

· 临床研究 ·

牵拉和选择性胫神经缩窄治疗痉挛性马蹄内翻足[△]

解焕鑫, 杨华清*, 杨启昌, 章耀华, 李强, 韩庆海, 张鸿悦, 赵殿钊, 杨云, 刘晓磊

(首都医科大学附属北京康复医院骨科, 北京 100144)

摘要: [目的] 探讨 Ilizarov 牵拉技术结合选择性胫神经缩窄术治疗脑瘫痉挛性马蹄内翻足的临床疗效。[方法] 回顾性选取 2015 年 1 月—2019 年 12 月, 于本院进行 Ilizarov 技术结合选择性胫神经缩窄术治疗的脑瘫痉挛性马蹄内翻足患者 37 例 (48 足), 包括 Diméglio III 级 32 足, diméglio IV 级 16 足, 评估临床和影像结果。[结果] 患者手术顺利, 无神经血管损伤。手术时间平均 (96.9±14.2) min, 术中出血量平均 (39.7±10.4) ml, 部分负重时间平均 (6.7±0.9) d, 外固定架调整时间平均 (8.0±1.1) 周, 完全负重时间平均 (9.9±1.7) 周, 外固定时间平均 (12.2±1.0) 周。随访时间平均 (18.3±3.6) 个月, 与术前相比, 末次随访时, ICFSG [(37.8±4.0), (8.7±6.4), $P<0.05$]、MAS 评分 [3.0 (3.0~4.0), 1.0 (0~3.0), $P<0.05$] 显著降低, 踝关节活动度 [(12.4±6.9)°, (33.7±10.4)°, $P<0.05$] 和 AOFAS 评分 [(42.1±7.7), (81.2±9.3), $P<0.05$] 显著增加。影像学指标 TC [(8.9±3.4)°, (30.0±6.1)°, $P<0.05$]、TF [(-24.2±13.0)°, (2.6±6.7)°, $P<0.05$] 和 LTC [(5.0±2.4)°, (34.8±7.3)°, $P<0.05$] 显著增加。[结论] 脑瘫引起的痉挛性马蹄内翻足应用 Ilizarov 技术结合选择性胫神经缩窄术治疗, 矫形效果确切且安全。

关键词: Ilizarov 技术, 马蹄内翻足, 选择性胫神经缩窄术, 脑性瘫痪, 痉挛

中图分类号: R682.16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 02-0182-04

Distraction by Ilizarov frame and selective tibial nerve constriction for spastic talipes equinovarus // XIE Huan-xin, YANG Hua-qing, YANG Qi-chang, ZHANG Yao-hua, LI Qiang, HAN Qing-hai, ZHANG Hong-yue, ZHAO Dian-zhao, YANG Yun, LIU Xiao-lei. Department of Orthopaedics, Beijing Rehabilitation Hospital, Capital Medical University, Beijing 100144, China

Abstract: [Objective] To investigate the clinical outcomes of distraction by Ilizarov frame combined with selective tibial nerve constriction in the treatment of spastic talipes equinovarus. [Methods] A total of 37 patients (48 feet) with cerebral palsy spastic talipes equinovarus received limited soft tissue release, selective tibia nerve constriction followed by gradual distraction with Ilizarov frame in our hospital from January 2015 to December 2019, including 32 feet of Dimeglio grade III and 16 feet of grade IV. The clinical and imaging documents were evaluated. [Results] All patients had the operations performed successfully without neurovascular injury, with operation time of (96.9±14.2) min, intraoperative blood loss of (39.7±10.4) ml, partial loading time of (6.7±0.9) days, adjustment time of external fixator of (8.0±1.1) weeks, full loading activity time of (9.9±1.7) weeks and external fixator carrying time of (12.2±1.0) weeks. Compared with those preoperatively, the ICFSG [(37.8±4.0), (8.7±6.4), $P<0.05$] and MAS grade [3.0 (3.0~4.0), 1.0 (0~3.0), $P<0.05$] significantly reduced, while the dorsal extension-plantar flexion of the ankle [(12.4±6.9)°, (33.7±10.4)°, $P<0.05$] and AOFAS score [(42.1±7.7), (81.2±9.3), $P<0.05$] significantly increased at the latest follow up lasted for (18.3±3.6) months. Regarding to imaging, compared with those preoperatively, the TC [(8.9±3.4)°, (30.0±6.1)°, $P<0.05$], TF [(-24.2±13.0)°, (2.6±6.7)°, $P<0.05$] and LTC [(5.0±2.4)°, (34.8±7.3)°, $P<0.05$] improved significantly at the latest follow-up. [Conclusion] The Ilizarov technique combined with selective tibial nerve constriction is effective and safe in the treatment of spastic talipes equinovarus caused by cerebral palsy.

Key words: cerebral palsy, spastic talipes equinovarus, Ilizarov technique, selective tibial nerve constriction

脑性瘫痪, 简称脑瘫, 是由各种因素引起的非进行性脑损伤和发育异常, 主要表现为运动障碍和姿势异常。痉挛性马蹄内翻足是脑瘫引起的一种常见畸形, 其主要原因是小腿三头肌胫后肌痉挛, 导致肌肉

失衡和肌张力增高, 主要表现为踝关节背屈跖屈受限、跟腱挛缩、前足内收, 以及步态异常, 严重影响患者的身心健康和日常生活^[1, 2]。重度脑瘫痉挛性马蹄足往往存在延误治疗或者治疗后复发^[3]。传统的手

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.02.16

△基金项目:北京市石景山区医学重点专科建设项目;首都卫生发展科研专项项目(编号:2022-2-2253)

作者简介:解焕鑫, 主治医师, 研究方向:外固定与肢体重建, (电话)18613863870, (电子信箱)xiehuanxin2020@163.com

* 通信作者:杨华清, (电话)13311225552, (电子信箱)yhq402@126.com

术方式复发率高，矫形效果不佳^[4, 5]。随着 Ilizarov 牵拉技术的不断成熟，已广泛应用于下肢矫形领域。同时，研究发现选择性胫神经缩窄术能够缓解痉挛，降低肌张力。因此，作者将 Ilizarov 技术结合选择性胫神经缩窄术用于治疗重度脑瘫痉挛性马蹄足，取得较好临床疗效，现报道如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

回顾性分析 2015 年 1 月—2019 年 12 月在首都医科大学北京康复医院因脑瘫所致痉挛性马蹄内翻足行手术治疗患者的临床资料，所有患者均接受了 Ilizarov 牵拉技术和选择性胫神经缩窄术/有限手术。均为脑瘫痉挛性马蹄内翻足，依据国际临床指南痉挛型脑瘫诊断标准确诊^[6]；小腿三头肌、胫骨前肌和胫骨后肌的肌张力均在 Ashworth II 级以上；马蹄内翻足 diméglio 分级为 III 级或 IV 级；髋关节和膝关节无明显畸形，或已早期矫正。排除年龄 < 6 岁、特发性马蹄内翻足或其他原因引起的马蹄内翻足、严重智力低下及不配合术后康复者，共 37 例（48 足）纳入本研究，其中男 22 例（28 足），女 15 例（20 足），平均年龄（16.7±4.6）岁（10~24 岁）。Diméglio III 级 32 足，diméglio IV 级 16 足。右足 15 例，左足 11 例，双足 11 例。该研究获得了首都医科大学康复医院伦理委员会的批准，家属及患者知情同意并签字。

1.2 手术方法

所有患者均进行全身麻醉，取俯卧位。气管插管后停用肌肉松弛药物。在腓窝处取约 2.5 cm 横向切口，然后依次小心暴露内外腓肠肌神经、比目鱼肌神经和胫骨后肌神经。用神经电刺激器电刺激每个分支后，观察相关肌肉的收缩和足部运动情况。确定进行缩窄的神经，根据痉挛程度，缩窄神经宽度的 1/3~2/3，长度约 1 cm，冲洗逐层缝合。有限手术包括适度的软组织松解术、跟腱延长术、肌腱转移手术和截骨术。根据每个患者的不同情况和特点，进行个性化的有限矫形手术，安将 Ilizarov 外固定。

术后 24 h 时应用抗生素，并观察下肢活动及血运情况；术后当日在床上进行主动和被动康复训练。术后 5~7 d，可部分负重，当足部疼痛和肿胀缓解后，开始以 1 mm/d 的速度调整 Ilizarov 架，至畸形完全矫正后，将脚连续拉伸 5°~10°，直到脚稍微外翻。在逐步矫正期间，观察足的感觉、活动和血液供应情况。

1.3 评价指标

记录临床指标，包括手术时间、出血量、部分负重时间、外固定调整时间、完全负重活动时间、外固定时间。采用国际马蹄足畸形研究学组（International Clubfoot Study Group, ICFSG）评分^[7]、美国足踝骨科协会（American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS）踝及后足评分、采用改良 Ashworth（Modified Ashworth Scale, MAS）评级^[8]、踝背伸-跖屈活动度（range of motion, ROM）评价临床效果。行影像学检查，记录正位距跟角（talocalcaneal angle, TC）和距跖角（talo-first metatarsal angle, TF），测量侧位距跟角（lateral talocalcaneal angle, LTC）。

1.4 统计学方法

所有数据均采用 SPSS22.0 统计学软件进行分析处理，计量资料符合正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用配对 *T* 检验，资料不符合正态分布以 [M (min, max)] 表示，采用 Wilcoxon 检验；计数资料采用卡方或校正卡方检验，*P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

所有患者均顺利完成手术，术中均无重要血管、神经损伤。手术时间平均（96.9±14.2）min，术中出血量平均（39.7±10.4）ml，部分负重时间平均（6.7±0.9）d。外固定架调整时间平均（8.0±1.1）周，完全负重时间平均（9.9±1.7）周，外固定时间平均（12.2±1.0）周。治疗期间无神经、血管损伤等严重并发症发生。足牵拉过程顺利。其中，2 例患者出现针道感染（共 3 针），给予抗生素治疗，局部换药，1 周后治愈。所有患者无严重不良事件发生。

随访时间平均（18.3±3.6）个月。佩戴支具或矫形鞋 6 个月~1 年，以防止畸形复发。同时进行康复训练。48 足临床结果见表 1，与术前相比，末次随访时 ICFSG 形态学评分、功能评分、影像学评分以及 ICFSG 总分和 MAS 评分均显著减少（*P* < 0.05），踝关节背伸-跖屈 ROM 及 AOFAS 评分均显著增加（*P* < 0.05）。根据 ICFSG 得分，其中优 24 足，良 20 足，中 3 足，差 1 足，优良率为 91.7%。

2.2 影像评估

48 例影像评估结果见表 1，与术前相比，术后 TC 角、TF 角、LTC 角均显著增加（*P* < 0.05）。末次随访时，患者马蹄内翻畸形明显矫正，小腿肌张力得到有效改善，矫形效果良好。典型病例影像见图 1。

指标	术前	末次随访时	P 值
ICFSG 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
形态学评分	9.4±1.3	2.2±1.7	<0.001
功能学评分	19.5±2.2	4.2±3.5	<0.001
影像学评分	9.0±1.4	2.3±1.5	<0.001
总分	37.8±4.0	8.7±6.4	<0.001
MAS [分, M (min, max)]	3.0 (3.0, 4.0)	1.0 (0, 3.0)	<0.001
背伸-跖屈 ROM ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)	12.4±6.9	33.7±10.4	<0.001
AOFAS (分, $\bar{x} \pm s$)	42.1±7.7	81.2±9.3	<0.001
TC ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)	8.9±3.4	30.0±6.1	<0.001
TF ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)	-24.2±13.0	2.6±6.7	<0.001
LTC ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)	5.0±2.4	34.8±7.3	<0.001

3 讨论

目前, 脑瘫导致的痉挛性马蹄内翻足的治疗较为棘手^[9]。单纯的康复治疗不能达到预期, 需要手术干预。选择性周围神经缩窄术缓解肌肉痉挛, 减轻局部肌张力, 为纠正足部畸形和康复训练创造良好条件。其机制为减少 α -运动传出纤维数量, 减低牵张反射环路的兴奋性, 从而缓解痉挛, 降低单块肌肉肌张力。因此, 术前需仔细检查、术中精细操作, 明确需要处理的神经分支, 确保手术效果。Deltombe 等^[10]通过 2 年的随访发现, 选择性胫神经缩窄术能够减少痉挛, 降低 H 反射的最大波幅/M 反应的最大波幅比率, 改善踝关节活动度。同样, 国内学者证实采用周围神经缩窄术治疗痉挛型脑瘫能够有效降低肌张力, 改善肌平衡, 提高步行能力^[11, 12]。本研究结果与其一致, 应用周围神经缩窄术后, 下肢的肌张力 MAS 评分明显降低, 下肢痉挛情况改善明显。

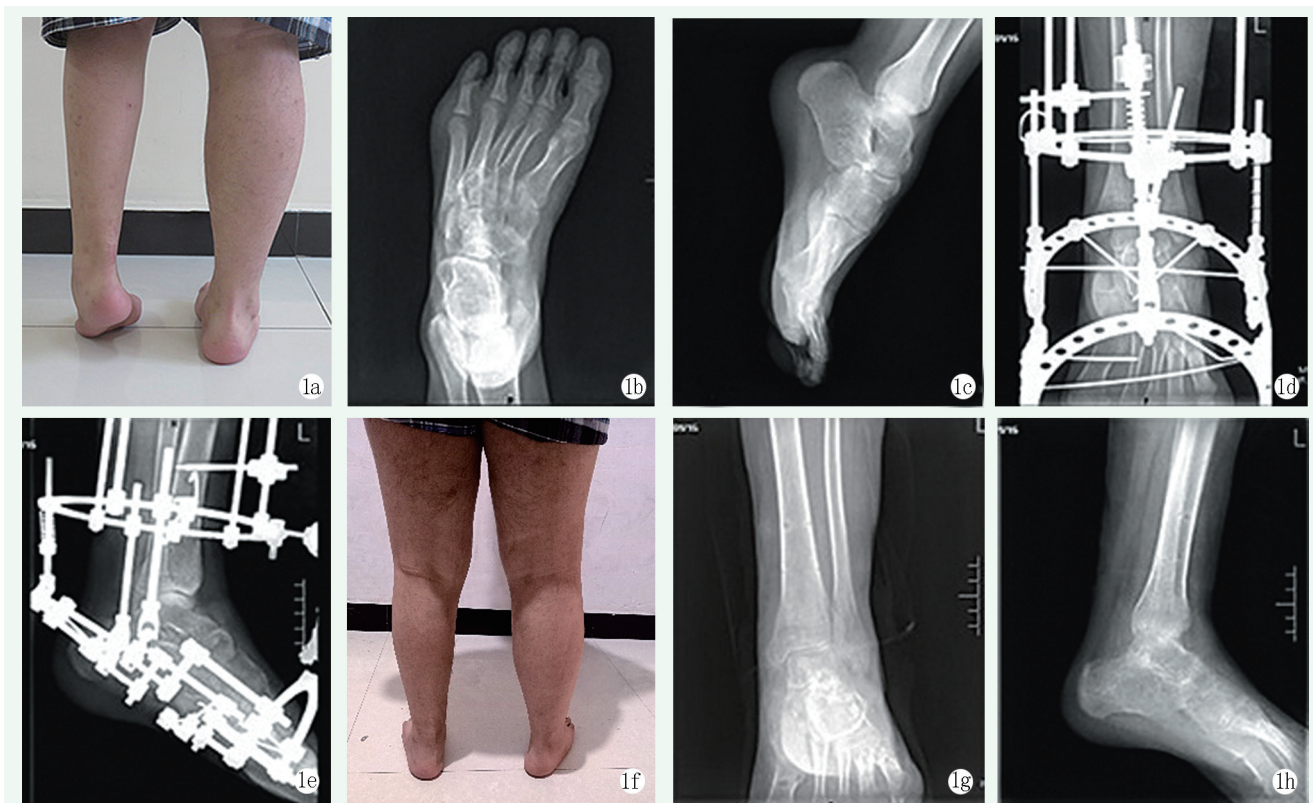


图 1 患者, 男, 16 岁, 脑瘫引起的左侧痉挛性马蹄内翻足; 1a: 术前外观, 可见左侧马蹄内翻足; 1b: 术前正位 X 线片可见后足内翻, 前足内收; 1c: 术前侧位 X 线片可见中足高弓; 1d: 术后 3 周正位 X 线片; 1e: 术后 3 周侧位 X 线片; 1f: 患者术后 15 个月随访外观, 畸形矫正良好; 1g, 1h: 术后 15 个月随访正侧位 X 线片, 畸形基本纠正并维持良好。

Figure 1. A 16-year-old male was suffered from left spastic talipes equinovarus due to cerebral palsy. 1a: Preoperative appearance of left talipes equinovarus; 1b: Preoperative anteroposterior (AP) radiographs showed varus foot and forefoot adduction; 1c: Preoperative lateral radiographs revealed equinus deformity with medial high arch; 1d: AP X-ray finding 3 weeks after operation; 1e: Lateral X-ray finding 3 weeks postoperatively; 1f: The gross appearance 15 months postoperatively presented goot deformity correction; 1g, 1h: The AP and lateral X-rays 15 months after surgery revealed the deformity basically corrected with good maintenance.

重度骨性畸形仅仅依靠选择性周围神经缩窄术并不能解决。本研究选择联合应用 Ilizarov 技术进行矫形治疗。Ilizarov 技术治疗马蹄内翻足的理论基础是张力-应力法则^[13]。其优势主要是其安装、拆除简

单, 微创; 术后神经、皮肤坏死并发症少; 能够最大限度保证足的外观和大小; 术后能够尽早负重, 进行功能训练^[14, 15]。当然, 必要的软组织松解和肌平衡术也是必不可少的, 能够辅助矫形, 维持矫形效果。

本研究结果证实 Ilizarov 技术联合选择性胫神经缩窄术并辅助有限手术治疗不仅能够降低肌张力, 缓解痉挛, 还能够有效矫正畸形, 改善踝关节活动度。术后随访 91.7% 的优良率, 取得了令人满意的矫形结果。

本研究存在以下不足: 入组样本量较小; 评估手段较为单一; 缺乏长期的随访。在后续研究中, 将扩大样本量, 丰富评估手段, 进一步探讨脑瘫所致痉挛性马蹄足的疗效与机制。

综上, 本研究发现 Ilizarov 技术结合选择性胫神经缩窄术能够显著改善重度脑瘫痉挛性马蹄足患者小腿痉挛情况, 降低肌张力, 矫形效果良好, 并发症少, 安全可靠。对于重度脑瘫痉挛性马蹄足, Ilizarov 技术结合选择性胫神经缩窄术是一种很好的治疗手段。

参考文献

- [1] 高纯志, 吴晗, 肖鹏, 等. Ilizarov 技术结合有限手术治疗青少年痉挛性马蹄内翻足畸形 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2018, 32 (2): 182-186. DOI: 10.7507/1002-1892.201710045.
Gao CZ, Wu H, Xiao P, et al. Ilizarov technique combined with limited surgery for the treatment of spasmodic clubfoot deformity in adolescents [J]. Chinese Journal of Reparative and Reconstructive Surgery, 2018, 32 (2): 182-186. DOI: 10.7507/1002-1892.201710045.
- [2] Michael-Asalu A, Taylor G, Campbell H, et al. Cerebral palsy: diagnosis, epidemiology, genetics, and clinical update [J]. AdvPediatr, 2019, 66: 189-208. DOI: 10.1016/j.yapd.2019.04.002A.
- [3] 秦泗河, 张永红, 臧建成, 等. Ilizarov 技术治疗成人僵硬型马蹄内翻足临床诊疗专家共识(2019 版) [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2019, 12 (11): 841-847. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2019.11.02.
Qin SH, Zhang YH, Zang JC, et al. Expert consensus on the management of the adult rigid equinovarus with Ilizarov technique [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Surgery, 2019, 12 (11): 841-847. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2019.11.02.
- [4] Ahmad K, Ahmad Bhat S, Avtar Agrawal R, et al. Results of Ilizarov external fixation in rigid equinus deformity: An experience of 30 patients [J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2018, 20 (1): 25-30. DOI: 10.5604/01.3001.0011.5876.
- [5] 贺冬冬, 刘晓虎, 郭升杰, 等. Ilizarov 技术治疗血友病继发马蹄足的短期疗效 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (21): 2007-2009. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.20.
He DD, Liu XH, Guo SJ, et al. Short term efficacy of Ilizarov technique in the treatment of horseshoe foot secondary to hemophilia [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27 (21): 2007-2009. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.21.20.
- [6] Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment [J]. JAMA Pediatr, 2017, 171 (9): 897-907. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.1689.
- [7] 张洪剑, 杨华清, 章耀华, 等. Ilizarov 技术结合个体化手术治疗青少年马蹄内翻足 [J]. 中国临床医生杂志, 2022, 50 (6): 710-712. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2022.06.023.
Zhang JH, Yang HQ, Zhang YH, et al. Ilizarov technique combined with individualized surgery for the treatment of juvenile talipes equinovarus [J]. Chinese Clinical Doctor, 2022, 50 (6): 710-712. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2022.06.023.
- [8] Lucena-Antón D, Rosety-Rodríguez I, Jose A, et al. Effects of a hippotherapy intervention on muscle spasticity in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial [J]. Complement Ther Clin Pract, 2018, 31: 188-192. DOI: 10.1016/j.ctcp.2018.02.013.
- [9] 陈业涛, 杨华清, 苗素华, 等. 儿童痉挛性脑瘫马蹄足的外科手术治疗策略 [J]. 中国矫形外科杂志, 2013, 21 (18): 1833-1836. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.18.07.
Chen YT, Yang HQ, Miao SH, et al. The surgical strategies for spastic cerebral palsy with equines in children [J]. Orthopedic Journal of China, 2013, 21 (18): 1833-1836. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.18.07.
- [10] Deltombe T, Detrembleur C, Hanson P, et al. Selective tibial neurectomy in the treatment of spastic equinovarus foot: a 2-year follow-up of three cases [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2006, 85 (1): 82-88. DOI: 10.1097/01.phm.0000193506.70371.cf.
- [11] 王东, 申俊峰, 李祥荣, 等. 周围神经缩窄术治疗痉挛性脑瘫的疗效分析 [J]. 中华脑科疾病与康复杂志 (电子版), 2021, 11 (1): 4-8. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-123X.2021.01.002.
Wang D, Shen JF, Li XR, et al. Analysis of clinical effect of selected-peripheral-neurectomy in the treatment of spastic cerebral palsy [J]. Chinese Journal of Brain Diseases and Rehabilitation (Electronic Edition), 2021, 11 (1): 4-8. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-123X.2021.01.002.
- [12] 于宝臣. 肌电生理监测下的周围神经缩窄术结合肌腱松解术治疗痉挛性脑瘫下肢肌张力增高及畸形的临床疗效 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7 (15): 61. DOI: 10.16281/j.cnki.jocml.2020.15.055.
Yu BC. Clinical efficacy of peripheral nerve constriction combined with tendon release under electromyographic monitoring in the treatment of spastic cerebral palsy with increased lower limb muscle tension and deformities [J]. Electronic Journal of Clinical Medical Literature, 2020, 7 (15): 61. DOI: 10.16281/j.cnki.jocml.2020.15.055.
- [13] Kirienco A, Malagoli E. Ilizarov technique in severe pediatric foot disorders [J]. Foot Ankle Clin, 2021, 26 (4): 829-849. DOI: 10.1016/j.fcl.2021.07.009.
- [14] 许红生, 焦绍锋, 王振军, 等. Ilizarov 技术联合腓绳肌延长矫正脑瘫重度屈膝畸形 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (6): 559-562. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.17.
Xu HS, Jiao SF, Wang ZJ, et al. Ilizarov technique combined with hamstring lengthening to correct severe knee flexion deformity due to cerebral palsy [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (6): 559-562. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.17.
- [15] Zhu YL, Guo BF, Zang JC, et al. Ilizarov technology in China: a historic review of thirty-one years [J]. Int Orthop, 2022, 46 (3): 661-668. DOI: 10.1007/s00264-021-05238-4.
(收稿: 2023-03-09 修回: 2023-06-05)
(同行评议专家: 臧建成, 曲龙, 刘利民)
(本文编辑: 闫承杰)