

操纵杆辅助闭合复位技术治疗儿童肱骨髁上骨折的研究进展



全文二维码

赵胡日查 熊子轩 高原 郭宇 祁凯 陈云鹏 黄志明 韦宜山

内蒙古医科大学第二附属医院儿童骨科医学中心, 呼和浩特 010000

通信作者: 韦宜山, Email: 3276844912@qq.com

【摘要】 肱骨髁上骨折是儿童常见的骨折类型, 好发于 5~8 岁儿童。目前, 有移位的儿童肱骨髁上骨折首选闭合复位经皮克氏针内固定 (closed reduction and percutaneous pinning, CRPP) 治疗, 其优点包括创伤小、疼痛轻、出血量少, 可减少对骨折周围软组织以及血运的破坏, 且显著降低患肢感染的发生率。但是对于某些难复性 Gartland III 型或 Gartland IV 型骨折, 术中常因反复尝试闭合复位失败而迫使术者选择切开复位治疗, 而该治疗方法可能增加并发症发生风险, 导致患者预后不良。近年来, 为提高闭合复位的成功率, 诸多学者提出了多种经不同部位实施操纵杆辅助闭合复位治疗儿童肱骨髁上骨折的手术改进方案。本文就目前操纵杆技术的临床应用现状以及未来研究的方向进行综述。

【关键词】 骨折闭合复位; 肱骨骨折; 外科手术; 儿童

基金项目: 内蒙古自治区科技计划项目 (2021GG0207)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202207044-018

Research Progress in the Treatment of Supracondylar Humerus Fracture in Children with Joystick assisted Closed Reduction Technique

Zhao Huricha, Xiong Zixuan, Gao Yuan, Guo Yu, Qi Kai, Chen Yunpeng, Huang Zhiming, Wei Yishan

Medical Center of Pediatric Orthopedics, Second Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, China

Corresponding author: Wei Yishan, Email: 3276844912@qq.com

【Abstract】 Supracondylar humerus fracture is a common type of fracture in children, mostly occurring in children aged 5–8 years. Currently preferred treatment for displaced supracondylar humeral fractures is closed reduction and percutaneous pinning (CRPP). The advantages of closed reduction and percutaneous pinning are minimal trauma, less pain and less hemorrhage to adjacent soft tissue and blood flow. And also it significantly lowers the incidence of limb infection. However, for some refractory Gartland type III/IV fractures, the failure of repeated closed reductions often forces the operator to choose open reduction with various perioperative complications and a poor prognosis. In recent years, for improving the success rate of closed reduction, many scholars have proposed a variety of modified surgical techniques for supracondylar humeral fractures of humerus in children by using joystick assisted closed reduction at different locations. This review summarized the clinical applications, advantages and disadvantages of joystick technology and discussed the direction of future researches to provide references for pediatric orthopedic surgeons.

【Key words】 Closed Fracture Reduction; Humeral Fractures; Surgical Procedures, Operative; Child

Fund program: Inner Mongolia Autonomous Region Science and Technology Program Project (2021GG0207)

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202207044-018

肱骨髁上骨折是儿童常见的骨折类型, 约占儿童所有肘关节损伤的 60%, 好发于 5~8 岁儿童, 以非优势臂受累更常见^[1]。儿童肱骨髁上骨折通常采用 Wilkins 修改的 Gartland 分类法评估骨折损伤的严重程度; I 型: I A 型骨折无移位,

I B 型骨折轻微移位 < 2 mm, 且肱骨前缘线完整; II 型: II A 型骨折移位 > 2 mm, 但肱骨后侧皮质连续, 远侧骨折端后倾, II B 型骨折断端有横向或旋转移位、成角畸形, 但后方骨皮质仍完整; III 型为骨折完全分离移位, 合并骨折断端周围骨

皮质不接触,而骨膜尚能维持其连续性^[2]。21 世纪初,Leitch 等^[3]在 Gartland 分型的基础上增加了一种新的骨折类型(Gartland IV 型骨折),该类骨折与 Gartland III 型骨折的不同之处在于肘关节周围骨膜铰链全部断裂,骨折断端处于多方向不稳定状态,且临床极为罕见,大多数儿童骨科医师对其了解非常有限,通常需术中透视才能被确诊^[4]。

根据 Gartland 骨折分型,儿童肱骨髁上骨折可采取不同的治疗方法:①对骨折无移位或轻度桡偏移位且无特殊并发症的 Gartland I、II A 型骨折,可优先考虑采取闭合复位石膏外固定治疗;②Gartland II B、III、IV 型骨折首选闭合复位经皮克氏针内固定(closed reduction and percutaneous pinning, CRPP)治疗;③多次复位效果不佳、漂浮肘、苍白无脉手以及存在开放性移位的儿童肱骨髁上骨折可选择切开复位内固定治疗^[5-7]。

然而,对于某些难复性 Gartland III 型或多方向不稳定型骨折,多数情况下手术医师因无法成功闭合复位或很难维持骨折端对位状态而转行切开复位。虽然有研究显示,切开复位也能够获得较好的疗效,但更多研究表明切开复位增加了围手术期以及远期并发症(肘关节运动障碍、骨化性肌炎、瘢痕形成和医源性神经、血管损伤)的发生率^[7-9]。

近年来,在儿童肱骨髁上骨折手术治疗过程中,为了提高其闭合复位质量、降低透视辐射暴露造成组织器官损害以及缩短手术时间,国内外诸多学者提出了多种操纵杆辅助闭合复位技术的运用技巧以及未来研究的方向。

一、操纵杆辅助闭合复位技术的临床应用

目前,对于存在移位的闭合性儿童肱骨髁上骨折首选 CRPP 治疗^[6]。但是对于较难复位的 Gartland III 型骨折,在屈肘位牵引 3~5 min 后,经过至少 3 次“挤牛奶”方式手法整复可能仍无法达到满意的闭合复位效果^[8,10]。此外,Gartland IV 型骨折断端周围的环状骨膜铰链完全断裂,在伸直和屈曲方面都存在严重的不稳定性,这种不稳定性导致该类骨折在实现和维持复位等方面存在相当大的困难^[4]。近年来,各种操纵杆技术的不断问世,一定程度上解决了上述难题,且有望进一步缩短手术时间,减少透视次数及射线暴露,尽可能避免因闭合复位失败而转行切开复位所带来的感染、术后外观、肘关节僵硬等问题^[11-12]。在临床上,大多数学者采取撬拨、髓内固定及阻挡等方式从不同部位置入克氏针或 Schanz 钉进行骨折辅助复位,临床中以前两种辅助复位方法多见^[8,10,13-14]。

伴有明显旋转移位的难复性 Gartland III 型骨折患儿通常受高能量创伤影响,导致骨折端发生旋转移位和患肢极度肿胀,在闭合复位过程中,传统的牵引手法整复方法虽可恢复骨折前后成角和侧方移位,但纠正其旋转移位时往往非常棘手。罗冬冬等^[8]经骨折近端后侧插入 1 枚 3.0 mm 直径克氏针作为操纵杆,通过杠杆原理有效矫正旋转畸形。结果表明,该技术与传统的牵引手法整复相比,可显著提高闭合复位成功率,缩短手术时间和骨折愈合时间,减少术中 X 线拍摄次数,降低围手术期并发症发生率,并获得了较好的影像

学结果及肘关节功能。因此,对于存在伴有明显旋转移位的 Gartland III 型肱骨髁上骨折患儿,若通过传统的牵引手法整复无法达到满意的复位效果,可尝试在操纵杆技术的辅助下进行骨折复位。王晓威等^[10]提出,对于骨折近端与周围软组织呈纽扣样嵌顿的难复性肱骨髁上骨折患儿,采用“挤牛奶”方式进行手法整复无法恢复骨与骨接触时,可尝试使用操纵杆将软组织挑离骨折端辅助闭合复位,该技术在术后早期安全有效。

相关文献报道,Gartland IV 型骨折占有移位型儿童肱骨髁上骨折的 3%~11%^[3,14-15]。由于其特有的上述特点,实现和维持骨折闭合复位极度困难,因此迫使术者采取切开复位治疗。但切开复位时可能出现感染、骨化性肌炎、骨折延迟愈合甚至不愈合等并发症。近年诸多学者提出了不同方式的操纵杆辅助闭合复位技术。Novais 等^[14]通过研究表明使用经肱骨小头操纵杆技术辅助 CRPP 治疗 Gartland IV 型骨折安全有效,可以避免反复闭合复位和穿针造成的不良后果。还有学者将上述方法进行改良,也获得了良好的临床结果^[16]。韦宜山等^[17]提出了操纵杆的一种新入路方式,即操纵杆经尺骨鹰嘴处进针并通过骨折端逆行向上进入肱骨近端髓腔,形成临时髓内针结构,达到快速闭合复位和提高复位质量的目的,从而显著缩短手术时长,减少透视次数和围手术期并发症。

因此,操纵杆辅助闭合复位技术主要临床应用于:①当肘关节周围软组织纽扣样嵌插在骨折间隙时,可采用克氏针进行杠杆撬拨辅助闭合复位;②患儿经保守治疗效果不理想,延迟接受规范化治疗,患肢肿胀进一步加重,难以实现对骨性标志物进行触摸定位,牵引闭合复位的难度增加,无法有效纠正骨折旋转移位,此时可选取 1 枚 2.5 mm Schanz 钉或 2.0 mm 克氏针从不同方向(由内向外或由后向前)插入骨折近端单侧或双侧骨皮质(根据操纵杆把持牢固程度而定)来完成闭合复位;③在骨折复位成功后,操纵杆可起到骨膜铰链或阻挡作用,临时维持复位状态,以免丢失骨折复位后的稳定性,造成骨折再次移位;④Gartland IV 型骨折处于多方向不稳定状态下,可通过操纵杆技术将骨折两端临时连为整体,从而实现快速、精准、安全的闭合复位^[14-20]。

二、操纵杆辅助闭合复位技术的临床类别及运用技巧

(一)撬拨辅助闭合复位操纵杆技术

撬拨操纵杆技术辅助 CRPP 治疗包括以下步骤:①患儿麻醉成功后仰卧于手术台上,将 G 型或 C 型臂透视机置于患侧并紧贴手术床。医务人员将患儿伤侧肢体外展约 60°,患肢不采用止血带,用铅衣和铅围领保护患儿重要脏器,做好辐射防护,采用半无菌技术进行消毒铺巾和闭合复位;②2 名助手屈肘 20°~30°行持续对抗牵引骨折断端,术者尝试 3 次“挤牛奶”手法进行闭合复位,骨折断端仍无改善后采用撬拨复位;③在矢状位 X 线透视下,屈曲肘关节约 90°,将克氏针钝头一端置于肘后肱骨髁上骨折远端骨折线处(作为杠杆撬拨的克氏针直径 2.5~3.5 mm,克氏针粗细以及单针或双针撬拨取决于患儿年龄、体重),并在体表皮肤定位;④于体

表皮定位处做一约 3 mm 的纵向皮肤切口,用小号止血钳行逐层钝性剥离直达骨质,随后将克氏针钝头一端插入,如果骨折断端之间无接触,克氏针应位于骨折远端骨折线上方;若骨折断端之间部分接触,克氏针应位于骨折断端的间隙;⑤使用电钻在骨折断端之间打入克氏针,矢状面透视下明确克氏针钝头已达骨折端前方皮质,操作过程中实时进行透视核查,可避免误伤肘前血管神经;⑥当杠杆位于肱骨远端髁间窝时,会出现撬拨无力现象,可改变进针点重新进针或选用双针作为杠杆进行撬拨;⑦透视下确认复位满意后,由助手维持骨折端稳定,术者一手控制克氏针杠杆,另一手持钻将直径 1.5 mm 或 2 mm 的克氏针由肱骨外髁斜向上经骨折断端并穿透对侧皮质,随后依次完成第 2、3 枚克氏针的桡侧钻入,最后撤除作为撬拨杠杆的克氏针;⑧如出现钻入的克氏针与杠杆“打架”现象,可撤除杠杆并继续入针,所有克氏针扇形分布并均穿透对侧皮质;⑨术中务必通过 G 型臂 X 光机自动获取正侧位图像或旋转 C 形臂 X 线机,而非旋转患儿手臂,否则容易导致复位丢失;⑩全程应动作轻柔,循序渐进,每实施一个步骤都需要进行透视核查,以明确操作的精确性。

黄永波等^[21]将 78 例难复性肱骨髁上骨折病例分为撬拨辅助复位组和手法反复复位组进行比较后发现,撬拨辅助复位组手术时间显著缩短,透视频率减少,复位质量提高。Parmaksizoglu 等^[22]通过回顾性分析 23 例伸直型 Gartland III 型儿童肱骨髁上骨折患者资料,提出了一种能够替代传统牵引、手法整复的辅助闭合复位手术技巧(利用 1 枚 2.0 mm 克氏针作为临时操纵杆,沿三角肌下方由内侧向外侧钻入肱骨骨干并穿透两侧骨皮质,通过更好地控制骨折近端来纠正骨折远端三维平面的骨折端旋转和移位),尽量避免因闭合复位失败而选择切开复位治疗。研究结果表明,患儿均成功完成了闭合复位内固定治疗。该研究者认为,当闭合复位本身不成功时,操纵杆辅助复位方法是一种可靠的选择。Herzog 等^[23]描述了一种靠近骨折端 2 cm 以内经肘后向前方置入 Schanz 钉进行辅助闭合复位儿童肱骨髁上骨折的操纵杆技术,该方法与 Parmaksizoglu 所描述的方法相比,在顺利完成辅助复位的基础上,发生医源性桡神经以及肱动脉损伤的风险显著降低,是一种安全、实用、损伤小、临床疗效肯定的辅助复位方法。

(二) 髓内固定辅助闭合复位操纵杆技术

髓内固定操纵杆技术辅助 CRPP 治疗过程为术者选取 1 枚 2.0 mm 克氏针经肱骨小头或尺骨鹰嘴逆行穿针且通过骨折断端抵达肱骨中段位置,既可利用克氏针适当弯曲的特性撬拨复位,纠正旋转、成角、移位畸形,还可将多方向不稳定的骨折两端临时连为整体,显著降低复位丢失的风险,在此基础上从容采用交叉或单纯桡侧穿针方式充分固定骨折端(其余治疗操作步骤与撬拨复位技术基本一致)。

韦宜山等^[17]和王国强等^[24]研究发现,经尺骨鹰嘴实施操纵杆辅助复位技术治疗 Gartland IV 型儿童肱骨髁上骨折可提高闭合复位成功率,值得临床推广。Novais 等^[14]报道了

对 8 例儿童多方向不稳定肱骨髁上骨折采用经肱骨小头操纵杆辅助复位技术的治疗经验,经肱骨小头向骨折端置入 1 枚 2.0 mm 克氏针抵住肱骨中段进行辅助并维持复位,在 C 型臂透视机下通过微调获得满意的复位后成功实施 CRPP 治疗,平均随访 14.5 个月,获得了令人满意的影像学 and 临床结果。因此,操纵杆辅助 CRPP 治疗儿童肱骨髁上骨折操作简便、医疗费用低、安全高效、疗效显著,值得临床进一步推广。

三、操纵杆辅助闭合复位技术的优势及不足

操纵杆技术的优势在于:①通过杠杆原理,将撬拨力量集中于骨折断端,从而实现良好的闭合复位;②可避免反复尝试手法整复而加重软组织、重要血管、神经的损伤,更能避免因闭合复位未成功而采取切开复位治疗;③临床疗效显著且易于掌握,符合微创治疗的原则;④能够提高闭合复位质量,缩短手术时间、减少透视频率,保护患肢血运,有利于骨折早期愈合^[17-18,20,24]。

虽然该技术具有较多优越性,但其不足之处同样不可忽视^[15-16,22-23]。首先,在闭合复位过程中因操作者力量控制不恰当,可能造成操纵杆弯曲和(或)断裂,造成手术难度增加;其次,操纵杆通过患侧肢体尺骨鹰嘴或肱骨小头逆行进入骨折端临时固定时,可能有损伤骺板的风险,造成患肢骨骼生长受限或停滞,从而出现肘内外翻畸形、创伤性关节炎或肘关节强直;再者,利用杠杆原理反复实施撬拨复位时较容易损伤肘前重要血管神经、肘关节周围软组织,造成骨折断端皮质局部塌陷等医源性损伤。因此,术者在操作过程中应注意手法轻柔,避免反复、暴力操作导致医源性损伤。尽管操纵杆辅助复位技术存在欠缺,但由于其具有操作简单、创伤小、复位效果理想等特点,在骨科临床应用中受到推崇。

综上所述,随着微创技术的发展,CRPP 已成为治疗儿童肱骨髁上骨折的首选方法。然而,难复性 Gartland III 型骨折因反复闭合复位可能造成周围软组织的损伤加重;Gartland IV 型骨折即使通过传统的牵引、手法复位起初能够获得良好的复位,但多数情况下在克氏针固定骨折之前常发生复位的再次丢失而延长手术时间,这可能迫使儿童骨科医师更倾向于选择切开复位治疗^[25-27]。然而有研究表明,切开复位可能增加并发症的发生风险,影响骨折血运而延长骨折愈合时间,术后瘢痕愈合可能影响皮肤外观^[7,14,19,21]。近年来,为解决上述问题,多种操纵杆辅助闭合复位治疗儿童肱骨髁上骨折的手术技巧被提出。然而,儿童肱骨远端解剖结构非常特殊,呈扁宽状,中间有较大的凹陷,分别为前方的冠突窝和后方的鹰嘴窝,主要承重部位在肱骨内外侧髁周围。倘若术者仅借助于二维的 C 型臂 X 线透视机实施反复撬拨或髓内固定等方式辅助闭合复位,则损伤周围重要血管神经、骨质塌陷以及骺板损伤的风险将会大大提高^[15-16,22-23]。如今,骨科领域中数字医学已成为研究热点,通过各种数字化技术可使骨骼更加结构化和标准化,实现精准定位,从而帮助医师获得更满意的治疗效果和更高的工作效率^[28-29]。在未来,操纵杆辅助复位技术可结合三维有限元技术获得骨折后真

实的解剖结构来制定治疗方案、优化手术操作过程,从而实现对儿童肱骨髁上骨折的个体化、精细化、微创化以及安全高效的治疗^[30-32]。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Wang JH, Morris WZ, Bafus BT, et al. Pediatric supracondylar humerus fractures: AAOS appropriate use criteria versus actual management at a pediatric level 1 trauma center[J]. J Pediatr Orthop, 2019, 39(8): e578-e585. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001096.
- [2] Teo TL, Schaeffer EK, Habib E, et al. Assessing the reliability of the modified Gartland classification system for extension-type supracondylar humerus fractures[J]. J Child Orthop, 2019, 13(6): 569-574. DOI: 10.1302/1863-2548.13.190005.
- [3] Leitch KK, Kay RM, Femino JD, et al. Treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children. A modified Gartland type-IV fracture[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(5): 980-985. DOI: 10.2106/JBJS. D.02956.
- [4] 韦宜山, 娜木罕, 刁艳龙, 等. 经尺骨鹰嘴操纵杆辅助闭合复位治疗儿童 Gartland IV 型肱骨髁上骨折手术潜在风险因素的对比研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2021, 10(3): 181-191. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2021.03.005.
Wei YS, Na MH, Diaoyan YL, et al. A comparative study on potential risks of surgery for Gartland type IV supracondylar humeral fracture with a transolecranon pin joystick in children[J]. Chin J Bone Joint, 2021, 10(3): 181-191. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2021.03.005.
- [5] Shah M, Agashe MV. Supracondylar humerus fractures: classification based treatment algorithms[J]. Indian J Orthop, 2020, 55(1): 68-80. DOI: 10.1007/s43465-020-00285-2.
- [6] Duffy S, Flannery O, Gelfer Y, et al. Overview of the contemporary management of supracondylar humeral fractures in children[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2021, 31(5): 871-881. DOI: 10.1007/s00590-021-02932-2.
- [7] 文玉伟, 王强. 儿童肱骨髁上骨折的诊疗进展[J]. 中华小儿外科杂志, 2017, 38(5): 390-394. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2017.05.016.
Wen YW, Wang Q. Recent advances in the diagnosis and treatment of supracondylar humeral fractures in children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2017, 38(5): 390-394. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2017.05.016.
- [8] 罗冬冬, 张智勇, 张晓明, 等. 经肱三头肌肌腱克氏针撬拨复位治疗儿童难复性 Gartland II 型及 III 型肱骨髁上骨折[J]. 中华创伤骨科杂志, 2018, 20(1): 22-26. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2018.01.004.
Luo DD, Zhang ZY, Zhang XM, et al. K-wire leverage reduction and fixation via triceps tendon for irreducible supracondylar humeral fractures[J]. Chin J Orthop Trauma, 2018, 20(1): 22-26. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2018.01.004.
- [9] 韦宜山, 刘万林, 崔鹏飞, 等. 尺骨鹰嘴穿针操纵杆技术辅助治疗儿童多方向不稳定肱骨髁上骨折的对比研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2020, 41(6): 542-549. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20200303-00135.
Wei YS, Liu WL, Cui PF, et al. Application of a transolecranon pin joystick technique for multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2020, 41(6): 542-549. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20200303-00135.
- [10] 王晓威, 汪兵, 梁小菊, 等. 操纵杆辅助闭合复位治疗儿童不可复性肱骨髁上骨折[J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(9): 769-773. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2020.09.001.
Wang XW, Wang B, Liang XJ, et al. Joystick assisted closed reduction in the treatment of children with irreducible supracondylar humerus fractures[J]. J Pract Orthop, 2020, 26(9): 769-773. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2020.09.001.
- [11] Mitchell SL, Sullivan BT, Ho CA, et al. Pediatric Gartland type-IV supracondylar humeral fractures have substantial overlap with flexion-type fractures[J]. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101(15): 1351-1356. DOI: 10.2106/JBJS.18.01178.
- [12] Hosseinzadeh P, Rickert KD, Edmonds EW. What's new in pediatric orthopaedic trauma: the upper extremity[J]. J Pediatr Orthop, 2020, 40(4): e283-e286. DOI: 10.1097/BPO.0000000000001409.
- [13] Patriota GSQA, Assunção Filho CA, Assunção CA. What is the best fixation technique for the treatment of supracondylar humerus fractures in children? [J]. Rev Bras Ortop, 2017, 52(4): 428-434. DOI: 10.1016/j.rboe.2017.05.013.
- [14] Novais EN, Andrade MAP, Gomes DC. The use of a joystick technique facilitates closed reduction and percutaneous fixation of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children[J]. J Pediatr Orthop, 2013, 33(1): 14-19. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3182724d07.
- [15] Pei XH, Mo YQ, Huang P. Leverage application on Gartland type IV supracondylar humeral fracture in children[J]. Int Orthop, 2016, 40(11): 2417-2422. DOI: 10.1007/s00264-016-3206-3.
- [16] Silva M, Cooper SD, Cha A. The outcome of surgical treatment of multidirectionally unstable (type IV) pediatric supracondylar humerus fractures[J]. J Pediatr Orthop, 2015, 35(6): 600-605. DOI: 10.1097/BPO.0000000000000344.
- [17] 韦宜山, 刘万林, 王国强, 等. 经尺骨鹰嘴操纵杆技术辅助闭合复位治疗儿童多方向不稳定肱骨髁上骨折[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(20): 1397-1408. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20200311-00150.
Wei YS, Liu WL, Wang GQ, et al. Clinical observation of utilizing a transolecranon pin joystick technique in the treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children[J]. Chin J Orthop, 2020, 40(20): 1397-1408. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20200311-00150.
- [18] 杨杰, 孙辽军, 余贤斌, 等. 操纵杆技术在儿童肱骨髁上骨折闭合复位经皮穿针中的应用[J]. 中华小儿外科杂志, 2014, 35(10): 737-741. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2014.10.005.
Yang J, Sun LJ, Yu XB, et al. Use of joystick technique facilitates closed reduction and percutaneous fixation of supracondylar humeral fractures in children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2014, 35(10): 737-741. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2014.10.005.
- [19] 屈继宁, 马益善, 党幼婷, 等. 术中撬拨复位经皮交叉克氏针固定治疗儿童不稳定性屈曲型肱骨髁上骨折[J]. 骨科, 2022, 13(2): 125-129. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.02.006.
Qu JN, Ma YS, Dang YT, et al. Intraoperative prying reduction and Kirschner wire cross fixation for unstable flexion of supracondylar humeral fractures in children[J]. Orthopaedics, 2022, 13(2): 125-129. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.02.006.
- [20] 屈继宁, 马益善, 李云峰, 等. 撬拨复位经皮穿针内固定治疗多方向极度不稳定 Gartland IV 型儿童肱骨髁上骨折[J]. 中

- 国骨与关节损伤杂志, 2021, 36 (11): 1205-1207. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2021.11.030.
- Qu JN, Ma YS, Li YF, et al. Treatment of multidirectional extremely unstable Gartland type IV supracondylar humeral fractures in children with pry reduction and percutaneous needle internal fixation[J]. Chin J Bone Joint Inj, 2021, 36 (11): 1205-1207. DOI:10.7531/j.issn.1672-9935.2021.11.030.
- [21] 黄永波, 李文斌. 克氏针辅助复位治疗儿童难复性肱骨髁上骨折的临床评估[J]. 中国药物与临床, 2019, 19 (13): 2149-2152. DOI:10.11655/zgywylc2019.13.004.
- Huang YB, Li WB. Therapeutic efficacy of Kirschner-wire-assisted reduction for irreducible supracondylar humeral fracture[J]. Chinese Remedies & Clinics, 2019, 19 (13): 2149-2152. DOI: 10.11655/zgywylc2019.13.004.
- [22] Parmaksizoglu AS, Ozkaya U, Bilgili F, et al. Closed reduction of the pediatric supracondylar humerus fractures; the "joystick" method[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2009, 129 (9): 1225-1231. DOI:10.1007/s00402-008-0790-8.
- [23] Herzog MA, Oliver SM, Ringler JR, et al. Mid-America orthopaedic association physician in training award; surgical technique; pediatric supracondylar humerus fractures; a technique to aid closed reduction[J]. Clin Orthop Relat Res, 2013, 471 (5): 1419-1426. DOI:10.1007/s11999-012-2764-y.
- [24] 王国强, 刘少华, 格日乐, 等. 经尺骨鹰嘴操纵杆撬拨复位治疗 Gartland IV 型儿童肱骨髁上骨折[J]. 临床骨科杂志, 2022, 25 (1): 78-81. DOI:10.3969/j.issn.1008-0287.2022.01.027.
- Wang GQ, Liu SH, Ge RL, et al. Utilizing transolecranon pin joystick poking reduction for Gartland type IV humeral supracondylar fractures in children[J]. J Clin Orthop, 2022, 25 (1): 78-81. DOI:10.3969/j.issn.1008-0287.2022.01.027.
- [25] Tarallo L, Novi M, Porcellini G, et al. Gartland type III supracondylar fracture in children; is open reduction really a dangerous choice? [J]. Injury, 2022, 53 (Suppl 1): S13-S18. DOI: 10.1016/j.injury.2021.02.071.
- [26] Emanuelli E, Stevanovic O, Klotz J, et al. Treatment of type III supracondylar humerus fractures; adherence and limitations of American Academy of Orthopedic Surgeons Appropriate Use Criteria App[J]. J Pediatr Orthop B, 2021, 30 (2): 161-166. DOI: 10.1097/BPB.0000000000000768.
- [27] Su YX, Nan GX. Evaluation of a better approach for open reduction of severe Gartland type III supracondylar humeral fracture [J]. J Invest Surg, 2021, 34 (5): 479-485. DOI: 10.1080/08941939.2019.1649766.
- [28] Ballard DH, Trace AP, Ali S, et al. Clinical applications of 3D printing; primer for radiologists[J]. Acad Radiol, 2018, 25 (1): 52-65. DOI:10.1016/j.acra.2017.08.004.
- [29] Bini SA. Artificial intelligence, machine learning, deep learning, and cognitive computing; what do these terms mean and how will they impact health care? [J]. J Arthroplasty, 2018, 33 (8): 2358-2361. DOI:10.1016/j.arth.2018.02.067.
- [30] 李克伟, 戎帅, 滕勇, 等. 3D 打印技术在小儿骨科中的应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (5): 436-440. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.05.12.
- Li KW, Rong S, Teng Y, et al. Application of 3D printing technique in pediatric orthopedics[J]. Orthop J China, 2018, 26 (5): 436-440. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2018.05.12.
- [31] 张军, 张道平, 祝劲松, 等. 3D 打印技术辅助手术规划在儿童 Gartland III 型肱骨髁上骨折治疗中的初步应用[J]. 中华小儿外科杂志, 2021, 42 (2): 126-132. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20191213-00677.
- Zhang J, Zhang DP, Zhu JS, et al. Preliminary application of three-dimensional printing assisted surgery planning for Gartland type III supracondylar humeral fracture in children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2021, 42 (2): 126-132. DOI: 10.3760/cma.j.cn421158-20191213-00677.
- [32] Kamara A, Ji XL, Liu C, et al. The most stable pinning configurations in transverse supracondylar humerus fracture fixation in children; a novel three-dimensional finite element analysis of a pediatric bone model[J]. Injury, 2021, 52 (6): 1310-1315. DOI: 10.1016/j.injury.2021.01.012.

(收稿日期: 2022-07-24)

本文引用格式: 赵胡日查, 熊子轩, 高原, 等. 操纵杆辅助闭合复位治疗儿童肱骨髁上骨折的研究进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2023, 22 (5): 496-500. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202207044-018.

Citing this article as: Zhao HRC, Xiong ZX, Gao Y, et al. Research Progress in the Treatment of Supracondylar Humerus Fracture in Children with Joystick assisted Closed Reduction Technique [J]. J Clin Ped Sur, 2023, 22 (5): 496-500. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202207044-018.