

- [J]. PM R, 2016, 8(11):1083—1089.
- [44] Park JM, Lim HS, Song CH. The effect of external cues with vibratory stimulation on spatiotemporal gait parameters in chronic stroke patients[J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(2): 377—381.
- [45] Lee SW, Cho KH, Lee WH. Effect of a local vibration stimulus training programme on postural sway and gait in chronic stroke patients: a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2013, 27(10):921—931.
- [46] Celletti C, Sinibaldi E, Pierelli F, et al. Focal muscle vibration and progressive modular rebalancing with neurokinetic facilitations in post-stroke recovery of upper limb[J]. Clin Ter, 2017, 168(1):e33—e36.
- [47] Caliandro P, Celletti C, Padua L, et al. Focal muscle vibration in the treatment of upper limb spasticity: a pilot randomized controlled trial in patients with chronic stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2012, 93(9):1656—1661.
- [48] Casale R, Damiani C, Maestri R, et al. Localized 100Hz vibration improves function and reduces upper limb spasticity: a double-blind controlled study[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2014, 50(5):495—504.
- [49] Mikhael M, Orr R, Fiatarone Singh MA. The effect of whole body vibration exposure on muscle or bone morphology and function in older adults: a systematic review of the literature[J]. Maturitas, 2010, 66(2):150—157.
- [50] Milosavljevic S, Bagheri N, Vasiljev RM, et al. Does daily exposure to whole-body vibration and mechanical shock relate to the prevalence of low back and neck pain in a rural workforce?[J]. Ann Occup Hyg, 2012, 56(1):10—17.
- [51] Rolke R, Rolke S, Vogt T, et al. Hand-arm vibration syndrome: clinical characteristics, conventional electrophysiology and quantitative sensory testing[J]. Clin Neurophysiol, 2013, 124(8):1680—1688.
- [52] Lam FM, Lau RW, Chung RC, et al. The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis[J]. Maturitas, 2012, 72(3):206—213.
- [53] Tankisheva E, Bogaerts A, Boonen S, et al. Effects of intensive whole-body vibration training on muscle strength and balance in adults with chronic stroke: a randomized controlled pilot study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014, 95(3):439—446.
- [54] Mester J, Kleinöder H, Yue Z. Vibration training: benefits and risks[J]. J Biomech, 2006, 39(6):1056—1065.
- [55] Cardinale M, Rittweger J. Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction?[J]. J Br Menopause Soc, 2006, 12(1):12—18.
- [56] Merriman H, Jackson K. The effects of whole-body vibration training in aging adults: a systematic review[J]. J Geriatr Phys Ther, 2009, 32(3):134—145.

## ·综述·

# 脑卒中患者膝过伸原因和康复治疗方法研究进展

邱继宏<sup>1</sup> 于 涛<sup>1</sup> 刘 卉<sup>2,3</sup>

膝关节是人体中最复杂的一个关节。它由股骨下端关节面、胫骨上端关节面及髌骨关节面借关节囊包裹而成,在整个下肢运动链中起着承上启下的作用。脑卒中后,由于患者的神经肌肉控制能力降低,膝关节的稳定性被破坏,很多患者会出现膝过伸。膝过伸,在临床上也称为膝反张或膝反屈畸形,是指在步态周期中患侧下肢支撑相时,股胫关节在

矢状面上出现过度伸展(膝伸展角度 $>5^{\circ}$ )<sup>[1]</sup>。临床统计显示,该并发症的发生率高达40%—68%<sup>[2]</sup>,成为影响脑卒中患者功能恢复的一个重要因素。若膝过伸不能被及时纠正,会对膝关节造成反复的伤害,长此以往会破坏关节软骨,软骨下骨及膝关节后部的关节囊和韧带,导致不可逆的慢性膝关节疾病。虽然如此,由于很多患者在出现膝过伸后很长一段时

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.06.027

1 天津中医药大学第一附属医院,天津,300380; 2 北京体育大学; 3 通讯作者

作者简介:邱继宏,女,硕士研究生,治疗师; 收稿日期:2017-08-05

间不会出现不适症状,很多物理治疗师并未对这一并发症给予足够关注,治疗效果欠佳。目前,国内对脑卒中后膝过伸的针对性治疗方法研究并不多见,本文对近年来脑卒中后膝过伸康复治疗方面的研究进行了综述,以供临床参考。

## 1 脑卒中后出现膝过伸的原因

目前针对脑卒中后患者出现膝过伸的原因尚不十分明确,常见原因包括:肌肉功能异常、关节活动范围异常、下肢本体感觉障碍等。

### 1.1 肌肉功能异常

**1.1.1 股四头肌肌力不足及痉挛:**股四头肌是保持膝关节伸展的最重要肌群,能够在行走的支撑相稳定膝关节,维持膝关节的正常姿势。但是只有股四头肌肌力达到正常水平,且股内侧肌和股外侧肌协同配合才能保证股四头肌发挥其正常功能,研究表明正常情况下股内侧肌和股外侧肌肌力比值应接近1:1<sup>[3]</sup>。很多研究报道,恢复期内脑卒中患者股四头肌肌力下降、股内侧肌明显萎缩甚至凹陷,股内侧肌激活困难,很难在膝关节伸展的最后15°范围内控制膝关节的屈伸运动。因此,在步态训练过程中,为了保持患侧支撑相末期的稳定,脑卒中患者便将患膝被动置于完全伸展位,发生膝关节“交锁”现象,出现膝过伸。但Cooper<sup>[2]</sup>的研究则认为单纯的股四头肌肌力减弱并不是导致膝过伸的直接原因,Lu RR<sup>[4]</sup>的研究也得到了相同的结论。股四头肌痉挛也是导致膝过伸的潜在原因,但Gross等<sup>[5]</sup>用2%利多卡因对痉挛的股直肌施神经阻滞技术后发现,导致膝过伸过大的伸膝力矩并没有出现明显变化,只是增大了步行摆动相的最大屈膝角度,因此该研究认为股四头肌痉挛并不是导致脑卒中后膝过伸的直接原因。

**1.1.2 膝关节屈肌无力:**脑卒中后,患者常出现双侧下肢肌力减退现象,但屈膝肌群肌力减退会更加明显<sup>[6]</sup>。Cooper曾报道,出现膝过伸症状的患者其腘绳肌肌力更弱,并表明股四头肌和小腿三头肌肌力减退与膝过伸之间没有明显关系<sup>[2]</sup>。有大量研究进一步表明,屈膝肌群肌力恢复程度与患者步行能力的提高呈中到高度相关<sup>[7-8]</sup>。目前国际普遍将腘绳肌向心收缩峰力矩(H:concentric hamstring peak torque)和股四头肌向心收缩峰力矩(Q:concentric quadriceps peak torque)之比(H/Q)作为评定膝关节屈伸肌群肌力是否平衡的黄金标准,在慢速收缩情况下(60°/s)该值不应低于0.6<sup>[9]</sup>。Lu等<sup>[4]</sup>利用表面肌电测定脑卒中患者在坐站转移过程中,下肢股四头肌和腘绳肌力量及其激活状态过程中发现,脑卒中患者的患侧和健侧Q/H值均明显高于正常人,肌肉利用比出现失调。腘绳肌具有稳定膝关节的作用,膝关节屈伸肌群肌力失衡时会出现膝关节不稳,表现为步行时伴有膝关节过伸<sup>[1]</sup>。

**1.1.3 小腿三头肌无力及痉挛、胫前肌无力:**小腿三头肌无力及胫前肌无力是导致膝过伸的另一重要原因。Cooper等<sup>[2]</sup>指出,在患侧支撑相中期,膝过伸的出现与小腿三头肌肌力不足高度相关,与其他下肢肌群肌力不足无关,而且在支撑相初期触地阶段出现的膝过伸与下肢肌群肌力不足无关。Higginson<sup>[10]</sup>的研究则认为,小腿三头肌痉挛或胫前肌无力时,会出现支撑相初期前足先着地,前足着地后受到的地面反作用力使胫骨后移,产生一个向后的应力,形成伸膝力矩,缺乏控制能力的膝关节通过锁定机制保持稳定,从而导致膝过伸。另外,马蹄足与膝过伸的出现具有明显相关性。19例出现马蹄足的患者在接受小腿肌腱膜增长术后,其中13例患者步行过程中足背屈能力明显提高,膝过伸症状也明显降低,而其余6例足背屈能力及膝过伸均无明显变化<sup>[11]</sup>。这表明,足背屈能力及跟腱短缩均是导致膝过伸的重要原因。

**1.1.4 臀肌无力:**臀肌无力会使骨盆前倾,腰部过度前凸,髋关节屈曲过度,支撑相地面反作用力位于膝关节前方,因此导致膝过伸<sup>[12]</sup>。

### 1.2 关节活动范围异常

下肢髋关节和踝关节不正常的运动模式都会对膝关节的运动造成影响。

**1.2.1 髋关节活动范围异常:**髋关节屈曲挛缩是脑卒中后常见并发症,这会导致脑卒中患者在步行时,伸髋角度和伸髋力矩较正常人显著降低,是影响步行能力的重要因素。当髋关节伸展不充分时,会导致支撑相初期身体重心过度前移,地面反作用力位于膝关节前方,股骨骨相对于胫骨向前滑动,出现膝过伸<sup>[1]</sup>。

**1.2.2 踝关节活动范围异常:**踝关节跖屈肌挛缩是神经系统疾病的一种常见并发症,也是影响患者步行能力的重要因素。有观察性研究表明,踝关节跖屈肌挛缩会导致步行摆动相骨盆不稳、髋关节外展;支撑相缩短,支撑相伸髋不足、膝过伸及步幅减小。Leung等<sup>[13]</sup>对踝关节跖屈肌挛缩对支撑相膝关节生物力学的影响及对步态时空参数的影响进行了研究。该研究得出了与之前的观察性研究一致的结论,踝关节跖屈肌挛缩会导致膝过伸,同时会导致步频、步幅和步速明显降低。虽然现有研究证明,踝关节跖屈肌挛缩是导致脑卒中后膝过伸的一个重要原因,但是其生物力学原理至今不明确。Perry<sup>[14]</sup>在其研究中曾指出,踝关节背屈不足会减小支撑相小腿相对于足的向前滚动,从而增大了伸膝力矩,这可能是踝关节跖屈肌挛缩导致膝过伸的生物力学原因。

### 1.3 下肢本体感觉障碍

脑卒中患者在踝关节以上本体感觉丧失的情况下,即使其股四头肌、腘绳肌和腓肠肌的肌力均达到Ⅲ级或以上,仍不可避免出现膝过伸<sup>[15]</sup>。导致这一现象的原因可能是躯体感觉障碍使患者不能维持肌肉正常收缩,运动发动缓慢,运

动速度弛缓,肌肉不能协同收缩、运动的准确性与效率降低。而本体感觉更兼有察知各关节部分的相互关系及其在空间的位置,并且能够保证腿部屈伸肌群正常的神经交互抑制,因此脑卒中半年以上踝关节以上仍然存在本体感觉障碍的患者会发生膝过伸。而且,脑卒中患病后期踝关节以上本体感觉丧失还可能是膝过伸难以矫正的主要原因<sup>[16]</sup>。

## 2 脑卒中后膝过伸的危害

由于对膝关节后侧软组织的长期压力,膝过伸会导致一系列继发性症状,包括疼痛、肿胀和膝关节不稳。膝关节处于过伸位时,股胫关节内侧会承受较大压力,关节后侧会承受较大的张力,长此以往会造成膝关节疼痛,特别是内侧和后侧疼痛。膝关节后侧的稳定性主要由膝后侧的软组织提供,膝关节处于过伸位时,膝关节后侧软组织长期承受较大张力,会导致膝后侧软组织发炎、肿胀、松弛<sup>[1]</sup>。在正常负重情况下,膝关节由屈曲到伸直的过程中,股骨会相对胫骨向前滚动和向后滑动。但在膝过伸情况下,股骨向前倾斜取代了其相对于胫骨的向前滚动,这会大大增大股胫关节前部的压力。而且,膝过伸伴随在伸膝末期股骨相对胫骨的内旋,会大大增加对前叉韧带的拉力,除此之外,在步行时,由于膝过伸,肌肉无法正常吸收和缓冲身体压力,身体压力会直接由股骨传向胫骨,这可能导致胫骨关节面内侧疼痛和膝关节后侧软组织发炎<sup>[1]</sup>。这不仅会导致继发性骨关节炎,也会增大半月板损伤和前叉韧带损伤的风险。Tani等<sup>[17]</sup>对日本1110例脑卒中恢复期可行走患者的调查表明,在使用其日常辅助具情况下,仍有217例患者出现了膝过伸,其中25例患者主诉患侧膝关节周围明显疼痛。

膝过伸还会导致各种步态问题。膝过伸患者在行走时往往步行支撑相缩短、步态对称性降低、步行效率降低、步行耗能增加。有研究报道,膝过伸会阻碍患者在步行过程中的紧急停止;降低摆动相屈膝角度,从而导致画圈步态或患侧髋关节过度上提。这些错误的运动模式会增加40%的能量消耗<sup>[18]</sup>。

因此,若膝过伸状态持续时间较长,会延长患者恢复时间,增加患者的心理负担,降低其康复的自信心。

## 3 脑卒中后膝过伸的康复治疗方法

针对脑卒中后出现膝过伸的常见原因,临床上使用的康复治疗方法主要包括:运动疗法、物理治疗、矫形器以及中医针刺疗法。但是,目前仍没有一个有效的康复策略能够广泛应用于临床治疗膝过伸,这可能与导致膝过伸的原因复杂多样有关。

### 3.1 运动疗法

#### 3.1.1 本体感觉训练:本体感觉对维持关节动态稳定性、诱

发正常的运动、防止关节受到外部伤害等方面起着至关重要的作用。有研究表明跑台步行训练能够有效改善患者下肢本体感觉和姿势控制能力,并且在训练过程中阻断患者的视觉反馈能够达到更好的训练效果<sup>[19]</sup>。这是因为脑卒中患者本体感觉受损后,在他们试图保持平衡或者行走时,主要依赖视觉信息,他们需要用这种方式来代偿受损的本体感觉和前庭觉,但是过度的视觉依赖会阻碍患者行走和平衡能力的提高<sup>[20]</sup>。此外,本体感觉神经肌肉促进技术(PNF)能够刺激肌肉、肌腱内的本体感受器。反复对脑卒中患者进行PNF治疗能够有效地帮助患者恢复意识、降低肌肉收缩阈值、增强肌力、改善本体感觉,提高协调能力,从而优化和提高患者的运动能力<sup>[21]</sup>。研究发现在对脑卒中患者下肢进行PNF治疗后,受试者的股直肌和股内侧肌的功能明显改善<sup>[22]</sup>。脑卒中患者股直肌和股内侧肌力量不足和控制力差正是导致膝过伸的一个重要原因<sup>[23]</sup>,因此该研究认为PNF技术能够对脑卒中后膝过伸起到积极的治疗作用。另外,对偏瘫患者进行物理治疗前使用白贴和肌内效贴布对膝关节进行固定和贴扎能够改善下肢本体感觉,使随后的物理治疗达到更好的效果<sup>[1,24]</sup>。

**3.1.2 肌肉力量和控制能力训练:**脑卒中后最常见的并发症是运动障碍,肌力减退是诸多运动障碍中最常见的一种。受累下肢肌力不足是导致脑卒中患者膝过伸的一个重要原因,但是在对患者进行下肢力量训练时,平衡下肢各肌群肌力比单纯增加各肌群的肌力更重要。除常规的肌力训练外,很多国内研究提出了脑卒中后膝过伸的针对性训练。有研究者在对患者进行常规康复治疗的基础上加入强化膝关节屈伸分离训练及患侧股四头肌、腘绳肌、胫前肌及小腿三头肌等长收缩训练<sup>[25]</sup>。治疗一个月后,患侧支撑相伸膝角度明显减小,步行能力显著性提高。解东风等<sup>[26]</sup>根据患者出现膝过伸的原因,在常规康复治疗的基础上,进行针对性肌力训练,包括臀大肌、腘绳肌、胫前肌肌力训练及小腿三头肌牵拉训练,为期4周,结果30例受试者中26例的膝过伸症状得到明显改善。还有研究提出对患者进行半蹲训练,能够改善患者对下肢的控制能力、提高肌力、改善下肢本体感觉<sup>[27]</sup>。此外,国内外研究已经证明,相对于传统肌力训练方法,等速肌力训练是一种更简便、有效提高肌肉力量、提升患者步行能力及生存质量的肌力训练方法<sup>[28]</sup>。Buyukvkural等<sup>[29]</sup>将50例脑卒中恢复期患者随机分为传统康复治疗组和传统康复治疗组加膝关节和踝关节等速肌力训练组,两组受试者均接受为期3周,每周5天的康复训练。结果发现,等速肌力训练组伸膝肌、屈膝肌、踝背屈肌、踝跖屈肌肌力均明显高于传统康复治疗组;SS-QOL、10m步行测试、6min步行测试、Berg平衡测试得分也明显高于传统康复治疗组。因此推测下肢等速肌力训练对于改善脑卒中后膝过伸有积极作用,但目前没有相关

针对性研究,仍需进一步研究。

### 3.2 物理治疗

**3.2.1 震动疗法:**有研究提出全身震动疗法能够提高慢性脑卒中患者的下肢肌力,减少行走过程中出现膝过伸次数,提高患者的步行能力。Guo<sup>[30]</sup>报道为期8周的全身震动疗法能够改善脑卒中患者膝过伸现象,同时能够提升患者的步行能力。Tankisheva<sup>[31]</sup>也认为,全身震动疗法是一项安全、可行的训练方法,这种训练方法能够提高患侧下肢部分肌肉的肌肉力量和姿势控制能力。但是,也有研究认为该种训练方法在提高神经肌肉控制能力和提高肌力方面的效果并不明显<sup>[32-33]</sup>。因此,该种训练方法的效果仍待进一步考证。

**3.2.2 生物反馈疗法:**生物反馈技术已经被广泛应用于康复医学的各个领域,部分应用生物反馈技术改善脑卒中患者步行能力的研究都得到了令人满意的结果。另有研究报告<sup>[34]</sup>,在对脑卒中患者进行物理治疗的过程中加入有声电子测角计的生物反馈能够帮助患者改善甚至消除脑卒中后膝过伸的问题。另外,实时的视觉和听觉反馈目前都被应用于膝过伸的治疗,并得到了积极的治疗效果<sup>[35-36]</sup>。Teran-Yengle等<sup>[37]</sup>通过对17例出现膝过伸的健康年轻女性进行为期6周伴有视觉反馈的步态训练后发现,不仅受试者膝过伸症状得到明显改善,并且训练效应可以维持8个月以上。

中枢系统会出现代偿性的功能重组可能是生物反馈疗法帮助患者改善膝过伸症状的原因<sup>[38]</sup>。并且直观的视、听觉反馈使患者及时了解到自身主动运动时对肢体的控制情况,从而更好地指导患者完成训练任务<sup>[39]</sup>。生物反馈治疗充分调动了患者的主观能动性,使其能更加主动地配合训练,对于治疗膝过伸具有积极的作用。

**3.2.3 功能性电刺激:**目前,也有研究指出能够刺激踝关节产生背屈的功能性电刺激和延迟性功能电刺激对改善脑卒中后膝过伸可能有较好的效果<sup>[40-41]</sup>。早在1978年Stanic等已开始应用功能性电刺激治疗脑卒中后膝过伸。他们对8例出现膝过伸的脑卒中恢复期患者进行了为期3个月,每周3次的功能性电刺激治疗,治疗部位包括伸膝肌、屈膝肌、踝背屈肌、踝跖屈肌、伸髋肌及髋外展肌群。结果发现其中7例受试者的膝过伸症状得到明显改善<sup>[40]</sup>。之后,Chantraine等<sup>[41]</sup>对1例51岁并发膝过伸的脑卒中恢复期患者实施延迟性功能电刺激,发现在患侧摆动相的末期由电刺激诱发的足背屈肌活动能够增大足触地时踝背屈角度,而且延迟性功能电刺激能够保证胫骨在支撑相的充分前移,从而防止出现膝过伸。

### 3.3 矫形器的应用

根据患者不同的适应证,目前有很多种能够提高患者的步行能力,降低患者步行能量消耗的矫形支具可供选择。

脑卒中患者跟腱挛缩和足跖屈肌肌张力升高,是导致膝

过伸的一个重要原因。由于踝足矫形器(AFO)及膝踝足矫形器(KAFO)能够抵抗较高的足跖屈肌张力,同时能够将踝关节保持在背屈5°左右的位置,因此AFO及KAFO被广泛应用于治疗膝过伸<sup>[42]</sup>。有研究表明,瑞典膝关节支架(SK)和AFO联合使用,能够达到更好的治疗效果,在步行时能够使患者两腿的支撑时间更接近,更大程度的增大步幅,提高步速<sup>[43]</sup>。临床上,一部分患者认为传统的矫形器穿戴困难,笨重,外形欠美观,尤其长期穿戴KAFO会导致整个下肢僵硬,Portnoy等<sup>[44]</sup>提出一种柔软的铰链型膝矫形器同样能够改善脑卒中患者的膝过伸问题,提高患者的步行质量。该种矫形器较传统型轻便舒适,能够增大摆动相的屈膝角度,有效降低患侧腿在支撑相出现膝过伸的频率,提高患者的平衡能力,但是并不能改善患者步行过程中的时空参数和两次肢体运动的对称性。

虽然大部分现有研究表明,使用矫形器能够在不同程度上改善卒中患者膝过伸的情况,但是也有研究指出,穿戴矫形器并不能从根本上改善患者的运动功能,其下肢肌肉力量,神经肌肉控制能力仍处于较低水平,下肢血流速度也较低<sup>[45]</sup>。因此,矫形器的合理应用及优化仍需进一步研究。

### 3.4 中医针刺疗法

相关研究表明,在康复训练过程中配合传统中医针刺疗法能够有效提高患侧下肢伸肌肌力;刺激痉挛肌的拮抗穴位,通过交互抑制原理,改善脑卒中后肢体痉挛;通过对膝关节局部腧穴的深部强刺激,改善膝关节本体感觉<sup>[46-47]</sup>。中医取穴一般包括:血海、梁丘、犊鼻、阳陵泉、足三里、委中、委阳<sup>[48]</sup>。李红星等<sup>[47]</sup>报道,对脑卒中后膝过伸患者进行电针结合常规康复训练治疗的疗效优于单纯康复治疗。电针刺激能够显著提高患者膝关节本体感觉。

从解剖位置看,中医针刺取穴,梁丘、血海位于股四头肌上,委中位于腓绳肌位置上,阳陵泉、足三里、委阳则位于胫前肌和小腿三头肌位置。刺激以上穴位可以直接刺激肌肉以提高肌力,同时缓解深感觉障碍,有利于膝过伸症状的缓解<sup>[46]</sup>。

## 4 小结

膝过伸是多种因素共同造成的。膝过伸不仅影响患者的步行能力,也会给患者带来不可逆转的关节疾患,及时有效地发现、纠正这一并发症具有重要意义。临床上除常规治疗外,可以从运动疗法、物理治疗、矫形器、中医针刺疗法四个方面对患者进行针对性治疗。虽然上述方法能够达到一定的治疗效果,但效果仍未达到理想水平,而且目前对于有效结合上述治疗方法的研究还很少,因此对脑卒中后膝过伸的康复治疗仍需进一步研究。

## 参考文献

- [1] Loudon JK, Goist HL, Loudon KL. Genu recurvatum syndrome [J]. Orthop Sports Phys Ther, 1998, 27(5): 361—367.
- [2] Cooper A, Alghamdi GA, Alghamdi MA, et al. The relationship of lower limb muscle strength and knee joint hyperextension during the stance phase of gait in hemiparetic stroke patients [J]. Physiother Res Int, 2012, 17(3): 150—156.
- [3] Gerrits KH, Beltman MJ, Koppe PA, et al. Isometric muscle function of knee extensors and the relation with functional performance in patients with stroke [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2009, 90(3): 480—487.
- [4] Lu RR, Li F, Zhu B. Electromyographical characteristics and muscle utilization in hemiplegic patients during sit-to-stand activity: an observational study [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2016, 52(2): 186—194.
- [5] Gross R, Delporte L, Arsenault L, et al. Does the rectus femoris nerve block improve knee recurvatum in adult stroke patients? A kinematic and electromyographic study [J]. Gait Posture, 2014, 39(2): 761—766.
- [6] Prado CL, Silva MP, Lessi GC, et al. Muscle atrophy and functional deficits of knee extensors and flexors in people with chronic stroke [J]. Phys Ther, 2012, 92(3): 429—439.
- [7] Andersen LL, Zeeman P, Jorgensen JR, et al. Effects of intensive physical rehabilitation on neuromuscular adaptations in adults with poststroke hemiparesis [J]. J Strength Cond Res, 2011, 25(10): 2808—2817.
- [8] Kostka J, Czernicki J, Pruszyńska M, et al. Strength of knee flexors of the paretic limb as an important determinant of functional status in post-stroke rehabilitation [J]. Polish J Neurology and Neurosurgery, 2017, 51(3): 227—223.
- [9] Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance [J]. Sports Sci Med, 2002, 1(3): 56—62.
- [10] Higginson JS, Zajac FE, Neptune RR, et al. Muscle contributions to support during gait in an individual with post-stroke hemiparesis [J]. J Biomech, 2006, 39(10): 1769—1777.
- [11] Klotz MC, Wolf SI, Heitzmann D. Reduction in primary genu recurvatum gait after aponeurotic calf muscle lengthening during multilevel surgery [J]. Res Dev Disabil, 2013, 34(11): 3773—3780.
- [12] Bleyenheuft C, Bleyenheuft Y, Hanson P, et al. Treatment of genu recurvatum in hemiparetic adult patients: a systematic literature review [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2010, 53(3): 189—199.
- [13] Leung J, Smith R, Harvey LA. The impact of simulated ankle plantarflexion contracture on the knee joint during stance phase of gait: a within-subject study [J]. Clin Biomech, 2014, 29(4): 423—428.
- [14] Perry J. Kinesiology of lower extremity bracing [J]. Clin Orthop Relat Res, 1974, 102: 18—31.
- [15] 高放, 侯莉, 严丽蓉, 等. 脑卒中偏瘫膝反张患者本体感觉丧失程度及肌电图的改变 [J]. 中国老年学杂志, 2010, 22(1): 3241—3243.
- [16] 刘世文, 高放. 脑卒中偏瘫患者本体感觉丧失对膝反张影响的机制研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2005, 20(1): 30—33.
- [17] Tani Y, Otaka Y, Kudo M, et al. Prevalence of genu recurvatum during walking and associated knee pain in chronic hemiplegic stroke patients: A preliminary survey [J]. Stroke Cerebrovasc Dis, 2016, 25(5): 1153—1157.
- [18] Lucarell PR, Greve JM. Knee joint dysfunctions that influence gait in cerebrovascular injury [J]. Clinics, 2008, 63(4): 443—450.
- [19] Moon SJ, Kim YW. Effect of blocked vision treadmill training on knee joint proprioception of patients with chronic stroke [J]. Phys Ther Sci, 2015, 27(3): 897—900.
- [20] Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014, 22(85): 268—273.
- [21] Bae SS, Goo BO, Kwon MJ, et al. Physical therapy of neuro-developmental [J]. Seoul: Daihaks Publishing, 2008, 13(9): 56—62.
- [22] Oh DG, Sung SC, Lee MK. Effects of elastic band exercise using PNF and CNS-stimulating exercise on functional fitness and EMG in hemiplegic stroke patients [J]. Korean Soc Sports Sci, 2011, 20(8): 815—827.
- [23] 刘海兵, 廖麟荣, 邓小倩. 脑卒中膝过伸研究新进展 [J]. 中国康复, 2014, 29(2): 137—140.
- [24] Choi YK, Nam CW, Lee JH, et al. The effects of taping prior to PNF treatment on lower extremity proprioception of hemiplegic patients [J]. J Phys Ther Sci, 2013, 25(9): 1119—1122.
- [25] 高圣海, 倪朝民, 韩瑞, 等. 早期分离与抗阻运动训练对脑卒中膝过伸和偏瘫步态的防治作用 [J]. 中国临床康复, 2006, 10(36): 33—35.
- [26] 解东风, 谢丽君, 冯碧珍. 脑卒中患者膝过伸的对因治疗观察 [J]. 临床医学工程, 2011, 18(4): 546—547.
- [27] 刘万林. 半蹲训练改善脑卒中患者膝过伸的疗效观察 [J]. 中国康复, 2011, 26(1): 18—19.
- [28] Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Test-retest reliability of isokinetic muscle strength of the lower extremities in patients with stroke [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83(8): 1130—1137.
- [29] Buyukvkural SS, Ozbudak DS, Ekiz T, et al. Effects of bilateral isokinetic strengthening training on functional parameters, gait, and the quality of life in patients with stroke [J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(9): 16871—16879.
- [30] Guo C, Mi X, Liu S, et al. Whole body vibration training improves walking performance of stroke patients with knee hyperextension: A randomized controlled pilot study [J]. CNS Neurol Disord Drug Targets, 2015, 14(9): 1110—1115.
- [31] Tankisheva E, Bogaerts A, Boonen S. Effects of intensive whole-body vibration training on muscle strength and balance in adults with chronic stroke: a randomized controlled pilot study [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014, 95(3): 439—446.
- [32] Pang MY, Lau RW, Yip SP. The effects of whole-body vibration therapy on bone turnover, muscle strength, motor function, and spasticity in chronic stroke: a randomized controlled trial [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2013, 49(4): 439—

- 450.
- [33] Marin PJ, Ferrero CM, Menendez H, et al. Effects of whole-body vibration on muscle architecture, muscle strength, and balance in stroke patients: a randomized controlled trial[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2013, 92(10): 881—888.
- [34] Basaglia N, Mazzini N, Boldrini P, et al. Biofeedback treatment of genu-recurvatum using an electrogoniometric device with an acoustic signal. One-year follow-up[J]. *Scand J Rehabil Med*, 1989, 21(3): 125—130.
- [35] Morris ME, Matyas TA, Bach TM, et al. Electrogoniometric feedback: its effect on genu recurvatum in stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1992, 73(12): 1147—1154.
- [36] 王亚辉. 肌电生物反馈联合康复训练治疗脑卒中的疗效观察[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2013, 35(6): 471—473.
- [37] Teran-Yengle P, Cole KJ, Yack HJ. Short and long-term effects of gait retraining using real-time biofeedback to reduce knee hyperextension pattern in young women[J]. *Gait Posture*, 2016, 50(3): 185—189.
- [38] Del Din S, Bertoldo A, Sawacha Z, et al. Assessment of biofeedback rehabilitation in post-stroke patients combining fMRI and gait analysis: a case study[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2014, 11(7): 53—58.
- [39] Stanton R, Ada L, Dean CM, et al. Biofeedback improves performance in lower limb activities more than usual therapy in people following stroke: a systematic review[J]. *J Physiother*, 2017, 63(1): 11—16.
- [40] Vodovnik L, Kraij A, Stanic U, et al. Recent applications of functional electrical stimulation to stroke patients in Ljubljana[J]. *Clin Ortho Relat Res*, 1978, 2(131): 64—70.
- [41] Chantraine F, Schreiber C, Kolanowski E, et al. Control of stroke-related genu recurvatum with prolonged timing of dorsiflexor functional electrical stimulation: A case study[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2016, 40(3): 209—215.
- [42] Boudarham J, Zory R, Genet F, et al. Effects of a knee-ankle-foot orthosis on gait biomechanical characteristics of paretic and non-paretic limbs in hemiplegic patients with genu recurvatum[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2013, 28(1): 73—78.
- [43] Isakov E, Mizrahi J, Onna I, et al. The control of genu recurvatum by combining the Swedish knee-cage and an ankle-foot brace[J]. *Disabil Rehabil*, 1992, 14(4): 187—191.
- [44] Portnoy S, Frechtel A, Raveh E, et al. Prevention of genu recurvatum in poststroke patients using a hinged soft knee orthosis[J]. *PMR*, 2015, 7(10): 1042—1051.
- [45] Sherk KA, Sherk VD, Anderson MA, et al. Lower limb neuromuscular function and blood flow characteristics in AFO- using survivors of stroke[J]. *J Geriatr Phys Ther*, 2015, 38(2): 56—61.
- [46] 程小平. 针刺配合肢体训练治疗中风后膝反张52例[J]. *陕西中医学报*, 2007, 30(4): 52.
- [47] 李红星, 周红芳. 针刺结合康复训练治疗脑卒中后膝反张临床观察[J]. *中国伤残医学*, 2013, 21(7): 317—319.
- [48] 李红星, 罗利敏. 针刺治疗脑卒中后膝过伸13例[J]. *社区中医药*, 2010, 36(4): 148.

## 中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊 收录证书

### 中国康复医学杂志

依据文献计量学的理论和方法,通过定量与定性相结合的综合评审,  
贵刊被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,特颁发此证书。

证书编号: CSCD2019-1005

有效期: 2019年-2020年

发证日期: 2019年5月

查询网址: [www.sciencechina.cn](http://www.sciencechina.cn)

