

· 临床研究 ·

开放获取

## 截骨联合 Ilizarov 技术治疗失神经足畸形<sup>△</sup>

王振军<sup>1</sup>, 许红生<sup>1</sup>, 焦绍锋<sup>1</sup>, 刘志杰<sup>1</sup>, 郭悦<sup>1</sup>, 陈建文<sup>2</sup>

(1. 国家康复辅具研究中心附属康复医院, 北京 100176; 2. 南方科技大学医院, 广东深圳 518000)

**摘要:** [目的] 探讨足部截骨联合 Ilizarov 技术治疗失神经支配性足部僵硬性畸形合并溃疡的临床效果。[方法] 回顾性分析 2019 年 4 月—2022 年 12 月手术治疗失神经支配性足部僵硬性畸形合并溃疡 20 例 (24 足) 患者的临床资料。所有患者均行足部肌腱延长、肌腱转位、三关节截骨后安装 Ilizarov 架, 术后 5~7 d 调整外固定架逐步矫正足部残余畸形, 足部溃疡术中清创后常规换药。2 例患者为 Wanger IV 级溃疡同时行胫骨横向搬移术。评价临床及影像结果。[结果] 患者手术过程均顺利, 外固定架调整时间平均 (23.3±5.4) d, 足部溃疡愈合时间平均 (22.6±5.2) d, 佩戴外固定架时间平均 (99.3±14.4) d。随访时间平均 (2.3±0.9) 年。与术前相比, 术后 3 个月及末次随访时 VAS 评分显著减小 [(3.2±0.4), (0.4±0.2), (0.3±0.2),  $P<0.001$ ], AOFAS 评分显著增加 [(37.8±3.9), (78.4±4.0), (88.3±4.0),  $P<0.001$ ]。影像方面, 随时间推移, 胫骨跟骨角 (tibial-calcaneal angle, TCA) [(123.2±8.4)°, (63.7±1.6)°, (63.6±1.6)°,  $P<0.001$ ]、Meary 角 [(38.3±6.0)°, (3.6±1.0)°, (3.5±0.7)°,  $P<0.001$ ] 显著减小, 术后 3 个月, 所有截骨均完全融合。[结论] 足部截骨联合 Ilizarov 技术治疗失神经支配性足部僵硬性畸形合并溃疡, 安全、可靠, 短期随访效果满意。

**关键词:** Ilizarov 技术, 失神经支配, 足畸形, 溃疡

**中图分类号:** R681.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 21-1994-04

**Osteotomy combined with Ilizarov technique for foot deformity secondary to denervation** // WANG Zhen-jun<sup>1</sup>, XU Hong-sheng<sup>1</sup>, JIAO Shao-feng<sup>1</sup>, LIU Zhi-jie<sup>1</sup>, GUO Yue<sup>1</sup>, CHEN Jian-wen<sup>2</sup>. 1. Rehabilitation Hospital, National Research Center for Rehabilitation Technical Aids, Beijing 100176, China; 2. Affiliated Hospital, Southern University of Science and Technology, Shenzhen, Guangdong 518000, China

**Abstract:** [Objective] To investigate the clinical outcomes of foot osteotomy combined with Ilizarov technique in the treatment of denervated foot stiffness deformity complicated with ulcer. [Methods] A retrospective study was conducted on 20 patients (24 feet) who received surgical correction for denervated foot stiffness deformity complicated with ulcer in our hospitals from April 2019 to December 2022. All the patients underwent Achilles's tendon lengthening, tendon transfer and triple hindfoot osteotomy, followed by Ilizarov frame installed. The external frame was adjusted to gradually correct the residual deformity of the foot 5~7 days after operation, with dressing changed regularly after debridement of the foot ulcer. Two patients with Wanger grade IV ulcer received lateral tibial distraction simultaneously. Clinical and imaging results were evaluated. [Results] All patients had operation performed smoothly, with the average external fixator adjustment time of (23.3±5.4) days, the average healing time of foot ulcer of (22.6±5.2) days, and the average wearing time of external fixator of (99.3±14.4) days. All the patients were followed up for a mean of (2.3±0.9) years. With time preoperatively, 3 months postoperatively and at the last follow-up, the VAS score significantly reduced [(3.2±0.4), (0.4±0.2), (0.3±0.2),  $P<0.001$ ], while the AOFAS score significantly increased [(37.8±3.9), (78.4±4.0), (88.3±4.0),  $P<0.001$ ]. Regarding imaging, the tibio-calcaneal angle (TCA) [(123.2±8.4)°, (63.7±1.6)°, (63.6±1.6)°,  $P<0.001$ ], Meary angle [(38.3±6.0)°, (3.6±1.0)°, (3.5±0.7)°,  $P<0.001$ ] were significantly reduced over time points abovementioned, and all patients got osteotomy healed 3 months after surgery. [Conclusion] Triple hindfoot osteotomy combined with Ilizarov technique is safe, reliable method and achieves satisfactory short-term consequence for treatment of denervated foot stiffness deformity complicated with ulcer.

**Key words:** Ilizarov technique, denervation, foot deformity, ulcer

失神经支配性足部畸形可由脊柱裂、周围神经损伤等疾病导致, 出现足部感觉障碍及内外翻、背伸及

跖屈肌力不平衡, 导致足僵硬性畸形, 局部异常受力, 出现溃疡, 伤口持久不愈合, 甚至导致骨髓炎,

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.110114

△基金项目: 北京市科委首都临床特色应用研究项目 (编号: Z181100001718194)

作者简介: 王振军, 副主任医师, 研究方向: 肢体畸形矫正与功能重建, (电话) 010-58122968, (电子信箱) wzj820wzj@163.com

严重者导致截肢，下肢行走功能障碍，需早期手术<sup>[1-7]</sup>。足部截骨联合 Ilizarov 技术治疗，逐步调整外固定架矫正畸形，促进足部溃疡愈合<sup>[5-12]</sup>，效果满意。本研究采用上述方法治疗 20 例失神经支配性足部畸形患者，报道如下。

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

2019 年 4 月—2022 年 12 月手术治疗失神经支配性足部严重僵硬性畸形合并溃疡患者 20 例 24 足。其中男 12 例，女 8 例。脊柱裂后遗症 16 例，下肢神经损伤后遗症 3 例，脊髓肿瘤后遗症 1 例。年龄 15~49 岁，平均 (28.3±9.8) 岁。其中马蹄内翻足 16 例 18 足，马蹄外翻足 4 例 6 足。4 例为双下肢畸形，余为单侧下肢畸形，所有患者踝以下皮肤感觉缺失。均存在足部溃疡，根据 Wanger 分级，III 级溃疡 22 足，IV 级溃疡 2 足，骨质缺损、骨质外露。本研究经医院伦理委员会审批，所有患者均签署手术知情同意书。

### 1.2 手术方法

术前准备：患者术前拍摄站立位双下肢全长、胫腓骨正侧位、足踝关节正侧位 X 线片。预安装 Ilizarov 环形外固定架：根据患者足部及小腿直径选择合适固定环，包括小腿全环及足部半环，通过踝关节铰链相连接，环内外侧于中足畸形顶点安装铰链。

患者全麻成功后取仰卧位，大腿根部上止血带，常规消毒铺单，无菌纱布及敷贴包扎足部溃疡部位，马蹄内翻足行踝后内侧软组织有限松解，包括跟腱、胫后肌、跖腱膜，切取胫前或胫后肌腱转移；马蹄外翻足行腓骨肌延长、跟腱延长。再行足部三关节截骨手术：取外踝下方弧形切口，显露跗骨窦及跟骰关节，清理跗骨窦及关节周围结缔组织，充分显露距下、跟骰及深面的距舟关节。以骨刀截除软骨性关节面，重新排列 4 块跗骨位置，部分矫正畸形。截骨端以 3 枚 2 mm 克氏针固定，截骨端位置稳定，距骨颈外侧置入 1 枚 4.5 mm 螺纹针，逐层缝合切口，松大腿部位止血带，包扎针道及切口。2 例患者足部 IV 级溃疡皮温低，足部血运差，同时行胫骨横向骨搬运术。

术后给予抗生素及镇痛药物治疗，待 5~7 d 患足肿胀缓解后，调整足两侧螺杆，矫正足内收、高弓或平足畸形，调整踝关节内外侧螺杆，矫正后足内翻或

外翻畸形，牵开踝关节间隙，避免胫距关节的挤压，最后牵伸踝关节前后方螺杆，矫正足下垂畸形。外观满意，拍摄足踝关节正侧位 X 线片显示足弓矫正满意、踝关节无脱位，外固定架调整完成，继续佩戴外固定架至截骨端愈合。术后行局部物理治疗及康复锻炼。

### 1.3 评价指标

记录临床指标，包括手术时间、切口长度、术中失血量、术中透视次数、外固定架调整时间、足部溃疡愈合时间、外固定架佩戴时间、下地时间、完全负重时间等。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、美国骨科足踝外科协会 (American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS) 踝及后足评分评价临床效果。术后 3 个月及末次随访时拍摄患足负重位正侧位 X 线片，测量距骨第一跖骨角 (Meary' angle, Meary 角)、胫骨跟骨角 (tibial-calcaneal angle, TCA)。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 24.0 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，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

患者均顺利完成手术，无血管损伤，手术时间 (78.3±8.4) min、切口长度 (8.3±2.4) cm、术中失血量 (50.3±10.4) ml、术中透视次数 (1.6±0.6) 次。术后切口一期愈合，无血肿和深部感染、针道感染等并发症。调整过程中，溃疡部位通过换药逐步愈合。患者外固定架调整时间平均为 (23.3±5.4) d，足部溃疡愈合时间平均为 (22.6±5.2) d，佩戴外固定架时间为 82~130 d，平均 (99.3±14.4) d。所有患者均获随访，随访时间平均 (2.3±0.9) 年。临床结果见表 1，与术前相比，术后 3 个月及末次随访时，VAS 评分显著减小 ( $P < 0.05$ )，AOFAS 评分显著增加 ( $P < 0.05$ )。末次随访时患者行走满意，足部外形恢复满意，无溃疡复发。典型病例见图 1。

### 2.2 影像评估

影像结果见表 1，与术前相比，术后 3 个月及末次随访时 TCA、Meary 角显著减小 ( $P < 0.05$ )，均恢复至正常范围，足弓恢复，足部无马蹄畸形。术后 3 个月，所有截骨均完全融合。

表 1. 20 例患者 24 足临床与影像资料比较  
Table 1. Comparison of clinical and imaging data of the 20 patients

指标	术前	术后 3 个月	末次随访	P 值
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )	3.2 $\pm$ 0.4	0.4 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.2	<0.001
AOFAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )	37.8 $\pm$ 3.9	78.4 $\pm$ 4.0	88.3 $\pm$ 4.0	<0.001
TCA ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )	123.2 $\pm$ 8.4	63.7 $\pm$ 1.6	63.6 $\pm$ 1.6	<0.001
Meary 角 ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )	38.3 $\pm$ 6.0	3.6 $\pm$ 1.0	3.5 $\pm$ 0.7	<0.001
融合 (足, 未融合/部分/完全)	0/0/0	0/0/24	0/0/24	ns

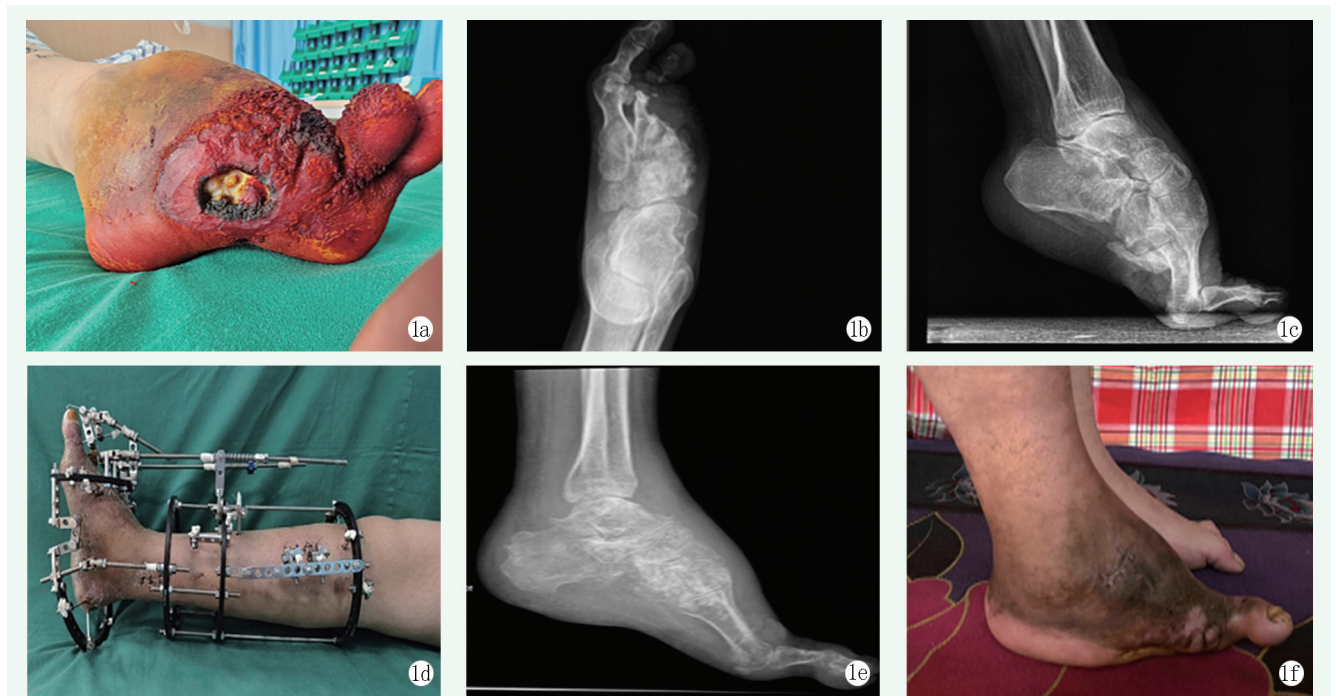


图 1. 患者男性, 43 岁。1a: 术前外观示右侧重度马蹄内翻足, 足外侧溃疡, 第 3~5 跖骨缺损; 1b, 1c: 术前 X 线片示右足马蹄高弓, 第 3~5 跖骨大部分缺如; 1d: 术后 21 d 右足畸形矫正后外观; 1e: 术后 3 个月右足 X 线片示三关节已融合; 1f: 术后 1 年半, 右足外观恢复满意。

Figure 1. A 43-year-old male. 1a: Preoperative appearance showed severe right equine varus foot, lateral foot ulcer and 3<sup>rd</sup> to 5<sup>th</sup> metatarsal defect; 1b, 1c: Preoperative radiographs showed the high arch, equine varus of the right foot with absence of most of the 3<sup>rd</sup> to 5<sup>th</sup> metatarsal; 1d: Gross appearance after correction of right foot deformity 21 days after surgery; 1e: X-ray of right foot 3 months after surgery showed the triple hindfoot joints fused well; 1f: The appearance of the right foot recovered satisfactorily 1 and a half year after surgery.

### 3 讨论

失神经支配性足部畸形合并溃疡可由中枢神经和周围神经病变或损伤引起, 导致马蹄内翻足或马蹄外翻足畸形, 局部长时间负重, 溃疡形成, 长期不愈合, 需手术矫正<sup>[1, 2, 5, 7]</sup>。足部截骨联合 Ilizarov 技术逐步调整外固定架矫正畸形, 促进足部溃疡愈合, 改善足部负重和行走功能, 效果满意<sup>[8-12]</sup>。

神经支配性足部畸形合并溃疡发病机制: 失神经支配性足部畸形临床表现复杂, 感觉神经病变导致感觉功能异常, 对痛温觉均不敏感, 缺乏本体感觉, 易导致局部皮肤损伤。足部周围肌力不平衡导致足部负重姿势异常, 表现为足内翻、外翻、高弓畸形, 局部

应力过高致关节内结构反复损伤, 关节支撑结构松弛, 足部溃疡和感染长时间不愈合, 随病情进展, 可导致软组织缺损、骨髓炎, 治疗困难, 有时需要行截肢手术, 需早期治疗<sup>[5, 6]</sup>。

足部溃疡的治疗: 溃疡分类有助于制定治疗策略, 根据 Wanger 分型, 对于 III 级溃疡应用抗生素, 溃疡清创; 对于 IV 级合并血运障碍, 需要行血管重建治疗, 避免感染复发和截肢。Ilizarov 技术可治疗足部畸形、溃疡和骨髓炎<sup>[5-7, 13]</sup>, 胫骨横向往骨搬运术可促进下肢侧支血液循环建立, 利于溃疡愈合<sup>[14, 15]</sup>。本组患者足部僵硬性畸形矫正足部畸形, 创造利于溃疡愈合环境, 促进溃疡愈合。本组患者 22 足溃疡为 III 级, 术中清创, 术后常规换药; 2 例患者溃疡出现跖骨感染、缺损, 分级为 IV 级, 伤口

长期不愈合,扩创后行胫骨横向骨搬运治疗,足部血运明显改善,溃疡愈合,效果满意。

Ilizarov 环形外固定架优势: 研究报道 Ilizarov 环形外固定架治疗僵硬性足部畸形合并感染、溃疡效果满意,可用于局部感染或软组织条件不良患者<sup>[5, 6]</sup>。本组患者足部均为僵硬性畸形,行三关节截骨,去除软骨面,最大程度保留足部外形,术后调整外固定架矫正足部畸形,均达到跖行足,溃疡部位逐步干燥、结痂、脱落,伤口愈合,满意效果。

Ilizarov 环形架配件多,根据足部畸形状态灵活组装,穿针时避开足部溃疡部位,结合截骨和软组织手术,矫正足部严重僵硬性畸形,可充分矫正足内翻、外翻、高弓、平足等畸形,治疗足部僵硬性畸形精确、可靠<sup>[8-11]</sup>,足部力线精确矫正,矫正畸形过程中,足部溃疡位置逐步避免异常受力,达到满意愈合,远期效果满意。患者治疗过程中可负重行走,避免肌肉萎缩和关节僵硬,促进足部溃疡逐步愈合。本组 20 例患者 24 足,足部力线恢复满意,术后下肢负重及行走功能明显提高,末次随访足部外形及功能恢复满意,术后 VAS 评分显著减少, AOFAS 评分明显提高, Meary 角、TCA 显著减小。

综上所述,足部截骨联合 Ilizarov 技术逐步矫正治疗失神经支配性足僵硬性畸形合并溃疡,精确、可靠,短期随访临床和放射学结果均满意。本研究不足: 本文为回顾性资料总结分析,未设立对照组,需进一步纳入更多病例进行临床对照研究,并进行长时间随访以验证本结论。

#### 参考文献

- [1] 秦泗河,郭保逢,石磊,等. Ilizarov 技术治疗脊柱裂足踝畸形 2 例[J]. 中华外科杂志, 2022, 60 (6): 624-628. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20211007-00473.  
Qin SH, Guo BF, Shi L, et al. Ilizarov technique for treating spina bifida and ankle deformities: 2 cases report [J]. Chinese Journal of Surgery, 2022, 60 (6): 624-628. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20211007-00473.
- [2] Zang J, Qin S, Vigneshwaran P, et al. The treatment of neurotrophic foot and ankle deformity of spina bifida: 248 cases in single center [J]. J Neurorestorator, 2019, 7 (3): 153-160. DOI: 10.26599/JNR.2019.9040016.
- [3] Conklin MJ, Kishan S, Nanayakkara CB, et al. Orthopedic guidelines for the care of people with spina bifida [J]. J Pediatr Rehabil Med, 2020, 13 (4): 629-635. DOI: 10.3233/PRM-200750.
- [4] Schindelmann KH, Paschereit F, Steege A, et al. Systematic classification of spina bifida [J]. J Neuropathol Exp Neurol, 2021, 80 (4): 294-305. DOI: 10.1093/jnen/nlab007.
- [5] Zang J, Sudnitsyn AS, Mo Z, et al. Improved Ilizarov method for management of deformity and ulceration on foot and ankle of spina bifida [J]. J Orthop Translat, 2021, 28: 140-147. DOI: 10.1016/j.jot.2021.02.004.
- [6] Kliushin NM. Management of neurologic deformity of the ankle and foot with concurrent osteomyelitis with the Ilizarov method [J]. Foot Ankle Int, 2018, 39 (2): 226-235. DOI: 10.1177/1071100717739396.
- [7] Pinzur MS, Gil J, Belmares J. Treatment of osteomyelitis in charcot foot with singlestage resection of infection, correction of deformity, and maintenance with ring fixation [J]. Foot Ankle Int, 2012, 33 (12): 1069-1074. DOI: 10.3113/FAI.2012.1069.
- [8] 孙金鹏,高纯志,马潇,等. Ilizarov 技术结合有限手术治疗神经源性马蹄内翻足畸形[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (10): 946-948. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.10.18.  
Sun JP, Gao CZ, Ma X, et al. Ilizarov technique combined with limited surgery for the treatment of neurogenic clubfoot deformity [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27 (10): 946-948. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.10.18.
- [9] Sharma A, Cherian RJ, Pandey RA, et al. Clinico-radiological and functional outcome of difficult talipes equinovarus deformity corrected with an Ilizarov fixator [J]. J Foot Ankle Surg, 2022, 61 (4): 719-725. DOI: 10.1053/j.jfas.2020.10.017.
- [10] Kirienco A, Gradov L, Malagoli E, et al. Correction of a complex foot deformity with V and Y osteotomy and Ilizarov method [J]. J Foot Ankle Surg, 2022, 61 (6): 1209-1220. DOI: 10.1053/j.jfas.2022.02.005.
- [11] Fadel M, Kandil MF. Management of neglected clubfoot in children using Ilizarov external fixator and minimal invasive surgery, Sub-Saharan Africa experience [J]. Int Orthop, 2022, 46 (1): 125-132. DOI: 10.1007/s00264-021-05123-0.
- [12] Kadado A, Akiyamen NO, Garfinkel R, et al. Staged correction of severe recurrent clubfoot deformity with dislocation of the chopart joint using a hexapod external fixator and unconventional arthrodesis [J]. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev, 2022, 6 (4): e21. DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00116.
- [13] Harahsheh BH, Almajali A, Al-Zaben R, et al. A new technique of hindfoot reconstruction in chronic calcaneal osteomyelitis using the Ilizarov apparatus—a case series [J]. J Pak Med Assoc, 2022, 72 (2): 342-345. DOI: 10.47391/JPMA.707.
- [14] 苏永锋,丁毅,赵永鑫,等. 胫骨横向骨搬运治疗重度感染糖尿病足[J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (19): 1735-1741. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.02.  
Su YF, Ding Y, Zhao YX, et al. Tibia transverse transport for severely infected diabetic foot [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (19): 1735-1741. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.02.
- [15] 鲁玉州,吴亚东,吴成强,等. 胫骨横向骨搬运联合封闭引流治疗糖尿病足溃疡[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (1): 46-50. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.02.  
Lu YZ, Wu YD, Wu CQ, et al. Tibial transverse transport combined with vacuum sealing drainage for diabetic foot ulcers [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (1): 46-50. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.01.10.

(收稿:2024-02-06 修回:2024-08-17)

(同行评议专家: 魏世隽, 侯存强, 赵巍, 詹俊锋)  
(本文编辑: 闫承杰)