

· 临床研究 ·

骨骺滑动钢板固定复杂儿童股骨远端骨折

郑浩¹, 王丽丽², 刘勇^{1,2}, 张雪涛³, 于承祺¹, 高学建²

(1. 潍坊医学院外科学教研室, 山东潍坊 261053; 2. 潍坊医学院附属医院创伤外科, 山东潍坊 261035;
3. 解放军第八十集团军医院全军创伤骨科研究所, 山东潍坊 261021)

摘要: [目的] 探讨骨骺滑动钢板 (pediatric physeal slide-traction plate, PPSP) 在复杂儿童股骨远端骨折中的临床疗效。[方法] 2018年3月—2020年3月, 对20例复杂股骨远端骨折的患儿行手术治疗。分析围手术期、随访及影像资料。[结果] 所有患儿均顺利完成手术, 无严重并发症, 随访时间均超过12个月。完全负重活动时间为9.5~12.0周, 平均(10.7±0.5)周。术后随时间推移, 膝HSS评分、膝屈-伸ROM显著增加 ($P<0.05$); 影像方面, 所有患者股骨生长长度显著增加 ($P<0.05$), 双侧肢体长度差(LLD)、外侧股骨远端机械角(mLDFA)无明显改变 ($P>0.05$); 相应时间点, 患侧与健侧股骨生长长度无明显差异 ($P>0.05$)。[结论] PPSP固定可靠, 不限制骨骺纵向生长, 是治疗复杂儿童股骨远端骨折的有效选择。

关键词: 骨骺滑动钢板, 股骨远端骨折, 内固定, 儿童

中图分类号: R683.42 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2023) 04-0376-04

Pediatric physeal slide-traction plate for fixation of complex distal femoral fractures in children // ZHENG Hao¹, WANG Lili², LIU Yong^{1,2}, ZHANG Xue-tao³, YU Cheng-qi¹, GAO Xue-jian². 1. Department of Surgery, Weifang Medical University, Weifang 261053, China; 2. Department of Traumatic Surgery, Affiliated Hospital, Weifang Medical University, Weifang 261053, China; 3. Institute of Traumatic Orthopedics, Hospital of PLA 80th Group Army, Weifang 261021, China

Abstract: [Objective] To explore the clinical outcomes of pediatric physeal slide-traction plate (PPSP) for internal fixation of complex distal femoral fractures in children. [Methods] From March 2018 to March 2020, 20 children received open reduction and internal fixation with PPSP for complex distal femoral fractures. The perioperative, follow-up and imaging data were evaluated. [Results] All patients operation performed smoothly without serious complications, and were followed up for more than 12 months. The time to resume full-weight bearing activity ranged from 9.5 to 12.0 weeks with an average of (10.7±0.5) weeks. The knee HSS score and ROM increased significantly over time after operation ($P<0.05$). In terms of imaging evaluation, the growth length of femur in all patients increased significantly ($P<0.05$), but the leg length discrepancy (LLD) and the mechanical lateral distal femoral angle (mLDFA) remained unchanged significantly ($P>0.05$). At any corresponding time point, there was no significant difference in the femoral growth length between the affected side and the healthy side ($P>0.05$). [Conclusion] PPSP has the advantages of reliable fixation and no restriction on the longitudinal growth of epiphysis, which is an effective choice for the treatment of complex distal femoral fractures in children.

Key words: pediatric physeal slide-traction plate, distal femoral fracture, internal fixation, children

股骨远端骨折是一种严重的损伤, 约占所有远端骨折的15%^[1, 2]。股骨远端是人体下肢的主要生长中心之一, 骺板是生长发育的核心区域^[3, 4]。一般的股骨远端骨折采用常规钢板、髓内钉等便可获得较好的治疗效果^[5, 6]。但对于复杂儿童股骨远端骨折(累及骺板或骨骺), 治疗不当可能会限制骺板的生长, 导致下肢畸形等严重并发症^[7, 8]。儿童骨骺滑动钢板(pediatric physeal slide-traction plate, PPSP)可跨骨骺固定骨折, 且具有滑动功能, 但其临床效果仍需进一

步研究。本研究回顾性分析本科采用PPSP固定治疗的20例复杂儿童股骨远端骨折患者资料, 报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

2018年3月—2020年3月在本院采用PPSP固定治疗复杂股骨远端骨折患儿20例。男17例, 女3例; 年龄8~13岁, 平均(11.5±1.4)岁; 受伤至手

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.04.19

作者简介: 郑浩, 医学硕士, 研究方向: 显微重建外科学, (电话)15698258636, (电子信箱)zhenghao_0730@163.com

* 通信作者: 高学建, (电话)13721957080, (电子信箱)gxj2003082@126.com

术时间 4~42 h, 平均 (15.8±11.5) h; 致伤原因: 车祸伤 15 例, 重物砸伤 4 例, 坠落伤 1 例, 均为闭合性骨折。Salter-Harris 分型: II 型 7 例, III 型 3 例, IV 型 10 例。伴随损伤有胫骨骨折 3 例, 腕骨骨折 1 例。本研究经医院伦理委员会批准, 所有患儿家属均知情同意并签署知情同意书。

1.2 手术方法

所有手术均由同一高年资医师进行。患者采用全身麻醉, 取仰卧位, 常规使用气囊止血带。采用外侧入路暴露股骨外侧髁, 注意保护髌板周围骨膜, 骨折复位后细克氏针临时固定。行 C 形臂 X 线机透视检查骨折端对位对线情况, 并确定头部远端孔与髌板的相对位置, 确保头部锁定孔跨过骨骺线。选取合适 PPSP, 逐步锁定头部 3 枚螺钉和体部螺钉, 检查滑动性能, 避免体部钉帽冒出而影响后期 PPSP 的滑动机制。膝关节活动无障碍后, 冲洗止血放置引流管球 1 套, 逐层缝合, 无菌包扎。3 例合并胫骨骨折及 1 例腕骨骨折的患儿, 在同一麻醉下行手术治疗。

术后 24 h 行常规消炎及预防感染治疗, 平卧位, 抬高患肢, 不使用任何外固定; 术后第 1 d, 患儿在病床行受累膝关节肌肉等长收缩练习, 第 3 d 后膝关节屈伸锻炼, 4 周后非负重扶拐行走, 8 周后根据一般情况和伴随损伤确定部分负重。

1.3 评价指标

记录围手术期资料。采用完全负重活动时间(临床骨折愈合时间)、膝伸屈活动度(range of motion, ROM)和美国纽约特种外科医院(Hospital for Special Surgery, HSS)膝关节功能评分^[9-11]评价临床效果。行密切门诊定期预约随访, 术前, 术后当天, 术后 1、3、6、12 个月拍摄 X 线片, 评价骨折愈合情况, 测量并记录双侧肢体长度差(limb-length discrepancy, LLD)、外侧股骨远端机械角(mechanical lateral distal femoral angle, mL DFA)。

1.4 统计学方法

使用 Microsoft Excel 2019 整理研究数据, 建立原始数据库。所有统计分析均使用 SPSS 26.0 (SPSS Inc., USA) 进行。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单因素方差分析; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

所有患儿手术均获成功, 术中无血管、神经损伤

等严重并发症。手术时间 50.0~72.0 min, 平均 (60.7±5.8) min; 切口长度 8.8~11.3 cm, 平均 (9.9±0.8) cm; 术中失血量 28~45 ml, 平均 (36.6±5.5) ml; 切口均一期愈合, 未发生感染。所有患儿均获随访, 随访时间 12~17 个月, 平均 (13.6±1.9) 个月, 随访期间均未出现并发症, 如感染、内固定松动断裂、延迟愈合等。完全负重活动时间 9.5~12.0 周, 平均 (10.7±0.5) 周; 随着随访时间的延长, 所有患儿 HSS 评分、膝伸屈 ROM 均显著增加 (*P*<0.05), 详见表 1。

2.2 影像评估

使用 PACS 系统阅片并测量相关数据。随时间推移, LLD 和 mL DFA 未发生明显改变 (*P*>0.05), 见表 1; 双侧股骨生长长度随时间推移不断增加 (*P*<0.05), 同一时间点, 患侧与健侧股骨生长长度比较差异无统计学意义 (*P*>0.05), 见表 2。典型影像见图 1。

表 1 患儿临床资料及影像测量结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

| 指标 | 术后 3 个月 | 术后 6 个月 | 末次随访 | <i>P</i> 值 |
|--------------|----------|------------|-----------|------------|
| HSS 评分 (分) | 62.6±2.6 | 77.3±4.9 | 87.0±3.9 | <0.001 |
| 膝屈-伸 ROM (°) | 90.2±4.6 | 102.2±10.6 | 113.1±8.4 | <0.001 |
| LLD (mm) | 2.5±0.6 | 2.4±0.5 | 2.3±0.5 | 0.901 |
| mL DFA (°) | 87.3±1.3 | 87.2±1.1 | 87.2±1.2 | 0.736 |

表 2 患侧与健侧股骨生长情况与比较

| 指标 | 患侧 | 健侧 | <i>P</i> 值 |
|-------------------------------|----------|----------|------------|
| 股骨生长长度 (mm, $\bar{x} \pm s$) | | | |
| 术后 3 个月 | 3.6±0.4 | 3.5±0.5 | 0.630 |
| 术后 6 个月 | 5.6±0.4 | 5.7±0.5 | 0.918 |
| 术后 12 个月 | 11.4±0.5 | 11.4±0.5 | 0.574 |
| <i>P</i> 值 | <0.001 | <0.001 | |

3 讨论

儿童处于生长发育的高峰期, 骨骼纵向生长是髌板软骨细胞生长及软骨逐渐骨化的结果, 是骨骼发育最脆弱且关键的阶段^[12]。股骨远端骨折常靠近髌板或累及髌板, 治疗难度较大, 如果骨折修复不当, 可能会导致继发性骨骺板损伤, 造成严重后果^[13]。因此, 根据儿童骨骺未闭合的生理特点及髌板继发性损伤的产生机制, 在治疗儿童复杂股骨远端骨折时, 不仅要为断端提供坚强内固定, 确保干骺端、骺端和关节的恢复, 还应更好地维持骨骺纵向生长能力。



图 1 患儿,男,8岁,车祸致伤 1a:术前正位 X 线片示左股骨远端骨折,断端错位成角,骨折线清晰锐利 1b:术前 CT 清晰显示骨折累及关节面,Salter-Harris IV 型 1c,1d:术后正侧位 X 线片示 PPSP 跨骨骺固定骨折端,内固定位置良好,复位满意 1e:术后 12 个月双下肢正位 X 线片示左股骨发育良好,未见关节畸形,内外髌发育均衡

PPSP 根据儿童股骨远端外侧解剖形态设计,头部钢板跨骨骺固定于股骨远端,与固定骨干部的体部钢板组合而成,头部钢板有抽屉状凹槽,可用于体部钢板嵌插在槽内活动。相关动物试验发现,与普通钢板组相比,PPSP 表现出具有保护骺板、提供固定、减少骨骺生长限制的优势^[14, 15]。Li 等^[16] 研究分析了 PPSP 在单腔骨囊肿引起的病理性股骨远端骨折中的疗效,发现 PPSP 联合刮除术和植骨术可以获得满意的结果,没有明显的 LLD 和 ROM 损失。

本研究纳入的 20 例患儿术后均不使用石膏等辅助外固定,膝关节早期进行功能锻炼,减少膝关节粘连、僵硬,保护关节功能。在随访中发现,患侧与健侧股骨生长长度比较无显著差异;HSS 评分、膝屈-伸 ROM 随术后时间的延长逐渐改善;LLD 和 mLD-FA 的术后变化很小,基本维持在正常生理范围内。这表明 PPSP 可有效维持骨折复位,利于原始骨痂的形成,患儿可早期下地活动,加快骨痂的增强塑形,且不限制骨骺的纵向生长。

在进行手术操作时,应注意保护骨骺周围 Ranvier 区软骨膜。同时,还需要注意头部钢板的位置,确保跨骨骺固定骨折,避免损伤骺板。PPSP 的拆除时间也应特别注意,根据患儿在第 6 个月随访所摄 X 线片情况,观察骨折愈合程度,计算 PPSP 剩余滑动距离,综合评估拆除时间,避免因过早拆除导致断端不稳定,或因过晚拆除导致 PPSP 可滑动的孔内螺钉到达末端,PPSP 达到最大滑动限度,对骨骺纵向发育造成限制。

综上所述,PPSP 具有固定可靠、不损伤骺板、不抑制骨骺生长的优点,是复杂儿童股骨远端骨折的有效治疗方式。

参考文献

- [1] Souki-Chmeit F, Zambrano-Sanguinetti E, Sandia-Briceño A, et al. Articular fractures of the distal femur: comparative analysis of three surgical treatments [J]. *Acta Ortop Mexicana*, 2017, 31 (1): 1-11.
- [2] Elsoe R, Ceccotti AA, Larsen P. Population-based epidemiology and incidence of distal femur fractures [J]. *Int Orthop*, 2018, 42 (1): 191-196.
- [3] Cassebaum WH, Patterson AH. Fractures of the distal femoral epiphysis [J]. *Clin Orthop*, 1965, 41 (41): 79-91.
- [4] Hallett SA, Ono W, Ono N. Growth plate chondrocytes: skeletal development, growth and beyond [J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20 (23): 6009.
- [5] 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.
- [6] 陈洪强, 刘炯, 陈德斌, 等. 顺行髓内钉与钢板固定股骨远端关节外骨折比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (4): 303-306.
- [7] Hedequist D, Bishop J, Hresko T. Locking plate fixation for pediatric femur fractures [J]. *J Pediatr Orthop*, 2008, 28 (1): 6-9.
- [8] 李志伟, 李建军, 杨军, 等. 锁定钢板内固定治疗青少年胫骨远端骨折累及骺板损伤的疗效观察 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2014, 29 (12): 1280-1281.
- [9] Wu SY, Tsai YH, Wang YT, et al. Acute effects of tissue flossing coupled with functional movements on knee range of motion, static balance, in single-leg hop distance, and landing stabilization performance in female college students [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19 (3): 1427.
- [10] Kubiak EN, Beebe MJ, North K, et al. Early weight bearing after lower extremity fractures in adults [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2013, 21 (12): 727-738.
- [11] Ying C, Guo C, Wang Z, et al. A prediction modeling based on the Hospital For Special Surgery (HSS) knee score for poor postoperative functional prognosis of elderly patients with patellar fractures [J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 6620504. (下转 382 页)

究在基层医院开展, 机器人辅助椎弓根置钉准确率从徒手组 83.3% 提升到 95.2%, 提升幅度更大。相对于大三甲医院, 基层医院专科分科不细, 导致医师的专科手术水平普遍偏低。通过机器人的术前规划模块大大提高了手术的规范性, 术中的置钉定位和机械臂执行大大提高了手术的准确性和安全性。推测机器人在医师经验技能相对不足的基层医院起到的辅助作用可能比三甲医院更加显著, 这有助于基层医院开展微创脊柱手术, 但需将来针对更多手术方式做进一步对比研究。

综上所述, 相比于徒手经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折, 机器人辅助置钉能够, 减少透视次数和手术时间, 提高置钉准确率, 获得良好的临床疗效, 在辅助基层医院开展微创脊柱手术, 实现专科手术的数字化、同质化、智能化上具有应用价值。

参考文献

- [1] 张同同, 王增平, 王中华, 等. 骨科天玑机器人在手术治疗胸腰椎骨折的临床应用 [J]. 中国骨伤, 2021, 34 (11): 1034-1039.
- [2] 李卫华, 刘延涛, 李聪明, 等. 微创与开放椎弓钉固定胸腰椎骨折的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (22): 2017-2020.
- [3] 周纪平, 姜泽威, 杨永军, 等. 脊柱机器人辅助椎弓根钉经皮固定胸腰椎骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (10): 865-869.
- [4] Sun XY, Zhang XH, Hai Y. Percutaneous versus traditional and paraspinous posterior open approaches for treatment of thoracolumbar fractures without neurologic deficit: a meta-analysis [J]. Eur Spine J, 2017, 26 (5): 1418-1431.
- [5] 刘彬, 李佳佳, 姚树强, 等. 脊柱机器人辅助手术系统在胸腰段较细椎弓根后路螺钉植入术中的应用 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2020, 28 (4): 44-46.
- [6] 何流, 方宣城, 申才良, 等. 机器人辅助置入胸腰椎椎弓根螺钉的临床研究 [J]. 中华全科医学, 2021, 19 (1): 42-45.
- [7] Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status [J]. Spine, 2005, 30 (20): 2325-2333.
- [8] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo [J]. Spine, 1990, 15 (1): 11-14.
- [9] 林捷, 滕立初, 莫志英, 等. 经皮椎弓根钉内固定治疗胸腰椎骨折的临床疗效及影像学分析 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2022, 37 (1): 47-49.
- [10] Fatima N, Massaad E, Hadzipasic M, et al. Safety and accuracy of robot-assisted placement of pedicle screws compared to conventional free-hand technique: a systematic review and meta-analysis [J]. Spine J, 2021, 21 (2): 181-192.
- [11] Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, et al. Minimally invasive, robotic versus open fluoroscopic-guided spinal instrumented fusions: a randomized, controlled trial [J]. Spine, 2017, 42 (6): 353-358.
- [12] Kim HJ, Jung WI, Chang BS, et al. A prospective, randomized, controlled trial of robot-assisted vs freehand pedicle screw fixation in spine surgery [J]. Int J Med Robot, 2017, 13 (3): e1779.
- [13] 茅剑平, 李祖昌, 范明星, 等. 机器人辅助与徒手椎弓根螺钉置入在胸腰椎骨折手术中的精度及手术即时效果的比较 [J]. 中国微创外科杂志, 2020, 26 (6): 534-539.
- [14] 于笑笙, 陈修远, 陈皓, 等. 骨科机器人辅助微创精准手术治疗胸腰段骨折的初步经验 [J]. 脊柱外科杂志, 2020, 18 (6): 369-375.
- [15] 林书, 胡珏, 万仑, 等. 机器人与透视辅助经皮椎弓根螺钉置入的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (20): 1830-1834.

(收稿: 2022-01-26 修回: 2022-09-14)

(同行评议专家: 毛路 程细高 殷明)

(本文编辑: 闫承杰)

(上接 378 页)

- [12] Matsushita Y, Ono W, Ono N. Growth plate skeletal stem cells and their transition from cartilage to bone [J]. Bone, 2020, 136: 115359.
- [13] Young EY, Stans AA. Distal femoral physal fractures [J]. J Knee Surg, 2018, 31 (6): 486-489.
- [14] Lin DS, Lian KJ, Hong JY, et al. Effects of a sliding plate on morphology of the epiphyseal plate in goat distal femur [J]. Int J Sci, 2012, 9 (2): 178-183.
- [15] 崔庆达, 朱卫洁, 赵希春, 等. 可滑动钢板跨骨骺固定对骺生长的影响 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (11): 946-950.
- [16] Li J, Rai S, Ze R, et al. Pediatric physal slide-traction plate fixation for pathological distal femoral fracture caused by unicameral bone cyst in adolescents [J]. BMC Musculoskel Disord, 2020, 21 (1): 503.

(收稿: 2022-11-17 修回: 2022-12-01)

(同行评议专家: 窦洪磊 杨晓明)

(本文编辑: 郭秀婷)