposterior (AP) and lateral X-rays showed DRDMJ; 1c, 1d: CT three-dimensional reconstruction accurately predicted the length and bending position of the preformed ESIN; 1e, 1f: After manual reduction, the ESIN was inserted successfully revealed by fluoroscopy; 1g, 1h: Four months after surgery, the AP and lateral radiographs showed fracture healed well, without deformity.

本研究表明, 相比传统逆行 ESIN 固定术, 三维重建预成型指导逆行 ESIN 固定术不增加患儿手术时间、切口长度、术中透视次数、术中出血量、主动活动时间以及住院时间。这可能系因三维重建预成型技术多在患儿入手术室前已完成三维重建及三维图像切割和旋转, 并在复位后直接固定骨折, 因此不增加手术时间及术中出血量。此外, 此术式是基于传统逆行 ESIN 固定术改良的新型技术, 切皮方法及长度等与传统逆行 ESIN 固定术无异, 因此不增加手术切口长度及住院时间^[20-22]。

本研究还发现预成型组可提高复位的稳定性, 降低患儿骨折二次移位发生率。逆行 ESIN 固定术是继顺行 ESIN 固定术后的一种创新技术, 较顺行 ESIN 固定术具更低的神经损伤风险, 但仍具局限性, 如进针点难以掌握, 若进针点过低, 由于桡骨远端骨块较短, 易造成骺板损伤; 进针点偏高则易造成固定不可靠且易劈裂, 导致骨折对线、对位及骨折稳定性欠佳^[23, 24]。而三维重建预成型指导逆行 ESIN 固定术在逆行 ESIN 固定术的基础上进行了创新: (1) 通过三维重建预成型技术, 在每例患儿重建的图片上确定进针点及进针方向, 避免进针点过低或过高, 并避免在骺板处钻孔; 同时确定钻孔深度和方向, 避免穿透后方骨皮质; (2) 通过三维重建预成型技术实现 ESIN 的精确弯曲以去 ESIN 弹性化; 同时 ESIN 进入桡骨, 两个 ESIN 的预弯顶点紧靠桡骨髓腔, 形成骨折线的远端和近端接触, 实现了稳定的“四点支撑”, 提高了复位的稳定性。

综上所述, 改良三维重建指导预成型逆行 ESIN 固定术, 可通过提高复位的稳定性, 改善术后骨折复位情况, 对降低术后骨折二次移位发生率具有重要意义。

参考文献

- [1] Xue YL, Chen YG, Bian XJ, et al. Lateral mini plate and Kirschner wire assisted fixation for the treatment of distal humeral metaphyseal junction fracture in children [J]. *Zhongguo Gu Shang*, 2020, 33 (4): 379-382. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.04.018.
- [2] Cai H, Wang Z, Cai H. Prebending of a titanium elastic intramedullary nail in the treatment of distal radius fractures in children [J]. *Int Surg*, 2014, 99 (3): 269-275. DOI: 10.9738/INTSURG-D-13-00065.1.
- [3] Du M, Han J. Antegrade elastic stable intramedullary nail fixation for paediatric distal radius diaphyseal metaphyseal junction fractures: A new operative approach [J]. *Injury*, 2019, 50 (2): 598-601. DOI: 10.1016/j.injury.2019.01.001.
- [4] 李敏, 颀强, 陆清达, 等. 髓内外联合固定治疗儿童桡骨远端干骺端移行部骨折的疗效分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2022, 24 (5): 452-455. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20211105-00497. Li M, Jie Q, Lu DQ, et al. Intramedullary plus extramedullary fixation for fracture of distal radial diaphyseal transition zone in children [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2022, 24 (5): 452-455. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20211105-00497.
- [5] 周志林, 马海龙, 孟阁, 等. 弹性髓内钉摇杆技术治疗儿童桡骨远端干骺交界区骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (10): 917-920. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.11. Zhou ZL, Ma HL, Meng G, et al. Elastic intramedullary nail rocker technique for distal radius metaphyseal junction fractures in children [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (10): 917-920. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.11.
- [6] Jia S, Wang J, Yu B, et al. Ultrasound assistance in treatment with elastic stable intramedullary nail fixation in radial and ulnar fractures in children [J]. *Int Orthop*, 2023, 47 (3): 773-779. DOI: 10.1007/s00264-022-05683-9.
- [7] Jung HW, Hong H, Jung HJ, et al. Redispacement of distal radius fracture after initial closed reduction: analysis of prognostic factors [J]. *Clin Orthop Surg*, 2015, 7 (3): 377-382. DOI: 10.4055/cios.2015.7.3.377.
- [8] 孙卫强, 于大鹏, 徐立民. 微创逆行弹性钉髓内三维角度面性支撑治疗成人肱骨干骨折的疗效观察 [J]. *中华手外科杂志*, 2022, 38 (4): 271-273. DOI: 10.3760/cma.j.cn311653-20210725-00238. Sun WQ, Yu DP, Xu LM. Observation on the clinical efficacy of minimally invasive retrograde elastic nail intramedullary three-dimensional angle plane support in the treatment of humeral shaft fractures in adults [J]. *Chinese Journal of Hand Surgery*, 2022, 38 (4): 271-273. DOI: 10.3760/cma.j.cn311653-20210725-00238.
- [9] 姜宇, 郭源, 杨征, 等. 两种固定方法治疗儿童肱骨近端移位骨折的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (4): 299-304. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.04.03. Jiang Y, Guo Y, Yang Z, et al. Comparison of two fixations for displaced proximal humeral fracture in children and adolescents [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (4): 299-304. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.04.03.
- [10] 李华平, 赵世杰, 姚裴, 等. 锁定钢板与逆行髓内钉固定股骨远端骨折比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (18): 1654-1659. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.05. Li HP, Zhao SJ, Yao F, et al. Locking plates versus retrograde intramedullary nailing for distal femoral fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (18): 1654-1659. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.18.05.
- [11] Wang R, Chen D, Tang Y, et al. A novel method for treating distal radius diaphyseal metaphyseal junction fracture in children [J]. *Med Sci Monit*, 2023, 29: e939852. DOI: 10.12659/MSM.939852.
- [12] 许晓沛, 刘晋元, 王小虎, 等. 两种复合内固定治疗股骨远端骨不连的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (8): 673-678. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.08.01.

- Xu XP, Liu JY, Wang XH, et al. Comparison of two kinds of compound internal fixation for treatment of nonunion of distal femur [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (8) : 673-678. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.08.01.
- [13] Liu CY, Jia GQ, Xu WQ, et al. Precision shaping of elastic stable intramedullary nail for the treatment of metaphyseal diaphysis junction fracture of the distal radius in children: a preliminary report in two centers [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24 (1) : 237. DOI: 10.1186/s12891-023-06332-x.
- [14] Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 214 (214) : 160-164.
- [15] Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, et al. Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 214 (214) : 136-147.
- [16] Audigé L, Slongo T, Lutz N, et al. The AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (PCCF) [J]. *Acta Orthop*, 2017, 88 (2) : 133-139. DOI: 10.1080/17453674.2016.1258534.
- [17] Tay L, Tan W, Lee N, et al. Retrospective analysis: risk factors predicting failure of closed reduction in pediatric diaphyseal forearm fractures treated with elastic stable intramedullary nails (ESINs) [J]. *J Pediatr Orthop B*, 2022, 31 (5) : 465-470. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000953.
- [18] Krohn C. Double Pre-bending of an intramedullary nail is the minimal invasive osteosynthesis solution for dia-metaphyseal fractures of the radius in children: technical note and case series [J]. *Children (Basel)*, 2022, 9 (4) : 579. DOI: 10.3390/children9040579.
- [19] 廖禄田, 糜菁熠. 桡骨远端骨折畸形愈合对下尺桡关节的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (8) : 705-709. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.08.07.
- Liao LT, Mi JZ. Impact of distal radius fracture malunion on distal radioulnar joint [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (8) : 705-709. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.08.07.
- [20] Bai X, Liu Z, Chen W, et al. Hybrid fixation with ESIN for both bone forearm fractures in adults: A case report and literature review [J]. *Front Surg*, 2022, 9 (1) : 949727. DOI: 10.3389/fsurg.2022.949727.
- [21] Jian YJ, Chao YL, Lian M, et al. Comparison of three fixation methods in paediatric metaphyseal-diaphysis junction fracture of the distal radius: a retrospective study in two centres [J]. *Front Pediatr*, 2023, 11 (1) : 1244704. DOI: 10.3389/fped.2023.1244704.
- [22] Hong P, Rai S, Tang X, et al. External fixation versus elastic stable intramedullary nailing in the treatment of open tibial shaft fractures in children [J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16 (1) : 528. DOI: 10.1186/s13018-021-02679-w.
- [23] Cintean R, Eickhoff A, Pankratz C, et al. Radial vs. dorsal approach for elastic stable internal nailing in pediatric radius fractures—a 10 year review [J]. *J Clin Med*, 2022, 11 (15) : 4478. DOI: 10.3390/jcm11154478.
- [24] Lam A, Gordon AM, Thabet AM, et al. Antegrade flexible nailing for pediatric metaphyseal-diaphyseal junction distal radius fracture, is it safe [J]. *Tech Hand Up Extrem Surg*, 2023, 23 (7) : 161-164. DOI: 10.1097/BTH.0000000000000430.

(收稿:2023-09-13 修回:2024-05-21)
(同行评议专家: 俞松, 冯亚高)
(本文编辑: 闫承杰)