

· 临床论著 ·

超声引导下儿童前臂骨折复位弹性髓内针内固定[△]

吴茂军¹, 桑桑¹, 李梓轩², 王晶¹, 宋波¹, 陈民^{3*}

(1. 山东第一医科大学第二附属医院, 山东泰安 271000; 2. 山东第一医科大学, 山东泰安 271000;
3. 泰安市肿瘤医院, 山东泰安 271000)

摘要: [目的] 探讨超声引导下儿童尺桡骨骨折手法复位弹性髓内针固定的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2019 年 9 月—2021 年 7 月本科采用闭合复位弹性髓内针固定治疗前臂骨折 60 例患儿的临床资料。根据医患沟通结果, 30 例采用超声引导复位固定, 另外 30 例采用透视引导复位固定。比较两组围手术期、随访及影像资料。[结果] 两组患儿均顺利完成手术, 术中无神经、血管损伤等严重并发症。超声组在手术时间 [(23.4±3.6) min vs (31.9±3.5) min, $P<0.05$]、术中失血量 [(4.5±2.7) ml vs (6.7±4.5) ml, $P<0.05$]、术中透视次数 [(3.2±1.5) 次 vs (10.4±2.1) 次, $P<0.05$]、住院时间 [(3.2±1.5) d vs (4.2±1.0) d, $P<0.05$]、去除外固定时间 [(28.0±5.3) d vs (32.3±3.2) d, $P<0.05$] 均显著优于透视组; 但是两组间切口长度、切口愈合等级的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。超声组初次闭合复位成功率显著高于透视组 (96.7% vs 70.0%, $P<0.05$)。与术前相比, 两组术后 VAS 评分均显著减少 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组间 VAS 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组患儿完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 与术后 3 个月相比, 两组术后 12 个月 DASH 评分、前臂旋转 ROM、肘伸屈 ROM、腕伸屈 ROM 均显著改善 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 两组骨折复位质量、骨折愈合时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 儿童前臂骨折闭合手法复位弹性髓内针固定中应用超声引导, 可减少患儿放射损伤, 提高初次闭合复位成功率, 缩短手术时间。

关键词: 儿童, 前臂骨折, 肌骨超声, 手法复位, 弹性髓内钉

中图分类号: R683.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 02-0115-06

Ultrasound-guided closed reduction and internal fixation with elastic intramedullary nail for forearm fracture in children
// WU Mao-jun¹, SANG Sang¹, LI Zi-xuan², WANG Jing¹, SONG Bo¹, CHEN Min³. 1. The Second Affiliated Hospital, Shandong First Medical University, Tai'an 271000, China; 2. Shandong First Medical University, Tai'an 271000, China; 3. Tai'an Cancer Hospital, Tai'an 271000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical efficacy of ultrasound guided closed reduction and internal fixation with elastic intramedullary nail for forearm fractures in children. [Methods] A retrospective study was performed on 60 children who received closed reduction and percutaneous elastic intramedullary nail fixation for forearm fractures from September 2019 to July 2021. According to the preoperative doctor-patient communication, 30 children had operation performed under ultrasound guidance, while other 30 children were under fluoroscopy guidance. The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. [Results] All children in both groups were operated on smoothly, with no neurovascular injury and other serious complications during the operation. The ultrasound group proved significantly superior to the fluoroscopy group in terms of operation time [(23.4±3.6) min vs (31.9±3.5) min, $P<0.05$], intraoperative blood loss [(4.5±2.7) ml vs (6.7±4.5) ml, $P<0.05$], intraoperative fluoroscopy times [(3.2±1.5) times vs (10.4±2.1) times, $P<0.05$], the hospital stay [(3.2±1.5) days vs (4.2±1.0) days, $P<0.05$], external fixation removal time [(28.0±5.3) days vs (32.3±3.2) days, $P<0.05$], despite insignificant differences in incision length and incision healing grade between two groups ($P>0.05$). In addition, the ultrasound group got significantly higher success rate of initial closed reduction than the fluoroscopy group (96.7% vs 70.0%, $P<0.05$). Postoperative pain VAS scores significantly declined in both groups over time ($P<0.05$), which was not significant between the two groups at any corresponding time points ($P>0.05$). Regarding the data of follow-up, there was no significant difference in the time to resume full weight-bearing activity between the two groups ($P>0.05$). The DASH score, forearm rotation ROM, elbow extension ROM and wrist extension ROM significantly improved in both groups at 12 months after surgery compared with those 3 months postoperatively ($P<0.05$), whereas which were not statistically signifi-

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.02.04

△基金项目:泰安市科技创新发展项目(编号:2020NS248)

作者简介:吴茂军,主任医师,研究方向:小儿外科,(电话)18505387026,(电子信箱)wmj87049@163.com

*通信作者:陈民,(电话)13153889220,(电子信箱)1790866148@qq.com

cant between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). In terms of imaging, there were no significant differences in the quality of fracture reduction and healing time between the two groups ($P>0.05$). [Conclusion] The ultrasonic guided closed reduction and percutaneous elastic intramedullary pin fixation for forearm fracture in children does reduce radiation injury, improve the success rate of initial closed reduction and shorten the operation time.

Key words: children, forearm fracture, musculoskeletal ultrasound, manual reduction, elastic intramedullary nail

骨折是儿科常见的外伤性疾病，40%~50%的儿童骨折发生在前臂^[1-3]，其中大约 81%的前臂骨折发生在 5 岁以上的儿童，在 10~12 岁达到高峰^[4]。弹性髓内钉是一种高弹性钛合金材料，可以减少骨折成角、旋转及轴向旋转力。因其手术具有操作简单、进针切口较小、手术时间较短，可减少骨髓及骨膜的破坏程度并减少骨折处的血管损伤，以及可较早行患肢功能锻炼等优点^[5-9]，近年来已成为了在临床治疗四肢长骨骨折的一种首选治疗方法^[10]，尤其适用于 3~15 岁的儿童^[11-13]。C 形臂 X 线机辅助下的骨折复位可在手术过程中实时评估骨折对位对线情况，然而，C 形臂 X 线机辅助下复位会增加医患双方 X 线辐射，对人体产生不可逆性损害^[14]。超声成像是一种实时成像方式，且无放射损伤。虽然超声无法反映骨皮质内部的骨组织，但是正常的骨骼其表面的回声是连续的、完整的、清晰的、平滑的线条，因此可以看到皮质破坏。因此，超声可用于评估骨折的对位对线情况，在复位过程中提供动态多平面图像。这可以为治疗医师提供关于复位实时信息^[15]。作者通过分析患儿前臂骨折闭合复位成功率、愈合时间、并发症发生情况、前臂功能恢复情况等相关指标，综合评估患儿预后情况，以求为超声辅助下儿童前臂骨折的治疗提供临床证据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) OTA 分型为 22A1、A2、A3 前臂骨折（图 1a, 1b）；(2) 骨折时间 <7 d；(3) 闭合性骨折；(4) 年龄 3~14 岁；(5) 既往无前臂骨折病史。

排除标准：(1) 关节内骨折；(2) 开放性骨折；(3) 合并神经或血管损伤者；(4) 合并其他外伤；(5) 合并影响儿童骨骼生长类疾病；(6) 病理性骨折；(7) 随访时间不足 9 个月；(8) 凝血功能障碍。

1.2 一般资料

回顾性分析 2019 年 9 月—2021 年 7 月本科收治的 60 例前臂骨折患儿的临床资料，根据医患沟通结

果分为两组，30 例术中使用超声引导闭合复位并行髓内针固定，另外 30 例透视引导闭合复位以及髓内针固定。两组患儿年龄、性别、损伤侧别、BMI、损伤至手术时间、OTA 分型的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。该研究方案已经过医院伦理委员会讨论并通过，且所有参加研究的患儿家属均已签署知情同意书。

表 1 两组患儿一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups

分组	超声组 (n=30)	透视组 (n=30)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	5.7 \pm 2.2	5.4 \pm 2.2	0.593
性别 (例, 男/女)	19/11	21/9	0.584
损伤侧别 (例, 左/右)	18/12	16/14	0.602
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	19.5 \pm 2.2	19.6 \pm 1.5	0.810
损伤至手术时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	0.6 \pm 0.6	0.6 \pm 0.2	0.994
侧别 (例, 左/右)	18/12	16/14	0.602
OTA (例, A1/A2/A3)	1/12/17	1/13/16	0.878

1.3 手术方法

入院后予以患肢夹板固定，抬高患肢，冷敷，予以氨甲环酸止血，完善常规术前检查，限期行手术治疗。选择气管插管麻醉或臂丛神经阻滞麻醉。

超声组：超声探头扫描前臂骨折部位，并识别以下解剖标志：骨表面、骨折近端和远端。桡骨骨折时，在桡骨远端的背侧、远端骨髓的上方、桡骨背侧 Lister 结节处进钉，髓内钉进入骨皮质后沿骨髓腔向前推进，逐渐到达骨折断端。此时彩色多普勒超声进行动态引导（图 1c），使骨折复位，证实复位成功，近端和远端之间的成角及移位消失，骨皮质呈一条连续的直线（图 1d）。必要时，可透视确认骨折断端复位（图 1e），保证骨折端无软组织嵌入。后继续推进髓内钉，同时超声探头扫描骨折部位的掌侧观察髓内钉是否穿出髓腔，防止髓内钉从骨折端穿出损伤血管以及神经。应用超声探头在骨折端 360° 超声扫描，证实髓内钉位于骨髓腔内，并推进至桡骨近端。最后使用 C 形臂 X 线机透视明确骨折是否复位以及弹性髓内钉的位置是否满意。若不满意则通过旋转弹性髓

内钉进行调整 (图 1f)。尺骨骨折时选择尺骨近端手术切口, 距骨骺远端约 2 cm 处将弹性髓内钉置入尺骨的髓腔内。尺桡骨双骨折患儿, 先处理较为稳定的

骨折。

透视组: 手术方式与超声组相同, 仅使用 C 形臂 X 线机透视引导骨折的复位以及髓内钉的置入。



图 1 患儿, 男, 5 岁, 右侧尺桡骨骨折, 行超声引导下右侧尺桡骨骨折复位弹性髓内钉内固定术治疗。1a, 1b: 术前正侧位 X 线片示尺桡骨骨折; 1c, 1d: 术中超声图像; 1e, 1f: 术中 X 线透视检查; 1g, 1h: 术后随访 X 线片。

Figure 1. A 5-year-old boy underwent ultrasound-guided reduction and elastic intramedullary nail fixation for right radius and ulna fractures. 1a, 1b: Preoperative anteroposterior and lateral radiographs showed the right radioulnar fractures; 1c, 1d: Intraoperative ultrasound image; 1e, 1f: Intraoperative X-ray fluoroscopy; 1g, 1h: Postoperative X-ray findings.

1.4 评价指标

记录围手术期资料, 包括初次复位固定成功率、手术时间、切口长度、术中失血量、切口愈合等级、术中并发症发生情况、主动活动时间、住院时间、早期 VAS 评分。采用完全负重活动时间、DASH 评分、前臂旋转活动度 (range of motion, ROM)、肘关节 ROM、腕背伸-掌屈 ROM 评价临床效果。行影像检查, 观察骨折复位质量及骨折愈合时间。

骨折复位质量: 优解剖复位; 良骨折移位 < 3 mm, 不伴成角或旋转畸形; 差骨折移位 ≥ 3 mm, 伴成角或旋转畸形。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 组内时间点比较采用配对 *T* 检验; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患儿均顺利完成手术, 术中无神经、血管损伤等严重并发症。两组围手术期资料见表 2, 超声组手术时间、术中失血量、术中透视次数、住院时间、去除外固定时间均显著优于透视组 ($P < 0.05$)。两组切口长度、切口愈合等级的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。超声组初次闭合复位成功率显著高于透视组 ($P < 0.05$)。随时间推移, 两组的疼痛 VAS 评分均显著减少 ($P < 0.05$), 相应时间点, 两组间 VAS 评分的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 随访结果

两组患者均获随访 3~12 个月, 平均 (10.5 ± 2.3) 个月。两组患儿恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。与术后 3 个月相比, 两组

术后 12 个月 DASH 评分、前臂旋转 ROM、肘伸屈 ROM、腕伸屈 ROM 均显著改善 ($P < 0.05$)，相应时间点，两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 2 两组患者围手术期资料比较

Table 2 Comparison of perioperative data between the two groups

指标	超声组 (n=30)	透视组 (n=30)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	23.4±3.6	31.9±3.5	<0.001
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	1.5±0.5	1.6±0.4	0.304
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	4.5±2.7	6.7±4.5	0.008
X 线透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	3.2±1.5	10.4±2.1	<0.001
初次复位固定成功 [例 (%)]	29 (96.7)	21 (70.0)	0.006
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	3.2±1.5	4.2±1.0	<0.001
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	29/1/0	30/0/0	0.313
去除外固定时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	28.0±5.3	32.3±3.2	<0.001
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	7.5±0.6	7.6±0.5	0.461
术后 3 d	4.5±0.4	4.3±0.4	0.332
术后 7 d	2.4±0.2	2.3±0.3	0.239
术后 30 d	0	0	ns
P 值	<0.001	<0.001	

表 3 两组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

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

指标	超声组 (n=30)	透视组 (n=30)	P 值
完全负重活动时间 (d)	136.3±4.5	137.4±4.5	0.260
DASH 评分 (分)			
术后 3 个月	34.4±4.3	33.5±3.3	0.051
术后 12 个月	12.5±2.5	12.3±3.3	0.615
P 值	<0.001	<0.001	
前臂旋转 ROM (°)			
术后 3 个月	134.4±6.3	135.7±6.1	0.762
术后 12 个月	162.5±8.4	160.6±10.2	0.273
P 值	<0.001	<0.001	
肘伸屈 ROM (°)			
术后 3 个月	85.3±10.5	84.2±11.6	0.162
术后 12 个月	141.8±10.1	142.5±8.4	0.402
P 值	<0.001	<0.001	
腕伸屈 ROM (°)			
术后 3 个月	100.2±9.8	101.4±10.6	0.630
术后 12 个月	145.4±8.5	146.4±9.5	0.382
P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4，两组骨折复位质量、骨折愈合时间的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 4 两组患者影像资料与比较

Table 4 Comparison of image data between the two groups

指标	超声组 (n=30)	透视组 (n=30)	P 值
骨折复位质量 [例 (%)]			
优	24 (80.0)	23 (76.7)	0.508
良	6 (20.0)	7 (23.3)	
差	0	0	
骨折愈合 [例 (%)]			
<4 周	3 (10.0)	9 (30.0)	0.841
4~6 周	24 (80.0)	28 (93.3)	
≥6 周	3 (10.0)	8 (26.7)	

3 讨论

儿童前臂骨折占有所有骨折的 50%^[16]。骨折的诊断方法有 X 线、CT、超声以及 MRI，其中 X 线是最主要的诊断方法。前臂骨折且移位较重的儿童需手法复位，通常在透视下进行，以评估骨折端对位是否充分。X 线检查作为一种电离辐射的来源，增加了儿童肿瘤的风险^[17]。超声在骨折诊断和治疗过程中，具有便于携带、操作简便、无创、放射效应低等特点，成为了一种新兴手段，在临床上得到了广泛应用。姜卫波^[20]、周治国等^[16]研究显示，对于移位较重的儿童肱骨近端骨折，使用超声进行引导可提高骨折的闭合复位成功率，还可预防术中损伤患肢的臂丛神经及周围的血管、减少术中辐射。Gillon 等^[17]也发现，与透视相比，超声似乎是指向前臂骨折复位的一种同样有效的成像方式。随着高频探头、数字化高性能超声仪等仪器问世，在临床骨科诊疗中的应用也愈发广泛。不仅可用于骨折的诊断，还可为患者在术前提供更准确的选择，在术中对骨折部位进行精准定位，在术后观察纤维骨痂的生长状况。Chen 等^[21]研究发现使用超声诊断前臂骨折，敏感度为 97%，准确率为 100%，可以精确测量轴向偏移，受试者在超声引导下复位的初始成功率高达 92%。Herren 等^[22]研究显示超声在诊断儿童前臂远端骨折的敏感度高达 99.5%。

弹性髓内针治疗儿童骨折应用至临床，取得了较好的临床疗效且患儿家属的满意度较高。术中使用 C 形臂 X 线机透视引导骨折的复位以及置入弹性髓内

钉的过程中无法得到动态的观察, 会使髓内钉穿出髓腔对神经、血管等周围软组织损伤。肌骨超声可以利用实时成像方式不产生放射损伤、方便快捷, 为医师提供骨折端复位情况的实时信息^[23]。Mahaisavariya 等^[24]报道了超声监测下髓内钉固定的可行性。使用超声监测髓内针置入明显减少了 C 形臂 X 线机曝光次数, 缩短了曝光时间, 降低了放射量。赵丽^[25]、陈跃跃等^[26]研究也发现应用超声引导骨折复位可提高术中初次闭合复位成功率, 且缩短手术时间。其原因主要可能是因为超声可以精确测量轴向偏移, 可用来测量骨折端的成角以及对位对线情况, 在骨折复位的过程中可通过移动超声探头, 实时提供动态的多平面的骨折部位图像, 使复位更加精确。而且超声可以实时监测患儿前臂骨折部位的神经走向, 以减少髓内针从骨折端穿出损伤前臂神经。

随着肌骨超声的使用愈来愈广, 超声引导下进行骨折复位的优势也越来越明显: (1) 引导移位的骨折断端进行闭合复位, 提高了骨折初次闭合复位的成功率, 减少患儿的二次损伤; (2) 超声可以显示儿童骨骺线的准确位置, 避免了髓内钉损伤骨骺的发生率; (3) 明显减少了 C 形臂 X 线机的曝光次数, 降低了曝光时间, 减少了放射量; (4) 术中可观察骨折断端的软组织损伤情况, 避免了骨折端的软组织嵌入, 缩短了骨折愈合的时间; (5) 可以辅助弹性髓内钉的置入, 确保髓内钉准确定位于髓腔内。但彩超在骨折中的应用也有一些不足: 超声不能用于石膏固定状态、皮肤损伤严重或皮肤缺损的开放性骨折, 且超声探头小, 由于视野狭窄, 超声无法穿透骨皮质, 不能看到皮质内部的情况, 只能看到骨皮层的一部分, 所以无法反映出整个骨骼的形态, 也无法监测髓内钉进钉的深度。此外, 彩超对骨折的稳定性和愈合过程的评价也有限, 仍需常规 X 线片来监测。所以, 二者相结合才能为骨折的临床诊断和治疗提供更精准的信息。

本研究中选取患儿数量较少, 这样使得结果可能存在一定偏倚。因此, 还需要进一步的随机对照研究。

参考文献

- [1] Cheng JC, Ng BK, Ying SY, et al. A 10-year study of the changes in the pattern and treatment of 6, 493 fractures [J]. *J Pediatr Orthop*, 1999, 19 (3): 344-350. DOI: 10.1097/01241398-199905000-00011.
- [2] Bae DS. Pediatric distal radius and forearm fractures [J]. *J Hand Surg*, 2008, 33: 1911-1923. DOI: 10.1016/j.jhsa.2008.10.013.
- [3] 杜智军, 陆士姣, 张友波. 弹性髓内针顺行固定治疗儿童桡骨远端干骺端移行部骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (24): 2290-2293. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.24.19.
Du ZJ, Lu SJ, Zhang YB. Treatment of distal metaphyseal transition fractures of the radius in children with elastic intramedullary nail anterograde fixation [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2017, 25 (24): 2290-2293. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.24.19.
- [4] Sinikumpu JJ, Lautamo A. The increasing incidence of pediatric diaphyseal both-bone forearm fractures and their internal fixation during the last decade [J]. *Injury*, 2012, 43 (3): 362-366. DOI: 10.1016/j.injury.2011.11.006.
- [5] Flynn JM, Hresko T, Reynolds RAK, et al. Titanium elastic nails for pediatric femur fractures. A multicenter study of early results with analysis of complications [J]. *J Pediatr Orthop*, 2001, 21 (1): 4-8. DOI: 10.1097/00004694-200101000-00003.
- [6] 陈博昌, 王志刚, 杨杰, 等. 弹性髓内针交叉固定治疗儿童长骨骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2003, 11 (9): 598-601.
Chen BC, Wang ZG, Yang J, et al. Elastic intramedullary nail cross fixation for the treatment of long bone fractures in children [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2003, 11 (9): 598-601.
- [7] Baron E, Sagiv S, Porat S. External fixation or flexible intramedullary nailing for femoral shaft fractures in children. A prospective randomised study [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1997, 79 (6): 975-978. DOI: 10.1302/0301-620X.79B6.7740.
- [8] Mazda K, Khairouni A, Pennecot GF, et al. Closed flexible intramedullary nailing of the femoral shaft fractures in children [J]. *J Pediatr Orthop Br*, 1997, 6 (3): 198-202. DOI: 10.1097/01202412-199707000-00008.
- [9] McGraw JJ, Gregory SK. Ender nails: an alternative for intramedullary fixation of femoral shaft fractures in children and adolescents [J]. *South Med J*, 1997, 90 (7): 694-696. DOI: 10.1097/00007611-199707000-00008.
- [10] 明新武, 明新月, 董海亮, 等. 应用钢针撬拨加弹性髓内针治疗儿童难复性股骨近端骨折的临床探讨 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (12): 1127-1129. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.12.16.
Ming XW, Ming XY, Dong HL, et al. Clinical exploration of using steel needle prying and elastic intramedullary nail to treat refractory proximal femoral fractures in children [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2015, 23 (12): 1127-1129. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.12.16.
- [11] 高晓辉, 刘巍, 常兴伟. 弹性髓内钉对儿童前臂骨折临床疗效及并发症的影响 [J]. *安徽医药*, 2020, 41 (12): 1420-1423. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0399.2020.12.012.
Gao XH, Liu W, Chang XW. Effect of elastic intramedullary nail on clinical treatment effect and complication of forearm fracture in children [J]. *Anhui Medicine*, 2020, 41 (12): 1420-1423. DOI: 10.3969/j.issn.1000-0399.2020.12.012.
- [12] 沈阳, 王隼. 钛制弹性髓内钉治疗小儿四肢骨折的并发症 [J]. *实用儿科临床杂志*, 2009, 25 (12): 84-86. DOI: CNKI:SUN:SY-QK.0.2009-12-036.

- Shen Y, Wang S. Complication of titanic elastic stable intramedullary nail fixation for long bone fractures in children [J]. *Journal of Applied Clinical Pediatrics*, 2009, 25 (12) : 84-86. DOI: CNKI: SUN:SYQK.0.2009-12-036.
- [13] 庄伟, 项利民, 詹宏钢, 等. 弹性髓内钉与加压钢板治疗儿童前臂不稳定骨折比较研究 [J]. *浙江中医药大学学报*, 2008, 32 (5) : 70-71. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5509.2008.05.029.
- Zhuang W, Xiang LM, Zhan HG, et al. Elastic intramedullary nails and pressed steel board in treatment of children forearm unstable fracture [J]. *Journal of Zhejiang Chinese Medical University*, 2008, 32 (5) : 70-71. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5509.2008.05.029.
- [14] Lee SM, Orlinsky M, Chan LS. Safety and effectiveness of portable fluoroscopy in the emergency department for the management of distal extremity fractures [J]. *Ann Emerg Med*, 1994, 24 (4) : 725-730. DOI: 10.1016/S0196-0644(94)70284-5.
- [15] Dubrovsky AS, Kempinska A, Bank I, et al. Accuracy of ultrasonography for determining successful realignment of pediatric forearm fractures [J]. *Ann Emerg Med*, 2015, 65 (3) : 260-265. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2014.08.043.
- [16] 周治国, 雷渊学, 李俊, 等. 超声引导下闭合复位联合外固定架治疗青少年及儿童肱骨近端骨折 [J]. *骨科*, 2021, 12 (5) : 435-439. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.05.009.
- Zhou ZG, Lei YX, Li J, et al. Treatment of adolescent proximal humeral fractures using ultrasound-guided closed reduction and external fixation [J]. *Orthopedics*, 2021, 12 (5) : 435-439. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.05.009.
- [17] Gillon JT, Gorn M, Wilkinson M. Comparison of ultrasound-guided versus fluoroscopy-guided reduction of forearm fractures in children [J]. *Emerg Radiol*, 2021, 28 (2) : 303-307. DOI: 10.1007/s10140-020-01862-6.
- [18] Price CT. Management of fractures [M] // Lovell and Winter's pediatric orthopaedics. 6th edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006: 1463.
- [19] Wagner LK. Minimizing radiation injury and neoplastic effects during pediatric fluoroscopy: What should we know [J]. *Pediatr Radiol*, 2006, 36 (Suppl 2) : 141-145. DOI: 10.1007/s00247-006-0187-1.
- [20] 姜卫波. 高频彩色多普勒超声对隐匿性肋骨骨折的诊断及预后评估价值 [J]. *山西医药杂志*, 2021, 50 (22) : 3131-3133. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9926.2021.22.011.
- Jiang WB. Diagnostic and prognostic value of high-frequency color Doppler ultrasound in occult Rib fracture [J]. *Journal of Shanxi Medicine*, 2021, 50 (22) : 3131-3133. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9926.2021.22.011.
- [21] Chen L, Kim Y, Moore CL. Diagnosis and guided reduction of forearm fractures in children using bedside ultrasound [J]. *Pediatr Emerg Care*, 2007, 23 (8) : 528-531. DOI: 10.1097/PEC.0b013e318128f85d.
- [22] Herren C, Sobottke R, Ringe MJ, et al. Ultrasound-guided diagnosis of fractures of the distal forearm in children [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101 (4) : 501-505. DOI: 10.1016/j.otsr.2015.02.010.
- [23] Chern TC, Jou IM, Lai KA, et al. Sonography for monitoring closed reduction of displaced extra-articular distal radial fractures [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84: 194-203. DOI: 10.2106/00004623-200202000-00005.
- [24] Mahaisavariya B, Laupattarakasem W. Ultrasound or image intensifier for closed femoral nailing [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1993, 75: 66-68. DOI: 10.1302/0301-620X.75B1.8421038.
- [25] 赵丽, 赵胜军, 金宝城, 等. 高频超声在儿童不稳定尺桡骨骨折靶向引导弹性髓内钉内固定中的应用 [J]. *大连医科大学学报*, 2016, 38 (4) : 352-355. DOI: 10.11724/jdmu.2016.04.09.
- Zhao L, Zhao SJ, Jin BC, et al. Application of ultrasound in guiding elastic intramedullary nail fixation for children with unstable forearm fractures [J]. *Journal of Dalian Medical University*, 2016, 38 (4) : 352-355. DOI: 10.11724/jdmu.2016.04.09.
- [26] 陈跃跃, 江红艳, 刘守正. 超声在儿童尺桡骨骨折闭合复位弹性髓内钉固定术中的应用 [J]. *临床骨科杂志*, 2020, 23 (2) : 238-240. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0287.2020.02.030.
- Chen YY, Jiang HY, Liu SZ. Application of ultrasound in closed reduction and elastic intramedullary nail fixation for children with ulna and radius fracture [J]. *Journal of Clinical Orthopaedics*, 2020, 23 (2) : 238-240. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0287.2020.02.030.

(收稿:2022-06-14 修回:2023-07-12)

(同行评议专家:赵新刚,王延宙,李天友)

(本文编辑:闫承杰)