

# 腓总神经损伤所致足背伸功能障碍的临床研究进展

王明远 徐雷

**【摘要】** 腓总神经(common peroneal nerve, CPN)损伤在下肢周围神经损伤中最为常见,足背伸功能障碍是其较为严重的临床表现。对于 CPN 损伤 1 年以上,神经修复术后 2 年效果不佳的病人,动力肌腱移位是 CPN 损伤后胫前肌不可逆麻痹的现行治疗方式。本综述以 CPN 损伤为主题,以胫后肌移位重建足背伸功能为重点,论述了 Bridle 术式的起源、发展、应用以及疗效。

**【关键词】** 腓总神经损伤;足背伸功能障碍;胫后肌移位

腓总神经(common peroneal nerve, CPN)损伤是最常见的下肢周围神经损伤,约占下肢周围神经损伤的 50.9%<sup>[1]</sup>。因胫前肌功能障碍而导致的足背伸功能障碍是其较为严重的临床表现。本文将从 CPN 解剖、损伤病因、性质、治疗方法,以及晚期功能重建等方面阐述近年来 CPN 损伤所致足背伸功能障碍的临床治疗进展。

## 一、文献检索策略

本文通过英文检索词“common peroneal nerve injury”“drop foot”“dorsiflexion dysfunction”“posterior tibial tendon transfer”“Bridle procedure”,中文检索词“腓总神经损伤”“足背伸功能障碍”“足下垂”“胫后肌移位”在 PubMed、Web of Science、中国知网、维普等数据库进行检索,共检索到文献 596 篇。去除重复、无法获得全文以及指导意义低、质量不高的文献,最终依据纳入及排除标准纳入文献 47 篇,著作 3 篇(图 1)。文献纳入标准为:①已正式发表的期刊文献或著作;②文献内容与 CPN 损伤所致足背伸功能障碍密切相关。排除标准为:①非英文的外文文献;②学位论文、会议文献、回复信件等非论著文献;③无法获得全文的文献。

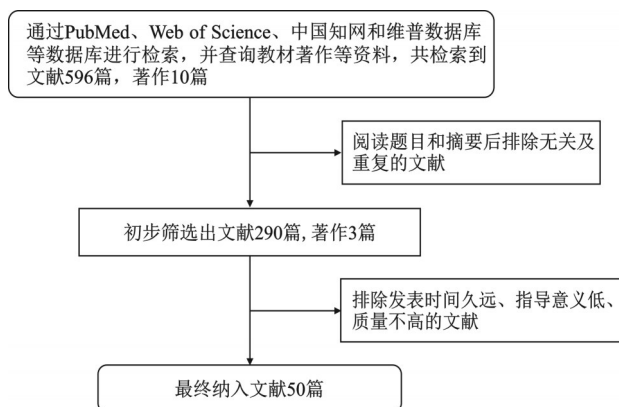


图 1 文献纳入流程图

## 二、解剖

CPN 起源于第 4、5 腰神经和第 1、2 骶神经的后股,是坐骨神经的分支。CPN 在腓窝上与胫神经分离后,沿腓窝的上外侧缘,股二头肌的内侧下降,到达股二头肌腱和腓肠肌外侧头之间,经腓骨长肌的深面绕过腓骨颈,分为腓浅神经和腓深神经两个终末支<sup>[2]</sup>。

腓浅神经在腓骨长、短肌之间下行,并发出肌支支配上述两肌,于小腿中、下 1/3 交界处穿出深筋膜至皮下,直达外踝前及足背,支配小腿前面、足背大部分以及第 2~5 趾相对缘的皮肤感觉;腓深神经伴随胫前血管在小腿前群肌之间下降,达足背第 1 趾间,分布于小腿前群肌、足背肌及第 1~2 趾相对缘的皮肤,支配胫骨前肌、踇长伸肌、趾长伸肌以及第三腓骨肌<sup>[3]</sup>。

## 三、CPN 损伤

### (一)概述

在临床上,下肢周围神经损伤较上肢周围神经损伤少见,约占所有周围神经损伤疾病的 20%。其中,CPN 损伤在下肢周围神经损伤中最为常见<sup>[4]</sup>。据报道,16%~40%的膝关节韧带损伤以及 25%~40%的膝关节脱位可合并 CPN 损伤<sup>[5]</sup>;2%的胫骨平台骨折病人在接受复位内固定术时出现 CPN 损伤<sup>[6]</sup>。根据一项多中心研究,16%的 CPN 损伤是特发性的,20.3%的 CPN 损伤发生于膝关节术后,而因创伤导致的 CPN 损伤占 11.6%<sup>[7]</sup>。

### (二)病因学

外伤、神经卡压、肿瘤、神经炎以及医源性损伤,是 CPN 损伤的常见病因。①外伤,包括腓骨骨折、膝关节脱位、挫伤、挤压伤、牵拉伤、锐器切割伤以及枪击伤<sup>[8]</sup>等。②神经卡压,在众多卡压因素中,以 CPN 在腓骨小头处受到卡压最为常见<sup>[9]</sup>。此外,在 CPN 走行的区域内出现的肿瘤及类肿瘤、起源于腓骨长肌的纤维束带、糖尿病导致的病理性神经肿胀也会造成 CPN 卡压<sup>[9-10]</sup>。③肿瘤,腓骨软骨瘤、骨肉瘤等骨性肿瘤,腱鞘囊肿、神经内囊肿,CPN 源性肿瘤等<sup>[11-12]</sup>。④神经炎,格林巴利综合征、多发性神经病等<sup>[13]</sup>。⑤医源性损伤,误切误扎、注射损伤、膝关节置换术、膝关节侧副韧带修补术<sup>[14]</sup>、股骨髁上后倾截骨术<sup>[15]</sup>、胫骨远端骨牵引<sup>[5]</sup>、支具和石

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.04.020

基金项目:上海市重点临床专科(shslczdk05601)

作者单位:复旦大学附属华山医院手外科,上海 200040

通信作者:徐雷, E-mail: xulei6802@163.com

膏卡压损伤<sup>[16]</sup>等。近年来,因减重手术导致腓骨小头周围脂肪垫快速减少从而产生对CPN的压迫,进而造成CPN损伤也时有发生<sup>[17]</sup>。⑥腰骶丛及高位神经损伤,腰骶丛神经、坐骨神经等CPN的近段神经损伤可导致CPN麻痹。⑦其他,糖尿病导致的周围神经病变、麻风、腰椎间盘突出等是CPN损伤的病因<sup>[7]</sup>;习惯性地跷“二郎腿”和长时间蹲踞也是潜在诱因<sup>[9]</sup>。

### (三)临床表现

CPN损伤的病人通常表现为小腿前面、足背以及足趾背相对缘的皮肤感觉障碍或缺失,腓浅神经支配的腓骨长、短肌麻痹,主要表现为足外翻功能障碍;腓深神经支配的胫骨前肌、踇长伸肌、趾长伸肌、第三腓骨肌以及等肌肉的麻痹,造成足背伸及足趾背伸功能障碍,从而导致步态改变,可表现为马蹄步态或跨域步态。若无法恢复功能,病人即表现为足下垂<sup>[8]</sup>,其于坐位、两下肢自然悬垂时,可见患足处于跖屈位且完全不能主动背伸与内、外翻。

### (四)诊断

CPN损伤的诊断通常通过病人的临床表现结合体格检查和辅助检查确立,常用的辅助检查包括放射学、超声以及神经电生理<sup>[18]</sup>。X线片有助于明确腓骨骨折、膝关节脱位等外伤,关节畸形以及骨性肿瘤。MRI可以明确CPN走行路径中的卡压因素。超声可以清晰显示CPN的形态和结构以及周围异物或肿瘤的压迫情况,明确神经损伤的程度<sup>[19]</sup>。实验室检查和神经活检有助于诊断各种神经炎以及糖尿病等代谢性疾病导致的CPN损伤。除CPN损伤以外,坐骨神经或高位腰骶丛的损伤也可导致足背伸功能障碍,因此电生理检查可以定性损伤的神经,进行鉴别诊断并辅助判断预后。电生理检查包括神经传导检测(nerve conduct study, NCS)和肌电图(electromyogram, EMG), NCS包括神经复合肌肉动作电位(compound muscle action potential, CMAP)和感觉神经动作电位(sensory nerve action potential, SNAP)的潜伏期、时限、波幅,以及运动神经传导速度和感觉神经传导速度测定。EMG检测下肢各肌肉运动单位电位(motor unit potential, MUP)的形态和数量以及募集反应的形态,以明确CPN损伤及损伤程度的诊断<sup>[20]</sup>。

### (五)治疗

CPN损伤早期以保守治疗为主,对于CPN损伤后2~12个月,临床表现及电生理检查没有明显改善的病人,一般采取手术治疗<sup>[7,21-22]</sup>。根据不同损伤情况及受伤时间,手术方式包括神经松解、神经断端吻合(神经缝合)、神经移植、神经移位、肌腱移位以及足踝关节融合等<sup>[4,8,14,21-23]</sup>。

#### 1. 保守治疗

保守治疗的目的是为轻度损伤的CPN自行恢复创造有利条件,预防肌腱挛缩和足部皮肤溃疡<sup>[7]</sup>。对于保守治疗的时间,目前尚有争议,从受伤后2个月到12个月不等。保守治疗的方法有姿势矫正、佩戴足踝支具、局部注射糖皮质激素、肌肉康复锻炼、肌电刺激以及跟腱伸展锻炼<sup>[9,21]</sup>。一项多中心、双盲、随机对照试验表明,激素治疗可以减缓受损神经功能退化的进程<sup>[24]</sup>。此外,中医采用针刺、电针、艾灸等方法

治疗CPN麻痹也有一定疗效<sup>[25-26]</sup>。

#### 2. 神经松解术

对于保守治疗无效的病人,CPN松解术通常是手术治疗CPN损伤的首选方式。Mont等<sup>[27]</sup>主张对出现CPN损伤症状后4个月且保守治疗无效的病人行CPN探查松解术。根据一项纳入了369例行CPN松解术病人的Meta分析,手术时间平均为损伤后9个月,经过平均28个月的随访证实,92.1%(340例)的病人术后足背伸力量可达到英国医学研究理事会六级肌力评定法(British Medical Research Council Motor Scale, BMRC)3级,53.9%(199例)的病人术后足背伸力量可达到BMRC 5级<sup>[18]</sup>。此外Anderson等<sup>[28]</sup>报道,神经松解术可改善足背面及足踝前外侧皮肤的感觉,减缓疼痛,从而提升踝关节的稳定性。

#### 3. 神经修复术

神经修复术包括神经断端吻合术和神经移植。一般而言,对于周围神经缺损距离小于神经直径4倍的病人,通过神经游离或屈曲关节等方法,可实现直接断端吻合;神经缺损距离大于神经直径4倍的病人,则必须通过神经移植桥接修复<sup>[29]</sup>。Krishnamurthy等<sup>[7]</sup>认为,当CPN离断且两断端距离小于3 cm时,通常直接缝合两断端神经外膜以恢复CPN的连续性;当受损神经两断端距离大于3 cm时,通常选择自体神经移植以恢复CPN的连续性,其中以腓肠神经移植修复CPN或其分支最为常用<sup>[4,9]</sup>。George等<sup>[4]</sup>通过回顾性研究发现,37%、36%的病人分别在行神经断端吻合术、神经移植后足背伸肌力恢复至4级及以上;损伤后6个月内行神经断端吻合术的病人比损伤后12个月手术的病人疗效更显著(达到4级及以上肌力的比例分别为44%、12%),神经缺损距离小于6 cm的病人比大于12 cm的病人行神经移植术后疗效更显著(达到4级及以上肌力的比例分别为64%、11%),这些结论的提出对于神经修复术具有一定的指导意义。

#### 4. 神经移位

虽然CPN探查松解、神经吻合和神经移植是治疗足背伸功能障碍较为经典的手术方案,但在适应证和疗效上具有局限性。如前所述,George等<sup>[4]</sup>发现当移植的神经长度超过12 cm时,仅有11%的病人通过神经移植术恢复了较为满意的足背伸功能。在这种情况下,神经移位是足下垂病程小于1年的病人的一种替代方案。回顾相关文献,供体神经的选择不唯一,通常采用胫神经分支或腓浅神经作为供体神经移位修复腓深神经或其发出的胫前肌运动支,而可供选择的胫神经分支有比目鱼肌肌支、趾长屈肌肌支、踇长屈肌肌支、腓肠肌肌支和胫后肌肌支等<sup>[7,30]</sup>。Nath等<sup>[31]</sup>于2003年至2005年为14位病人行神经移位术,经过平均16.1个月的随访,12位病人恢复了3级及以上的胫前肌肌力。然而,并非所有外科医生均支持这种治疗方式,Flores等<sup>[32]</sup>为10位CPN损伤病人行比目鱼肌肌支移位修复腓深神经,经过术后平均20.8个月的随访,仅有2位病人恢复了较为满意的足背伸功能。由于超过一年的失神经支配就会造成肌肉永久性的麻痹,同时考虑到神经缓慢的再生速度(1 mm/d),最好将神经移位手术

的时间限制在出现症状后的 8~12 个月,因此大于 12 个月的病程被视为神经移位的绝对禁忌证<sup>[31]</sup>。

### 5. 肌腱移位功能重建

对于 CPN 损伤 1 年以上,神经修复术后 2 年效果不佳的病人,动力肌腱移位是 CPN 损伤后靶肌肉不可逆麻痹的治疗方式<sup>[33]</sup>。由于 CPN 损伤病人的腓骨长、短肌和胫前肌的功能全部异常,因此如果病人的胫后肌功能良好(肌力达 4 级以上),采用胫后肌肌腱作为动力肌腱,经胫腓骨间膜或环胫骨向前转位,是临床上利用肌腱移位重建足背伸功能最为常用的方法,这一方法不仅可以恢复足背伸功能,也可以使足内翻畸形得到纠正<sup>[4,7,33-34]</sup>。对于单纯腓深神经损伤的病人,其腓骨长、短肌功能正常,此时将胫后肌作为动力肌腱会造成术后足外翻的发生,因此对于此类病人,腓骨长肌是合适的动力肌腱<sup>[7]</sup>。

Putti 被认为是第一位于 1914 年采用胫后肌经骨间膜向前转位重建足背伸功能的外科医生<sup>[35-40]</sup>。1954 年, Watkins 采用这一术式治疗 25 例病人,其中 24 人预后良好<sup>[35]</sup>。此后,有多位医生对 Putti 的术式表示支持,并对此术式做出改良<sup>[36-37,39]</sup>。1973 年, Riordan 和 Brand 为了改善术后足外翻或内翻的并发症提出 Bridle 术式,通过将腓骨长肌腱、胫前肌腱分别与转位的胫后肌腱编织缝合,提高了术后足踝关节的稳定性<sup>[36,39-40]</sup>。McCall 等<sup>[37]</sup>对 101 名病人进行 107 例 Bridle 术,其中 74% 的病人疗效满意。Vigasio 等<sup>[38]</sup>对 16 名因外伤导致 CPN 损伤的病人行胫后肌移位和趾长屈肌移位术,经过平均 24 个月的随访,87.5% 的病人摘除了支具,81% 的病人足背伸角度大于 0°,50% 的病人足背伸肌力达到 4 级以上。2015 年 Johnson 等<sup>[39]</sup>对既往行 Bridle 术的 19 例病人随访,结果显示术后 2 年,所有病人都摘除支具行走,虽然患足的肌力和平衡与健侧相比还有一定差距,但较术前已明显改观。

回顾相关文献,胫后肌转位通道通常有两种,除上述经胫腓骨间膜转位外,环胫骨向前转位也是一常用路径;而胫后肌转位后其止点可固定于外侧或中间楔骨、第二或三跖骨以及骰骨,也有将胫后肌腱缝合至足背侧肌腱的报道<sup>[7]</sup>。Saligagic 等<sup>[41]</sup>于 2008 年报道其改良 Barr 术式(将胫后肌经骨间膜转位后固定于骰骨),并与经典 Barr 术式(将胫后肌经骨间膜转位后固定于楔骨或跖骨)进行对比,结果表明改良 Barr 术式拥有更好的预后和更小的并发症发生率。Krishnamurthy 等<sup>[7]</sup>报道将胫后肌腱纵分为两束,环胫骨通路转位至小腿前方后将一束缝合于胫前肌腱和踇长伸肌腱,另一束缝合于趾长伸肌腱。

McCall 等<sup>[37]</sup>于 1991 年对其采用的三切口 Bridle 术式作出详尽描述。首先于患肢远端后内侧作长 10~12 cm S 型切口,于肌腱止点处切断胫后肌;再于患肢远端前外侧、腓骨远中 1/3 交界处作长 10 cm S 型切口,暴露骨间膜,建立使胫后肌腱转位的通道,在肌肉与肌腱交界处切断腓骨长肌,并将其近端与腓骨短肌缝合;最后于足背外侧第五跖骨基底部近端 2 cm 作纵行切口,用器械将腓骨长肌残端从足背外侧转移至小腿前侧,并将胫后肌腱、腓骨长肌腱和胫前肌腱编织缝合。术后长腿石膏固定 6 周,短腿石膏固定 2 周,术后 8 周进

行康复训练。为了进一步提升术后足踝的稳定性,1992 年 Rodriguez 等<sup>[36]</sup>报道了改良 Bridle 术式,其与传统 Bridle 术式的区别在于胫后肌腱经骨间膜通过胫前肌纵向劈开的裂隙转移至小腿前方,在维持足背伸位的状态下,将胫后肌腱残端经皮下隧道用铆钉固定至中间楔骨。

足踝部肌腱移位手术常见的并发症有伤口延迟愈合、感染、脓肿,因皮下肌腱隆起而导致的皮肤红斑、溃疡和疼痛,神经损伤,感觉异常,关节僵硬,足内、外翻畸形等<sup>[7,42]</sup>。此外,因为胫后肌腱是维持内侧足弓的重要结构,因此少数病例可继发平足畸形<sup>[16]</sup>。

### 6. 足踝关节融合术

当肌腱移位预后不佳或存在手术禁忌时,通常会使用钢钉行关节融合术达到足踝部稳定且能够活动的目的,通常可选择有踝关节融合术、距下关节融合术以及三踝关节(距跟关节、距舟关节和跟骰关节)融合术等<sup>[7,13]</sup>。对于足部疼痛较为明显且足踝稳定性差的终末期病人,经三踝关节融合术治疗,可以改善术前行走时的疼痛和病态步伐。然而,足踝关节在融合后维持于固定的位置,不再拥有运动范围,这是此术式最大的劣势<sup>[43]</sup>。

### 7. 治疗进展

随着医疗技术的进步与发展,新兴治疗方式也随之出现。各类神经导管的发明、神经生长因子的发现为 CPN 损伤后的再生提供了有利的条件<sup>[44-45]</sup>。李思远等<sup>[46]</sup>研制出一种刚度可调的前置式足踝矫形器,用于足下垂病人的个性化矫形定制,经临床研究证实该矫形器较早期出现的矫形器更有效且适合日常长期使用。杨勇等<sup>[47]</sup>采用异体肌腱移植改良胫后肌移位术,将胫后肌止点重建于第四跖骨,纠正足下垂及内翻畸形,经过 6~17 个月随访,病人踝关节背屈和外翻的力矩增加,踝关节活动度改善。Oexeman 等<sup>[48]</sup>在神经移位术中使用手持式交流双向波形神经刺激器,该设备可对神经进行重复、持续地刺激,提供术中实时信息,帮助医生作出最佳决策。随着智能机器人在医疗领域的推广,智能下肢、踝关节机器人的康复治疗能够明显改善病人足背伸肌力、步态等下肢运动功能,提高病人的日常生活能力<sup>[49-50]</sup>。

### 四、总结及展望

CPN 损伤是最常见的下肢周围神经损伤,足背伸功能障碍是其较为严重的临床表现。根据不同损伤情况及病程所处阶段,手术方式可采用神经松解、神经断端吻合、神经移植、神经移位、肌腱移位以及足踝关节融合等。对于 CPN 损伤 1 年以上,神经修复术后 2 年效果不佳的病人,动力肌腱移位是 CPN 损伤后靶肌肉不可逆麻痹的治疗方式。采用 Bridle 术式将腓骨长肌腱、胫前肌腱分别与转位的胫后肌腱编织缝合可以取得较为满意的疗效。随着传统术式的应用与创新、新材料、医疗机器人以及新型设备的出现,CPN 损伤源性足背伸功能障碍的临床治疗水平将会不断提升与发展。

### 参 考 文 献

- [1] Huckhagel T, Nüchtern J, Regelsberger J, et al. Nerve trauma of the lower extremity: evaluation of 60,422 leg injured patients from

- the TraumaRegister DGU® between 2002 and 2015 [J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2018, 26(1): 40.
- [2] 《运动解剖学、运动医学大辞典》编辑委员会. 运动解剖学、运动医学大辞典[M]. 北京: 人民体育出版社, 2000: 149-150.
- [3] 刘福龄. 现代医学辞典[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1990: 138.
- [4] George SC, Boyce DE. An evidence-based structured review to assess the results of common peroneal nerve repair[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2014, 134(2): 302e-311e.
- [5] Krishna A, Arora S, Goyal R, et al. Preventable iatrogenic cause of foot-drop in knee injuries with literature review[J]. *Chin J Traumatol*, 2021, 25(4): 224-231.
- [6] Chen MJ, Salazar BP, Tigchelaar SS, et al. Lateral distractor use during internal fixation of tibial plateau fractures has a minimal risk of iatrogenic peroneal nerve palsy[J]. *J Orthop Trauma*, 2021, 35(2): e51-e55.
- [7] Krishnamurthy S, Ibrahim M. Tendon transfers in foot drop [J]. *Indian J Plast Surg*, 2019, 52(1): 100-108.
- [8] Chen H, Meng D, Yin G, et al. Translocation of the soleus muscular branch of the tibial nerve to repair high common peroneal nerve injury[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2019, 161(2): 271-277.
- [9] Poage C, Roth C, Scott B. Peroneal nerve palsy: evaluation and management[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2016, 24(1): 1-10.
- [10] Rinkel WD, Fakkal TM, Castro Cabezas M, et al. (Cost-)effectiveness of lower extremity nerve decompression surgery in subjects with diabetes: the DeCompression (DECO) trial-study protocol for a randomised controlled trial[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(4): e035644.
- [11] 冷昭廷, 于静森, 陈涛. 超声诊断腓骨软骨骨瘤致腓总神经损伤 1 例[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(11): 1753-1754.
- [12] Herndon CL, Alonge T, McDermott Nance E, et al. Concurrent surgical management of advanced osteoarthritis of the knee and proximal tibiofibular joint with compressive peroneal neuropathy: 3-year follow-up on a complex case[J]. *Arthroplasty Today*, 2020, 6(4): 993-997.
- [13] Seidel J, Mathew B, Marks J. Bilateral ankle and subtalar joint fusion secondary to guillain barré-induced foot drop [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2016, 55(2): 260-262.
- [14] Park JS, Casale MJ. Posterior tibial tendon transfer for common peroneal nerve injury[J]. *Clin Sports Med*, 2020, 39(4): 819-828.
- [15] 刘向东. 医源性腓总神经损伤 136 例回顾与分析[J]. *山西大同大学学报(自然科学版)*, 2009, 25(1): 48-50.
- [16] 温晓东, 赵宏谋, 鹿军, 等. 胫后肌腱转位治疗腓总神经损伤源性足下垂畸形[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(5): 591-595.
- [17] Lale A, Kirkil C, Ozturk S, et al. The results of surgical decompression in the treatment of foot drop due to peroneal nerve entrapment after bariatric surgery [J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2020, 16(11): 1684-1691.
- [18] Chow AL, Levidy MF, Luthringer M, et al. Clinical outcomes after neurolysis for the treatment of peroneal nerve palsy: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ann Plast Surg*, 2021, 87(3): 316-323.
- [19] 王战业, 吕翔, 於姝琳, 等. 超声在腓总神经损伤诊断中的应用[J]. *临床超声医学杂志*, 2017, 19(6): 430-431.
- [20] Masakado Y, Kawakami M, Suzuki K, et al. Clinical neurophysiology in the diagnosis of peroneal nerve palsy [J]. *Keio J Med*, 2008, 57(2): 84-89.
- [21] Matejcek V, Steno J, Benetin J, et al. Surgical treatment of injuries of nervus fibularis [J]. *Bratisl Lek Listy*, 2001, 102(8): 361-364.
- [22] Kim DH, Murovix JA, Tiel RL, et al. Management and outcomes in 318 operative common peroneal nerve lesions at the Louisiana State University Health Sciences Center [J]. *Neurosurgery*, 2004, 54(6): 1421-1428, discussion 1428-1429.
- [23] Terzis JK, Kostas I. Outcomes with microsurgery of common peroneal nerve lesions [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2020, 73(1): 72-80.
- [24] Richardus JH, Withington SG, Anderson AM, et al. Treatment with corticosteroids of long-standing nerve function impairment in leprosy: a randomized controlled trial (TRIPOD 3) [J]. *Lepr Rev*, 2003, 74(4): 311-318.
- [25] 宁百乐, 梁康, 李进进, 等. 电针治疗腓总神经麻痹 35 例[J]. *针灸临床杂志*, 2012, 28(1): 34-35.
- [26] 杨丽娟, 刘亚丽, 王淑斌, 等. 综合疗法治疗腓总神经麻痹的临床观察[J]. *中国针灸*, 2014, 34(4): 334-336.
- [27] Mont MA, Dellon AL, Chen NF, et al. The operative treatment of peroneal nerve palsy [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78(6): 863-869.
- [28] Anderson JC. Common fibular nerve compression: anatomy, symptoms, clinical evaluation, and surgical decompression [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2016, 33(2): 283-291.
- [29] 顾玉东. 周围神经缺损的基本概念与治疗原则[J]. *中华手外科杂志*, 2002, 18(3): 129-130.
- [30] Head LK, Hicks K, Wolff G, et al. Clinical outcomes of nerve transfers in peroneal nerve palsy: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2019, 35(1): 57-65.
- [31] Nath RK, Lyons AB, Paizi M. Successful management of foot drop by nerve transfers to the deep peroneal nerve [J]. *J Reconstr Microsurg*, 2008, 24(6): 419-427.
- [32] Flores LP, Martins RS, Siqueira MG. Clinical results of transferring a motor branch of the tibial nerve to the deep peroneal nerve for treatment of foot drop [J]. *Neurosurgery*, 2013, 73(4): 609-615, discussion 615-616.
- [33] Cho BK, Park KJ, Choi SM, et al. Functional outcomes following anterior transfer of the tibialis posterior tendon for foot drop secondary to peroneal nerve palsy [J]. *Foot Ankle Int*, 2017, 38(6): 627-633.
- [34] Shane AM, Reeves CL, Cameron JD, et al. Posterior tibial tendon transfer [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2016, 33(1): 29-40.
- [35] Watkins MB, Jones JB, Ryder CT Jr, et al. Transplantation of the posterior tibial tendon [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1954, 36-A(6): 1181-1189.
- [36] Rodriguez RP. The Bridle procedure in the treatment of paralysis of the foot [J]. *Foot Ankle*, 1992, 13(2): 63-69.
- [37] McCall RE, Frederick HA, McCluskey GM, et al. The Bridle procedure: a new treatment for equinus and equinovarus deformities in children [J]. *J Pediatr Orthop*, 1991, 11(1): 83-89.
- [38] Vigasio A, Marcoccio I, Patelli A, et al. New tendon transfer for correction of drop-foot in common peroneal nerve palsy [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466(6): 1454-1466.
- [39] Johnson JE, Paxton ES, Lippe J, et al. Outcomes of the Bridle procedure for the treatment of foot drop [J]. *Foot Ankle Int*, 2015, 36(11): 1287-1296.
- [40] Dy CJ, Inclan PM, Matava MJ, et al. Current concepts review: common peroneal nerve palsy after knee dislocations [J]. *Foot Ankle Int*, 2021, 42(5): 658-668.
- [41] Saligagic S, Hadziahnetovic Z, Fazlic A. Classic and modified Barr's technique of anterior transfer of the tibialis posterior tendon in irreparable peroneal palsies [J]. *Bosn J Basic Med Sci*, 2008, 8(2):

- 156-159.
- [42] Clanton TO, Beteck AA, Bott AM, et al. Complications after tendon transfers in the foot and ankle using bioabsorbable screws [J]. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(4): 486-490.
- [43] Chambers A, Dreyer MA. *Triple Arthrodesis* [M]. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2019.
- [44] Li R, Li DH, Zhang HY, et al. Growth factors-based therapeutic strategies and their underlying signaling mechanisms for peripheral nerve regeneration[J]. *Acta Pharmacol Sin*, 2020, 41(10): 1289-1300.
- [45] Kang NU, Lee SJ, Gwak SJ. Fabrication techniques of nerve guidance conduits for nerve regeneration[J]. *Yonsei Med J*, 2022, 63(2): 114-123.
- [46] 李思远, 谷彦颀, 王晨, 等. 一种刚度可调的前置式足下垂矫形器研制[J]. *医用生物力学*, 2022, 37(1): 66-72.
- [47] 杨勇, 李忠哲, 陶莉, 等. 改良胫后肌移位术治疗腓总神经损伤后足下垂及内翻畸形[J]. *中华创伤杂志*, 2021, 37(1): 44-49.
- [48] Oexeman S, Rodriguez-collazo ER. Utilization of intraoperative biphasic waveform nerve stimulator for performing nerve transfer for the treatment of drop foot: addendum to evaluation and treatment of foot drop using nerve transfer techniques [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2021, 38(1s): e1-e6.
- [49] 张喆, 熊键. 智能下肢康复机器人联合经筋刺法治疗中风后足下垂[J]. *中国医疗设备*, 2021, 36(12): 66-69, 77.
- [50] Matsuda D, Kubota S, Akinaga Y, et al. Ankle dorsiflexion training with a newly developed Hybrid Assistive Limb for a patient with foot drop caused by common peroneal nerve palsy: a case report [J]. *J Phys Ther Sci*, 2022, 34(5): 410-415.

(收稿日期: 2021-10-22)

(本文编辑: 龚哲妮)

#### 引用格式

王明远, 徐雷. 腓总神经损伤所致足背伸功能障碍的临床研究进展 [J]. *骨科*, 2022, 13(4): 380-384. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.04.020.