

· 技术创新 ·

# 痉挛性马蹄内翻足的交通隧道腱-骨附着胫后肌转移术<sup>△</sup>

杜良杰<sup>1</sup>, 任群榜<sup>2</sup>, 刘宏伟<sup>1</sup>, 李军<sup>1</sup>, 刘永<sup>2</sup>, Subarna Dangol<sup>1</sup>

(1. 首都医科大学康复医学院, 北京博爱医院脊柱脊髓神经功能重建科, 北京 100068;  
2. 扶沟老年康复护理院, 河南扶沟 461300)

**摘要:** [目的] 介绍隧道交通腱-骨锚定肌腱转移技术及其对痉挛性马蹄内翻足的初步临床结果。[方法] 对20例痉挛性马蹄内翻足患者, 行选择性胫神经肌支切断, 并将胫后肌转移到骰骨或第三楔骨。在骨上制作相互交通的一个中央隧道和三个周围隧道, 引入缝线并与肌腱末端缝合, 将肌腱缝合固定在中央隧道内, 缝合线末端在周围隧道外两两打结固定。术后随访半年, 评定肌腱与骨愈合情况, 踝关节屈伸活动度范围, Holden步行能力和6 min距离。[结果] 胫后肌转移后愈合率为100%。所有患者马蹄内翻畸形均消失, 行走功能明显改善。与术前相比, 术后6个月小腿三头肌肌张力MAS评分、踝关节屈伸活动范围(range of motion, ROM), 6 min步行距离和Holden步行能力评分均显著改善( $P<0.05$ )。[结论] 此隧道交通腱-骨固定胫后肌转移方法安全可靠, 可有效矫正患肢马蹄内翻畸形, 改善下肢负重行走功能。

**关键词:** 痉挛性马蹄内翻足, 周围神经肌支选择性切断术, 胫后肌转移, 腱-骨固定

**中图分类号:** R687      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2022) 03-0260-04

**Cross-tunnel tendon-bone reattachment of tibialis posterior tendon transfer for correction for spastic clubfoot // DU Liang-  
jie<sup>1</sup>, REN Qun-bang<sup>2</sup>, LIU Hong-wei<sup>1</sup>, LI Jun<sup>1</sup>, LIU Yong<sup>2</sup>, Subarna Dangol<sup>1</sup>. 1. Department of Spinal Cord Neurofunctional Reconstruction,  
Beijing Boai Hospital, School of Rehabilitation Medicine, Capital Medical University, Beijing 100068, China; Fugou Rehabilitation Nursing  
Home for the Aged, Fugou 461300, China**

**Abstract: [Objective]** To introduce the surgical technique and preliminary clinical outcomes of cross-tunnel tendon-bone reattachment of tibialis posterior tendon transfer for spastic clubfoot. **[Methods]** A total of 20 patients received cross-tunnel tendon-bone reattachment of tibialis posterior tendon transferred to cuboid or third cuneiform after selective peripheral neurotomy (SPN) for spastic foot equinovarus. A central tunnel and three surrounding tunnels were made to communicate with each other on the bone. As sutures were introduced into the tunnels and stitched with the tendon, the tendon was reattached into the central tunnel. The ends of sutures were knotted and secured in pairs outside the surrounding tunnels. The tendon and bone healing, ankle flexion-extension range of motion (ROM), Holden scale of walking ability and 6-minute walking distance were assessed during follow-up period lasted for 6 months. **[Results]** The solid tendon-bone healing of posterior tibialis transfer achieved in all patients with healing rate of 100%. The varus deformity was completely corrected, whereas walking function improved significantly in all patients. Compared with those before surgery, the triceps muscle tension MAS score, ROM, 6-min walking distance and Holden scale of walking capacity significantly improved at 6 months after surgery ( $P<0.05$ ). **[Conclusion]** This cross-tunnel tendon-bone reattachment for tibialis posterior tendon transfer is a safe and reliable technique to correct varus equinus deformity, and improve the weight-bearing walking function of lower limbs.

**Key words:** spastic clubfoot, selective peripheral neurotomy, tibialis posterior tendon transfer, tendon-bone reattachment

T<sub>12</sub>脊髓节段以上脊髓损伤、脑卒中、脑瘫等其他上运动神经元性损伤或疾病常常伴随痉挛性马蹄内翻足畸形; 患者表现为肌张力增高、深反射亢进、肌阵挛、肌强直以及足底外侧着地负重, 跨阈步态或画圈步态行走, 步态不美观, 同时能量消耗大, 严重影响日常生活能力、心理状态和社会活动

能力。在痉挛的处理方面, 常用药物、理疗、运动疗法、康复治疗、肉毒素注射等方法处理, 上述方法对于小腿三头肌的痉挛效果欠佳。在手术治疗方面, 常用选择性胫神经肌支切断术配合胫后肌转移术治疗痉挛性马蹄内翻足畸形。在转移后的肌腱与骨的固定方面目前多用锚钉固定, 既为患者体内增

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.03.14

△基金项目:北京市科技计划首都临床特色应用研究与成果转化项目(编号:Z171100001017026)

作者简介:杜良杰,主任医师,博士学位,研究方向:脊髓损伤后的肢体功能重建,颈椎病康复,(电话)13681223391,(电子信箱)940142623@qq.com

添了金属异物，同时也增加了医疗费用。本文拟介绍一种隧道交通腱-骨锚定治疗痉挛性马蹄内翻足畸形矫正的手术方法及其治疗效果。

## 1 手术技术

### 1.1 术前准备

术前检查并记录肌力和改良 Ashworth 评分，以及踝关节主动屈伸活动范围、6 min 步行距离和 Holden 步行能力。制定手术方案，并进行其他常规术前准备。

### 1.2 麻醉与体位

在气管插管全麻下手术，术中不使用长效肌松剂。在俯卧位下进行选择性胫神经肌支切断术 (selective peripheral neurotomy, SPN) 和跟腱延长术；仰卧位下进行胫后肌前移术。

### 1.3 手术操作

患者俯卧位，上气囊止血带，常规消毒铺巾。取远端腓横纹正中横切口，常规进行选择性胫神经肌支切断术；必要时行腓肠肌肌腱肌腹交界处“V-Y”延长术，使踝关节能背屈 20° 位。改为仰卧位，取舟骨结节为中心的纵形切口长约 2.5 cm，显露胫后肌止点，并予以切断。在内踝上 10 cm 处胫骨后缘部行纵形切口长约 2.5 cm，在胫骨后显露胫后肌，将胫后肌肌腱抽出备用。用长弯钳制作经胫腓骨间隙的通道；取伸肌支持带上方纵形切口长约 2 cm，将胫后肌肌腱从此切口处抽出；注意防止肌腱旋转。对于胫骨前肌肌力 ≥3 级者，选择第三楔骨或者骰骨为胫后肌固定部位；对于胫前肌 ≤2 级者，选择第二楔骨为胫后肌固定部位。

隧道交通导向器的设计理念是在一个圆上的弦，除了与直径平行的弦之外，所有的弦都会与直径所在的直线相交。制作交通骨隧道并将缝合线通过周围隧道送入中央隧道并取出，见图 1a。图导向器标记的数字 1 为可以向两侧伸缩的支架，用以调整周围隧道 BCD 的进针点；2 为制作中央隧道 A 的导向筒以及可供缝合线取出器插入的通道；3 为固定 2 的装置；4 为制作与隧道 A 相交通的骨隧道 BCD 的导向筒，可以调节进针方向；5 为缝合线纳入器，能将缝合线送入到通道 A 的缝合线取出器内；6 为缝合线取出器，锁紧后可同时抓取来自 BCD 的缝合线。

制作交通骨隧道并进行肌腱锚定的具体操作步骤如图 1b 所示，在接受肌腱移植的骨面选好中央隧道 A 和周围隧道 B、C、D 的进针点；应用直径 3.5 mm

电钻在骨面上向足底方向钻一深度约 1 cm 的骨隧道 A。

以 A 为圆心，在半径 0.5~1 cm 的圆周上，间隔 120°，应用专用工具作为导向器，制作直径 2 mm 与 A 相交通的骨隧道 B、C、D。将缝合线取出器插入 A，用缝合线纳入器将 10 号不可吸收线分别从 B、C、D 三个隧道送入到 A 的缝合线取出器中，锁紧取出器，将 3 根缝合线从 A 中拉出，见图 1c。

3 根缝合线的 A 端穿针后从肌腱末端向近端先纵形缝合 0.5~1 cm，然后再横形缝合，末端两两打结，见图 1d。

将缝合线的 B、C、D 端穿针后穿过周围骨膜和软组织；将踝关节背伸 20°；将胫后肌肌腱末端纳入隧道 A，同时拉紧 B、C、D 3 根缝合线，位置满意后将 3 根缝合线两两打结固定，见图 1e。逐层缝合诸切口，无菌敷料包扎。

### 1.4 术后处理

术后预防性应用抗生素 1 d；踝关节中立位短腿石膏固定 6 周；6 周内指导其进行下肢肌肉等长收缩、抬腿等训练；6 周后拆除石膏，在康复治疗师指导下进行站立和行走康复锻炼。术后 3、6 个月随访。评定踝关节主动屈伸角度范围、改良 Ashworth 评分、Holden 步行能力评分以及 6 min 步行距离等。采用如下标准判断肌腱与骨的临床愈合情况：(1) 肌腱移植附着部位无肿胀及疼痛；(2) 主动背伸踝关节时在局部触诊可触及被转移的胫后肌肌腱收缩；(3) 踝关节背伸功能改善。

## 2 临床资料

### 2.1 一般资料

本组 20 例脊髓损伤后痉挛性马蹄内翻足患者，其中男 19 例，女 1 例；年龄 21~72 岁；病程 2~9 年；7 例因故于术后 3 个月后失访，13 例完成术后半年随访。2 例患者同时做了跟腱延长术，其余 11 例同时作了 SPN、胫后肌前移手术。

### 2.2 初步结果

所有患者术后 3 个月时复查肌腱均已愈合，愈合率为 100%；所有患者马蹄内翻畸形均消失，行走功能明显改善。与术前相比，术后 6 个月小腿三头肌肌张力 MAS 评分、踝关节屈伸活动范围 (range of motion, ROM)，6 min 步行距离和 Holden 步行能力评分均显著改善 ( $P < 0.05$ )。

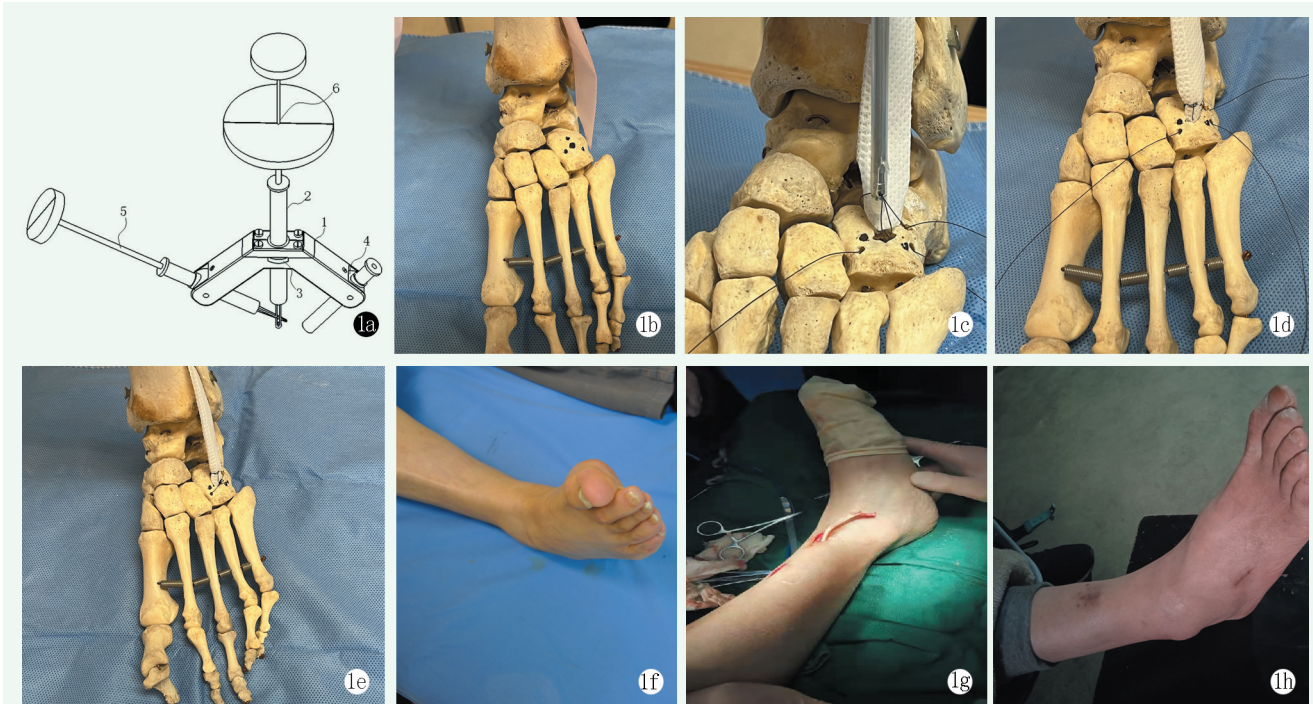


图1 痉挛性马蹄内翻足的隧道交通腱-骨锚定肌腱转移矫正术 1a: 制作交通骨隧道导向器原理示意图 1b: 正中骨隧道A和周围骨隧道BCD分布 1c: 胫后肌已经转移到骰骨, BCD三个隧道与A隧道相通, 用缝合线纳入器将缝合线通过BCD纳入A, 应用取线器锁紧后抽出 1d: BCD三根缝线自下向上缝合0.5~1 cm, 再横向缝合, 3根线两两之间打结固定, 踝关节背伸20°, 同时拉紧BCD缝合线, 肌腱锚入A隧道 1e: 3根线与骨膜及软组织缝合后两两之间打结 1f: 术前痉挛性马蹄内翻足 1g: 在俯卧位行选择性胫神经肌支切断术后, 变换体位为仰卧位, 胫后肌已经从小腿部抽出, 拟向骰骨转移 1h: 术后半年, 小腿三头肌痉挛消失, 马蹄内翻畸形消失

### 3 讨论

脊髓损伤后痉挛发生率高<sup>[1-2]</sup>, 严重的痉挛会发展为瘫痪性痉挛<sup>[3-4]</sup>, 治疗方面尚无高质量的循证医学指南可循<sup>[5]</sup>。目前肉毒素注射较多用, 但效果欠佳<sup>[6]</sup>。严重的痉挛性马蹄内翻畸形需要手术治疗, 胫后肌转移是常见的手术方法。然而, 必须在胫后肌转移前解除小腿三头肌的痉挛以及跟腱挛缩才能有效防止马蹄畸形复发<sup>[7, 10]</sup>。在缓解痉挛手术方面, SPN比选择性脊神经后根切断术(selective posterior rhizotomy, SPR)具有创伤小、不损伤皮肤感觉的优势<sup>[8-9]</sup>。

Mayer<sup>[11]</sup>首次描述的经骨间路径胫后肌转移是治疗足下垂背屈肌麻痹的方法。由于直接将肌腱缝合在移植部位周围骨膜或软组织上, 存在肌腱撕脱、不愈合、需要长时间石膏固定、影响早期康复训练等缺点, 因此, 胫后肌转移到新的部位之后, 如何进行固定是一个关键性问题。经典的方法是将肌腱穿过骨隧道, 透过足底部用钢丝和纽扣固定, 这种方法有足底皮肤溃疡、骨隧道感染的可能<sup>[12-13]</sup>。有术者将手术方法进行了改进, 从骰骨或第三楔骨部向舟骨部位制

作足底部通道, 将固定纽扣置于胫后肌止点舟骨处锚定胫后肌腱, 虽减少了足底溃疡的可能, 但操作复杂, 有损伤足底血管神经的风险<sup>[14]</sup>。锚钉固定是目前最常用的方法<sup>[15]</sup>。然而, 锚钉毕竟是金属异物, 可能存在排异反应、感染、松动拔出等风险; 患者每次在出行安检时多有不便; 也确实增加了医疗费用。可吸收螺钉也较常用, 有研究证明应用此种方法固定肌腱要比传统的Pulvertaft编织缝合方法具有更好的生物力学效果<sup>[16]</sup>; 然而, 此方法也会明显增加医疗费用, 当螺钉规格与隧道直径不匹配时也会导致固定松动。

在促进腱骨愈合的研究方面, 有应用PRP明胶海绵复合物促进腱骨愈合的实验研究报道<sup>[17]</sup>。在肌腱转移后腱骨之间较大的接触面积、足够的稳定接触时间、合适的接触程度以及最小的外力干扰是良好愈合的条件<sup>[18]</sup>。本研究应用隧道互通腱-骨锚定技术既能将肌腱牢固锚定在骨隧道内, 又能创造充分的接触面积; 配合石膏外固定6周, 为其提供足够的愈合时间, 减少外力干扰; 结果证明其愈合率为100%; 既降低了医疗费用, 又没有金属异物留存体内, 具有一定的临床推广价值。

参考文献

- [1] Andresen SR, Biering-Sørensen F, Hagen EM, et al. Pain, spasticity and quality of life in individuals with traumatic spinal cord injury in Denmark [J]. *Spinal Cord*, 2016, 54 (11): 973-979.
- [2] Sweatman WM, Heinemann AW, Furbish CL, et al. Modified PRISM and SCI-SET spasticity measures for persons with traumatic spinal cord injury: results of a Rasch analyses [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2020, 101 (9): 1570-1579.
- [3] Burns AS, Lanig I, Grabljevec K, et al. Optimizing the management of disabling spasticity following spinal cord damage: the ability network—an international initiative [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97 (12): 2222-2228.
- [4] Ayoub S, Smith JG, Cary I, et al. The positive and the negative impacts of spasticity in patients with long-term neurological conditions: an observational study [J]. *Disabil Rehabil*, 2021, 43 (23): 3357-3364.
- [5] Khan F, Amatya B, Bensmail D, et al. Non-pharmacological interventions for spasticity in adults: an overview of systematic reviews [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2019, 62 (4): 265-273.
- [6] De Icco R, Perrotta A, Berra E, et al. Onabotulinumtoxin A reduces temporal pain processing at spinal level in patients with lower limb spasticity [J]. *Toxins (Basel)*, 2019, 11 (6): 359.
- [7] Sturbois-Nachef N, Allart E, Grauwin MY, et al. Tibialis posterior transfer for foot drop due to central causes: long-term hindfoot alignment [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2019, 105 (1): 153-158.
- [8] Reynolds RM, Morton RP, Walker ML, et al. Role of dorsal rhizotomy in spinal cord injury-induced spasticity [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2014, 14 (3): 266-270.
- [9] Gump WC, Mutchnick IS, Moriarty TM. Selective dorsal rhizotomy for spasticity not associated with cerebral palsy: reconsideration of surgical inclusion criteria [J]. *Neurosurg Focus*, 2013, 35 (5): E6.
- [10] Agarwal P, Gupta M, Kukrele R, et al. Tibialis posterior (TP) tendon transfer for foot drop: a single center experience [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 11 (3): 457-461.
- [11] Mayer L. The physiological method of tendon transplantation in the treatment of paralytic drop-foot [J]. *J Bone Joint Surg*, 1937, 19 (2): 389-894.
- [12] Rhee C, Burgesson B, Orlik B, et al. Suture button technique for tibialis anterior tendon transfer for the treatment of residual club-foot [J]. *Foot Ankle Orthop*, 2020, 5 (2): 1-8.
- [13] Malik Shahbaz S. Role of a tendon transfer as a dynamic checkrein reducing recurrence of equinus following distal tibial dorsiflexion osteotomy [J]. *J Pediatr Orthop Part B*, 2017, 27 (5): 419-424.
- [14] Shen PC, Chou SH, Chen JC, et al. An innovative anchoring technique for anterior transfer of the tibialis posterior tendon [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2017, 56 (3): 478-483.
- [15] 沈义东, 舒衡生, 王爽, 等. Ilizarov 技术结合肌腱转移治疗僵硬性马蹄内翻足畸形 [J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39 (1): 45-51.
- [16] Marsland D, Stephen JM, Calder T, et al. Strength of interference screw fixation to cuboid vs pulvertaft weave to peroneus brevis for tibialis posterior tendon transfer for foot drop [J]. *Foot Ankle Int*, 2018, 39 (7): 858-864.
- [17] 张明宇, 张宪, 杨镇, 等. PRP 明胶海绵复合物在前交叉韧带重建术后腱骨愈合的作用 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (8): 737-742.
- [18] 戴志刚, 钟伟, 冯磊, 等. 复合腱-骨固定的生物力学及形态学研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (10): 917-921.

(收稿:2021-04-15 修回:2021-05-10)  
(同行评议专家: 杨华清 章耀华)  
(本文编辑: 郭秀婷)