

• 综 述 •

下肢矫形器在脑卒中后偏瘫康复中的应用研究进展*

梁智蓉 综述, 陈 盼, 徐 晶, 罗媛馨, 谭 洁[△] 审校

(湖南中医药大学, 湖南 长沙 410208)

[摘要] 脑卒中具有高发病率、高致死率、高致残率的特点, 偏瘫是脑卒中后常见的一种后遗症, 会给患者活动能力和肢体稳定性带来负面影响, 降低患者日常生活质量。下肢矫形器已被证实对脑卒中后下肢偏瘫具有治疗作用, 其可以有效地限制踝关节跖屈、膝关节反张和屈曲, 从而进一步加快患者行走速度, 提高行走稳定性, 最终实现步态优化。该文对下肢矫形器在脑卒中后偏瘫患者康复中的应用研究进行了综述。

[关键词] 脑卒中; 偏瘫; 矫形器; 下肢; 康复; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.15.022

中图法分类号:R493

文章编号:1009-5519(2024)15-2617-07

文献标识码:A

Research progress on the application of lower limb orthotics in the rehabilitation of hemiplegia after stroke*

LIANG Zhirong, CHEN Pan, XU Jing, LUO Yuanxin, TAN Jie[△]

(Hunan University of Traditional Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China)

[Abstract] Stroke is characterized by high incidence rate, high mortality and high disability rate. Hemiplegia is a common sequela after stroke, which will bring negative effects on patients' activity ability and limb stability and reduce their quality of daily life. Lower limb orthotics have been proven to have therapeutic effects on lower limb hemiplegia after stroke. They can effectively limit ankle plantar flexion, knee joint reflexion and flexion, thereby further accelerating patient walking speed, improving walking stability, and ultimately achieving gait optimization. The article reviews the application research of lower limb orthotics in the rehabilitation of hemiplegic patients after stroke.

[Key words] Stroke; Hemiplegia; Orthodontics; Lower limb; Recovery; Review

随着全球人口规模的扩大和老龄化问题的日益严重, 脑卒中已经成为全球性的健康问题^[1]。我国每年新增脑卒中病例超过 200 万例^[2], 自 2015 年来, 脑卒中已成为我国公民死亡和残疾的主要原因^[3]。偏瘫是脑卒中后最常见的后遗症之一。脑卒中患者由于单侧肌肉的过度兴奋会引起身体一侧呈现痉挛模式^[4], 从而影响肢体运动功能。脑卒中患者下肢功能障碍多表现为膝关节过度伸展和踝关节过度跖屈, 使患者在行走时呈“划圈步态”, 并伴随着步态周期的改变及平衡能力的下降。目前, 偏瘫患者下肢功能康复训练方法包括本体感觉神经肌肉促进技术、肌肉力量训练、运动再学习疗法及运动想象疗法等。近年来, 虚拟现实技术被用作康复的新方法, 其有可能成为改善脑卒中后平衡和步态的有效工具^[5]。除了常规运动疗法、神经生理疗法和新型科学技术之外, 下肢矫形器也是一种广泛应用于偏瘫患者康复的重要干预

手段。已有大量研究证实, 在对脑卒中后偏瘫患者进行传统康复训练的同时, 辅加矫形器可提高患者对自身姿势的控制能力, 改善患者步行能力, 同时能帮助患者控制患侧的痉挛, 预防和矫正患侧畸形, 从而提高生活自理能力。本文就下肢矫形器在脑卒中后偏瘫患者康复中的应用研究进展进行了综述, 希望能为不同病程及病情的患者寻找到适合自己的下肢矫形器, 从而改善临床症状, 提高生活质量。

1 下肢矫形器的概述和分类

1.1 概述 矫形器是根据生物力学原理来改变神经肌肉和骨骼系统的机能特性或结构的体外装置, 是以达到恢复和矫正畸形为目的, 以治疗患者肢体功能障碍和补偿功能缺陷的医疗器械。下肢矫形器是历史上最早且应用最广的矫形器之一, 其能够支撑体重, 预防和矫正下肢畸形, 有效补偿瘫痪肌肉的功能, 限制下肢关节不必要的活动, 同时可以改善站立和行走

* 基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(S202310541033)。

[△] 通信作者, E-mail: 86869454@qq.com。

时的姿势,帮助治疗下肢运动功能障碍^[6]。

1.2 分类 目前,偏瘫患者常用的下肢矫形器有多种,根据矫形器应用于肢体的部位可分为膝关节矫形器、踝关节矫形器、膝踝足矫形器和髌膝踝足矫形器,其中髌膝踝足矫形器虽有应用,但几乎不被选择;根据矫形器的作用方式可分为被动式矫形器和主动式

矫形器。根据临床研究数据,应用最多的是踝足矫形器^[7]。随着近年来神经生理和生物材料研究的进步,机器人式的矫形器开始逐渐参与到患者治疗过程中,其提高了治疗效率,减轻了治疗师的压力,但目前该类型矫形器在下肢范围内多集中于膝关节矫形器。下肢矫形器的分类、工作原理及优缺点见表 1。

表 1 下肢矫形器分类、工作原理及优缺点

名称及分类	工作原理		优点	缺点
被动式矫形器	膝关节矫形器			
	瑞典式膝过伸矫形器	基于三点受力支撑的原理,当膝关节过度伸展时,利用矫形器的上下环带对大腿和小腿产生压力,同时使用位于腘窝处的半月箍来承受膝关节组织对矫形器产生的反作用力 ^[8]	结构简单,穿戴方便	由于该矫形器无关节设计,患侧膝部后方因过度受压会出现红肿疼痛、血液循环受阻等不良症状 ^[8] ;影响患者进行正常的功能性活动
	可调式膝关节矫形器	通过人为设置膝关节活动角度,限制膝关节的移动范围,从而使其可以在多个角度进行锁定 ^[9]	矫正膝过伸;强化患侧肢体的本体感觉;有效缓解和降低膝关节的疼痛 ^[10-11]	影响患者在动态时的关节活动度;影响患者进行正常的功能性活动
	踝关节矫形器			
	静态踝足矫形器(SAFO)	通过广泛的轴向包容及成对三点力的原理,保持踝关节处于中立位 ^[12]	使踝关节能长时间保持正常的生物力学状态,增加踝足关节的稳定性,减少步行能量消耗;使用与佩戴方便;适用范围大,在日常活动、行走训练、坐位训练、卧位时均可佩戴 ^[13-15]	可能引起患者足部的阳性支持反应,影响下肢主要肌肉的收缩运动 ^[16]
	动态踝足矫形器	原理同 SAFO,但允许踝关节背伸	更快促进患者步行能力的恢复,使其更接近健康人的步行模式;穿戴使用时能耗降低,步行效率提高;改善患者静态和动态平衡功能;长期来看,可节约人力及经济资源,缩短患者治疗时间,增加患者康复信心 ^[17-18]	矫正力度比 SAOF 小,稳定性差 ^[12]
	可调关节式踝足矫形器	在踝关节部位设有调节装置,可调节踝关节处于不同的跖屈、背伸位及前足的内、外翻位	减少患侧足部畸形的发生;增加患者踝关节的活动范围;根据需要及时调整使用角度,避免患者因长期卧床导致踝关节周围肌肉的废用性萎缩和软组织挛缩等症状 ^[12,19]	需要根据个体进行定制,制作时间长,成本高
	膝踝足矫形器(KAFO)	通过矫形器关节两旁的控制装置锁定,将膝关节固定在伸直位,踝关节固定在功能位	更加适用于患者病情稳定且具备站立和行走能力,但因膝关节和踝关节严重瘫痪而不稳定时的辅助训练 ^[20]	常规的膝踝足矫形器由于需要达到一定的刚度,才能保持支撑能力,因此矫形器材质笨重,贴合性差,患者穿戴困难;要求患者平衡能力、腰腹和上肢肌力及全身协调能力达到一定标准才能进行使用 ^[21-22]
髌膝踝足矫形器				
	原理同 KAFO,但根据需要延伸到髌关节,连接骨盆带,甚至可以连接到腰椎或胸椎 ^[23]	改善偏瘫患者的步行模式,提高步行速度 ^[24]	—	

续表 1 下肢矫形器分类、工作原理及优缺点

名称及分类		工作原理	优点	缺点
主动式矫形器	主动式膝关节矫形器	依据力学实验和步态分析结果,给予膝关节的关节活动轴动力,辅助膝关节进行屈伸运动	为膝关节提供充足的辅助力矩,易于辅助膝关节的屈伸;使用舒适,易于佩戴,且美观 ^[25]	购买成本较高,要求患者拥有一定经济实力;需要专业人士的指导及定期对矫形器进行调适和调整;适用范围有限,不能满足所有类型患者需求,因此商业化推广存在困难
	主动式踝关节矫形器	通过将辅助系统连于传统的踝足矫形器上,在监测患者步行相关运动参数的同时,对踝关节进行动力式辅助训练	相比于传统的踝足矫形器,更能促进患者步态的独立性;促进患者步态恢复的效率	

注:—表示无此项。

2 下肢矫形器对脑卒中后偏瘫患者的影响

2.1 对步态的影响 下肢矫形器对脑卒中后偏瘫患者步态的恢复具有积极效应,能够改善患者步行能力,恢复患者正常步行周期,改变患者步行参数。

2.1.1 对步行能力的影响 恢复步行能力被视为脑卒中后偏瘫恢复过程中的关键目标之一。不论是针对踝关节还是膝关节的下肢矫形器,国内外研究证明其对患者下肢功能的恢复具有积极作用。王建晖^[26]在传统康复治疗基础上加用膝控制矫形器对 30 例脑卒中后出现下肢功能障碍的老年患者(研究组)进行康复治疗,结果显示,研究组下肢 Fugl-Meyer 运动功能评定量表评分明显高于传统康复治疗组,且研究组恢复效果更好。LING 等^[27]对佩戴刚性踝足矫形器患者(对照组)和带油阻尼器的踝足矫形器患者(研究组)进行对比研究时发现,与对照组比较,研究组在接受步态训练时骨盆旋转和下肢运动功能显著改善,呈现更理想的步态。因此,在患者条件允许的情况下,选择带油阻尼器的踝足矫形器可以加快偏瘫患者下肢功能的恢复。

2.1.2 对步态周期的影响 脑卒中后偏瘫患者步态周期的改变可能是由于健侧可以承受超过 80% 的体重,导致患侧的负重时间明显减少^[28]。踝足矫形器通过增加患者步行时的稳定性,帮助患者恢复正常的步态周期。朱琳等^[29]对目前临床最为常用的 4 种辅助步行设备进行对比研究,并让受试者在空旷空间内独自穿鞋行走 12 m,然后通过传感器收集相关步行数据,结果显示,相较于佩戴其他 3 种辅助步行设备的患者,佩戴踝足矫形器的患者完成 1 个步态周期的时间最少。有研究认为,步态周期的改变也与步行时相关肌肉的收缩和控制有关,其观点基于脑卒中后偏瘫患者下肢与运动有关的肌肉疲劳度会增加^[30]。VIL-LA-PARRA 等^[31]对 3 例脑卒中后偏瘫患者运用单侧主动式膝关节矫形器进行治疗,使用传感器收集患者步行时的关节角度变化数据,结果显示,患者佩戴矫形器后患侧膝关节在步态周期内的摆动次数和角度均有所减少,提示患侧膝关节在步行时的支撑能力得到提高。目前,3D 踝足矫形器的设计与研究属于矫

形器领域的前沿技术。CHO 等^[32]使用 3D 踝足矫形器对 3 例脑卒中后偏瘫患者进行治疗时发现,3D 踝足矫形器对患者存在积极的长期影响,能提高患侧肌肉在站立和摆动阶段的肌肉效率,可达到改善患者步态周期和站姿时间对称性的目的,且 3D 踝足矫形器的佩戴更加美观、轻便、灵活。但是,3D 踝足矫形器存在稳定性不足、患者自我佩戴时会存在不舒适等问题,需要得到进一步改善。

2.1.3 对步行参数的影响 佩戴踝足矫形器可改善脑卒中后偏瘫患者步行速度、频率、步长、步幅、身体摆动次数等步行参数^[33]。林替^[34]在临床研究中利用步态分析仪对比分析了佩戴和未佩戴踝足矫形器患者进行康复治疗后的参数变化情况,结果显示,佩戴组步长、步速、步频参数高于未佩戴组,步宽窄于未佩戴组。SHIHOMI 等^[35]研发了一种可以连接到传统膝踝足矫形器的装置,其可用于控制患者膝关节,并在适当的时间内自动辅助膝关节的屈曲和伸展运动。该研究对 17 例脑卒中后偏瘫患者 10 m 步态时间、步数、步态期间下肢肌肉活动情况进行分析,结果显示,佩戴装置后患者在步态性能方面得到改善。CHEN 等^[36]选用缓冲式的膝关节矫形器对 9 例脑卒中后偏瘫患者进行步态分析,利用 Orthotrak 系统获取患者时空参数和运动学参数,结果显示,佩戴前后患者在步长、步速、步频等方面无显著改变,但在患者主观感受和膝过伸症状改善方面具有显著效果。

2.2 对平衡能力的影响 平衡能力是机体在任何姿势下完成日常活动的基础。有研究证实,脑卒中后 3 个月,患者偏瘫侧肌肉力量经常会出现下降,从而导致平衡能力下降和步态不对称,增加跌倒风险^[37]。颜婷婷等^[38]在研究中发现,患者在佩戴踝足矫形器后,身体和患侧下肢稳定性加,身体平衡能力提升。TH-ITITHUNWARAT 等^[39]发明了一种改良的弹力带式踝足矫形器,矫形器上的松紧带改变了患侧下肢在站立阶段和摆动阶段的比例,可达到改善偏瘫患者患侧下肢平衡能力的目的。CHEN 等^[40]采用 Berg 平衡量表(BBS)对 16 例接受机器人辅助步态矫形器联合常规物理治疗的患者(研究组)和 16 例接受单独物

理治疗的患者(对照组)进行评估,结果显示,2 组 BBS 评分均有所改善,但研究组平衡功能改善更明显,其在跑步机上的运动速度有所提高。

2.3 对下肢肌力和肌张力的影响 目前,关于矫形器与脑卒中后偏瘫的肌电活动的研究多集中于上肢,针对矫形器与下肢肌电活动的研究较少见。未来,该方面的研究需要进一步加深,以便为脑卒中后存在下肢功能障碍的患者选择下肢矫形器提供更多理论依据。

2.3.1 对下肢肌力的影响 有研究表明,使用踝足矫形器可能会导致胫骨前肌的废弃性萎缩^[41]。但 NIKAMP 等^[42]让患者佩戴踝足矫形器 26 周后发现,亚急性脑卒中患者长期使用踝足矫形器对胫骨前肌活动无任何负面影响。MURAYAMA 等^[41]研究发现,19 例脑卒中恢复阶段的患者使用踝足矫形器后,胫骨前肌的活动比例显著增加,提示踝足矫形器有助于胫骨前肌肌力的恢复。此外,MURAYAMA 等^[43]还发现,可调式膝踝足矫形器可能会增加股内侧肌从负荷反应到中立位的肌肉活动比,从而促进股内侧肌肌力的恢复。

2.3.2 对下肢肌张力的影响 2017 年,TAMBU-RELLA 等^[44]通过试验得出,使用感应式踝足矫形器有利于脑卒中后下肢痉挛的治疗,其可降低下肢肌张力。VILLA-PARRA 等^[31]应用对比研究得出相同的结论,即患者佩戴矫形器后肌肉的疲劳性显著降低。YAMAMOTO 等^[45]研究显示,通过增加踝足矫形器的跖屈阻力,能够降低胫骨前肌的肌肉力量。但该研究存在样本量太少的问题。

2.4 对日常生活活动能力的影响 早期佩戴膝踝足矫形器可能对脑卒中患者日常生活活动能力的改善产生积极影响。SATO 等^[46]将 112 例患者分为早期佩戴组和延迟佩戴组进行研究时发现,早期佩戴膝踝足矫形器的患者出院时功能独立性量表评分高于延迟佩戴的患者。但是由于目前已发表的病例报告数量有限,且存在不可避免的发表偏倚,所以无法得出更为明确的结论^[47]。因此,希望在未来能有更多研究介入该方向,以便为下肢矫形器的治疗有效性建立更科学的证据。

2.5 对心理的影响 机器人步态矫形器的运用能够增加脑卒中后偏瘫患者在步行时的信心。YEUNG 等^[48]开发了一种新型便携式机器人辅助踝足矫形器,其可以在步态训练的摆动阶段提供主动动力踝关节辅助。该研究对 19 例踝关节运动障碍的慢性脑卒中患者进行为期约 5 周的 20 次机器人辅助步态训练,结果显示,机器人辅助踝足矫形器不仅诱导了步态模式的变化,改善了步态独立性,并且帮助脑卒中后偏瘫患者建立了接受自身体重的信心。对于平衡功能

方面,在步态训练时加入机器人步态矫形器能增加脑卒中后偏瘫患者的平衡置信度。BANG 等^[49]研究认为,机器人步态矫形器辅助的体重支持跑步机训练是恢复患者对称步态模式的有用工具,其在改善脑卒中后偏瘫患者的平衡信心方面更有效。踝足矫形器的运用同样也能提高脑卒中后偏瘫患者的平衡置信度,POURHOSEINGHOLI 等^[50]采用新设计的踝足矫形器运对 15 例脑卒中后足下垂患者进行治疗后得出同样结论。

2.6 新型矫形器在脑卒中后偏瘫康复中的应用 临床上,康复机器人是一种先进的、很有前景的辅助手段。为了解决康复机器人需要监护人或治疗师监督的问题,更好地提高患者日常生活适应能力,下肢康复机器人辅助治疗正朝着可穿戴式动力外骨骼的方向发展^[51]。在临床实践中,下肢外骨骼机器人具有提高患者步行能力、矫正异常步态、提高平衡功能的作用。WIŚNIEWSKA-SZURLEJ 等^[52]通过试验证明,下肢外骨骼可以改善脑卒中患者步态和功能状态,且耐受性良好,其在改善康复结果方面具有潜力。通过与康复医学、人工智能、虚拟现实、自动控制技术、传感技术等多个学科交叉,下肢外骨骼机器人的使用能带给患者更高效、舒适的康复体验。然而,目前国内普遍使用的康复机器人大多采用刚性材料,其重量较重,结构也较为复杂,不利于患者穿脱,也不具有便利性,且经济成本较高^[53]。未来,柔性可穿戴技术、脑-机接口技术和物联网技术将成为康复机器人的主要发展方向,这些技术的突破不仅可以带来一种更便捷、舒适的康复体验,也将会优化医疗资源配置,创新居家康复新模式。2021 年,BARRIA 等^[54]通过试验证实,佩戴基于脑-机接口的踝关节外骨骼的脑卒中患者通过想象 1 次足背屈的动作能够主动完成 1 次足背屈运动,且就患者的主观感受而言,该技术是可行的,但仍然需要更深入和长期的评估来监测肌肉和大脑活动之间的相关性,以获得神经可塑性诱导的证据。

3 小 结

近些年来,下肢矫形器在脑卒中后偏瘫患者的康复治疗中的应用越来越受到重视,其不仅有助于患者步态的恢复,还能辅助患者进行各项日常生活活动,对于患者站立和步行时自信心的建立也有效果。然而,目前的矫形器仍然存在许多不足,如被动式的膝关节矫形器限制了患者的关节活动范围,给患者日常功能性活动造成不便;主动式矫形器价格昂贵,需要专业技术人员定期对矫形器进行调适等。未来需继续寻找轻便且成本低、来源广泛的原材料融入被动式矫形器的制作流程,减轻其重量。同时,改良被动式矫形器的穿戴方式,方便患者日常穿脱。对于主动式

矫形器,需继续探索持久且危险系数低的动力装置。同时,需注重治疗师工程知识的培养,这样有助于治疗师指导患者选择和应用合适的矫形器。另外,下肢矫形器对脑卒中后偏瘫患者下肢肌力、肌张力及心理活动的影响仍然是今后需要探究的方向。

参考文献

- [1] GEERARS M, MINNAAR-VAN DER FEEN N, HUISSTEDE B. Treatment of knee hyperextension in post-stroke gait: A systematic review[J]. *Gait Posture*, 2022, 91: 137-148.
- [2] 《中国脑卒中防治报告》编写组.《中国脑卒中防治报告 2020》概要[J]. *中国脑血管病杂志*, 2022, 19(2): 136-144.
- [3] TU W J, WANG L D, Special Writing Group of China Stroke Surveillance Report. China stroke surveillance report 2021 [J]. *Mil Med Res*, 2023, 10(1): 33.
- [4] LAHIFF C A, RAMAKRISHNAN T, KIM S H, et al. Knee orthosis with variable stiffness and damping that simulates hemiparetic gait [J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2016, 2016: 2218-2221.
- [5] DAREKAR A, MCFADYEN B J, LAMONTAGNE A, et al. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: A scoping review[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12: 46.
- [6] CUI Y X, CHENG S H, CHEN X W, et al. Advances in the clinical application of orthotic devices for stroke and spinal cord injury since 2013[J]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1108320.
- [7] 辛玉甫, 荣姗姗, 尤爱民, 等. 脑卒中偏瘫临床应用的支具材料: 种类及其生物相容性[J]. *中国组织工程研究*, 2015, 19(30): 4887-4891.
- [8] 张自全. 主动式膝过伸康复外骨骼的设计与分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2021.
- [9] 王建晖. 可调式膝关节矫形器对脑卒中偏瘫患者膝过伸的影响[J]. *中国康复*, 2016, 31(3): 195-196.
- [10] 何凤翔, 谢文龙, 徐艳. 可调式膝关节支具不同角度对脑卒中患者步行能力的影响[J]. *浙江中西医结合杂志*, 2018, 28(6): 487-488.
- [11] 何凤翔, 谢文龙, 李建有, 等. 可调式膝关节支具对老年脑卒中患者膝过伸的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(3): 631-632.
- [12] 李鹏程, 陈奇刚, 耿春梅, 等. 踝足矫形器在脑卒中的应用[J]. *中国康复*, 2019, 34(2): 98-100.
- [13] 王希瑞, 张静, 孙杰, 等. 可调节踝足矫形器配合针灸对脑出血偏瘫患者足畸形及步行能力的影响[J]. *中国康复*, 2019, 34(10): 518-520.
- [14] 李丽娜. 电动站立床联合踝足矫形器治疗脑卒中下肢伸肌痉挛的临床分析[J]. *中国医疗器械信息*, 2023, 29(15): 116-118.
- [15] 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.
- [16] 黄美玲, 杨万章, 范佳进, 等. 早期使用踝足矫形器对脑卒中偏瘫患者步行功能影响的表面肌电信号研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(5): 446-450.
- [17] 苏盼盼, 孟殿怀. 踝足矫形器对老年脑卒中偏瘫病人平衡和步态的影响[J]. *实用老年医学*, 2022, 36(8): 833-837.
- [18] 李哲, 郭钢花, 白蓉, 等. 动态式踝足矫形器对偏瘫患者步行能力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22(11): 1018-1019.
- [19] 任武, 袁志垚, 杨秀如, 等. 可调式踝足矫形器结构设计和临床应用研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(3): 377-380.
- [20] MAESHIMA S, OKAMOTO S, OKAZAKI H, et al. Lower limb orthotic therapy for stroke patients in a rehabilitation hospital and walking ability at discharge[J]. *Int J Phys Ther Rehab*, 2017, 3: 136.
- [21] 邵明璐, 孟宪忠, 任敏, 等. 3D 打印膝踝足矫形器改善早期脑卒中患者步行功能的研究[J]. *神经病学与神经康复学杂志*, 2021, 17(3): 104-110.
- [22] 林志伟, 练振坚, 符俏. 膝踝足矫形器对完全性脊髓损伤患者的康复作用[J]. *海南医学*, 2013, 24(10): 1465-1467.
- [23] FATON E, STEFANI A. A review of the literature pertaining to KAFOs and HKAFOs for ambulation[J]. *J Prosthet Orthot*, 2006, 18: P137-P168.
- [24] ZANCAN A, BERETTA M V, SCHMID M, et al. A new hip-knee-ankle-foot sling: Kinematic comparison with a traditional ankle-foot orthosis[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2004, 41(5): 707-712.
- [25] 张烜, 封硕, 陈瑱贤, 等. 一种液体弹簧式自身力源膝关节助力矫形器的设计思路与生物力学分析[J]. *生物医学工程学杂志*, 2022, 39(6): 1199-1208.

- [26] 王建晖. 膝控制矫形器对老年脑卒中后下肢功能障碍患者康复疗效观察[J]. 中国医学工程, 2015, 23(9):100-101.
- [27] LING H, GUO H, ZHOU H, et al. Effect of a rigid ankle foot orthosis and an ankle foot orthosis with an oil damper plantar flexion resistance on pelvic and thoracic movements of patients with stroke during gait[J]. Biomed Eng Online, 2023, 22(1):9.
- [28] ADEGOKE B O A, OLANIYI O, AKOSILE C O. Weight bearing asymmetry and functional ambulation performance in stroke survivors[J]. Glob J Health Sci, 2012, 4(2):87-94.
- [29] 朱琳, 刘洋, 刘元旻, 等. 脑卒中患者常用下肢辅助设备干预下步态分析的对比研究[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(7):901-906.
- [30] SHAHAR N, SCHWARTZ I, PORTNOY S. Differences in muscle activity and fatigue of the upper limb between task-specific training and robot assisted training among individuals post stroke[J]. J Biomech, 2019, 89:28-33.
- [31] VILLA-PARRA A C, LIMA J, DELISLE-RODRIGUEZ D, et al. Assessment of an assistive control approach applied in an active knee orthosis plus walker for post-stroke gait rehabilitation[J]. Sensors(Basel), 2020, 20(9):2452.
- [32] CHO J E, SEO K J, HA S, et al. Effects of community ambulation training with 3D-printed ankle-foot orthosis on gait and functional improvements: A case series of three stroke survivors[J]. Front Neurol, 2023, 14:1138807.
- [33] CHOO Y J, CHANG M C. Effectiveness of an ankle-foot orthosis on walking in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):15879.
- [34] 林蕾. 踝足矫形器对脑卒中患者足尖离地时步态参数的影响分析[J]. 内蒙古中医药, 2018, 37(12):92.
- [35] SHIHOMI K, KOJI O, TADAO T, et al. Development of new rehabilitation robot device that can be attached to the conventional knee-ankle-foot-orthosis for controlling the knee in individuals after stroke[J]. IEEE Int Conf Rehabil Robot, 2017, 2017:304-307.
- [36] CHEN Z B, XIAN Z X, CHEN H Z, et al. Immediate effects of a buffered knee orthosis on gait in stroke patients with knee hyperextension[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2023, 36(2):445-454.
- [37] NEWHAM D J, HSIAO S F. Knee muscle isometric strength, voluntary activation and antagonist co-contraction in the first six months after stroke[J]. Disabil Rehabil, 2001, 23(9):379-386.
- [38] 颜婷婷, 李建华. 脑卒中患者佩戴踝足矫形器前后下肢表面肌电信号变化特征的研究[C]//中国康复医学会第十四次脑血管病康复学术会议暨中华中医药学会第九次养生康复学术会议, 2011:22.
- [39] THITITHUNWARAT N, KRITYAKIARANA W, KHEOWSRI S, et al. The effect of a modified elastic band orthosis on gait and balance in stroke survivors[J]. Prosthet Orthot Int, 2023, 47(5):466-472.
- [40] CHEN S C, KANG J H, PENG C W, et al. Adjustable parameters and the effectiveness of adjunct robot-assisted gait training in individuals with chronic stroke[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(13):8186.
- [41] MURAYAMA M, YAMAMOTO S. Gait and muscle activity changes in patients in the recovery phase of stroke with continuous use of ankle-foot orthosis with plantarflexion resistance[J]. Prog Rehabil Med, 2020, 5:20200021.
- [42] NIKAMP C, BUURKE J, SCHAAKE L, et al. Effect of long-term use of ankle-foot orthoses on tibialis anterior muscle electromyography in patients with sub-acute stroke: A randomized controlled trial[J]. J Rehabil Med, 2019, 51(1):11-17.
- [43] MURAYAMA M. Knee joint movement and muscle activity changes in stroke hemiplegic patients on continuous use of knee-ankle-foot orthosis with adjustable knee joint[J]. J Phys Ther Sci, 2021, 33(4):322-328.
- [44] TAMBURELLA F, MORENO J C, IOSA M, et al. Boosting the traditional physiotherapist approach for stroke spasticity using a sensorized ankle foot orthosis: A pilot study [J]. Top Stroke Rehabil, 2017, 24(6):447-456.
- [45] YAMAMOTO M, SHIMATANI K, HASEGAWA M, et al. Effects of altering plantar flexion resistance of an ankle-foot orthosis on muscle force and kinematics during gait training[J]. J

Electromyogr Kinesiol, 2019, 46: 63-69.

[46] SATO K, INOUE T, MAEDA K, et al. Early wearing of knee-ankle-foot orthosis improves functional prognosis in patients after stroke [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2022, 31 (3): 106261.

[47] KOBAYASHI E, HIRATSUKA K, HARUNA H, et al. Efficacy of knee-ankle-foot orthosis on functional mobility and activities of daily living in patients with stroke: a systematic review of case reports [J]. J Rehabil Med, 2022, 54: jrm00290.

[48] YEUNG L F, OCKENFELD C, PANG M K, et al. Randomized controlled trial of robot-assisted gait training with dorsiflexion assistance on chronic stroke patients wearing ankle-foot-orthosis[J]. J Neuroeng Rehabil, 2018, 15(1): 51.

[49] BANG D H, SHIN W S. Effects of robot-assisted gait training on spatiotemporal gait parameters and balance in patients with chronic stroke: A randomized controlled pilot trial[J]. NeuroRehabilitation, 2016, 38(4): 343-349.

[50] POURHOSEINGHOLI E, SAEEDI H. Role of the newly designed ankle foot orthosis on balance related parameters in drop foot post stroke patients[J]. J Bodyw Mov Ther, 2021, 26: 501-504.

[51] 李勇强, 张霞, 邱怀德, 等. 下肢康复机器人用于治疗中枢神经损伤的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(7): 1012-1016.

[52] WIŚNIEWSKA-SZURLEJ A, WOŁOSZYN N, BR-OŻONOWICZ J, et al. Enhanced rehabilitation outcomes of robotic-assisted gait training with EksoNR lower extremity exoskeleton in 19 stroke patients[J]. Med Sci Monit, 2023, 29: e940511.

[53] 陈芳, 黄俊豪, 吴文杰, 等. 下肢外骨骼机器人在脑卒中患者功能康复中应用进展[J]. 中国康复, 2023, 38(4): 243-247.

[54] BARRIA P, PINO A, TOVAR N, et al. BCI-Based control for ankle exoskeleton T-FLEX: comparison of visual and haptic stimuli with stroke survivors[J]. Sensors (Basel), 2021, 21 (19): 6431.

(收稿日期: 2023-12-20 修回日期: 2024-04-11)

(上接第 2616 页)

[22] GONZALEZ-FARRE B, RAMIS-ZALDIVAR J E, CASTREJÓN DE ANTA N, et al. Intravascular large B-Cell lymphoma genomic profile is characterized by alterations in genes regulating NF-κB and immune checkpoints[J]. Am J Surg Pathol, 2023, 47(2): 202-211.

[23] SCHRADER A M R, JANSEN P M, WILLEMZE R, et al. High prevalence of MYD88 and CD79B mutations in intravascular large B-cell lymphoma[J]. Blood, 2018, 131(18): 2086-2089.

[24] SUZUKI Y, KOHNO K, MATSUE K, et al. PD-L1 (SP142) expression in neoplastic cells predicts a poor prognosis for patients with intravascular large B-cell lymphoma treated with rituximab-based multi-agent chemotherapy [J]. Cancer Med, 2020, 9(13): 4768-4776.

[25] KLAIRMONT M M, CHENG J J, MARTIN M G, et al. Recurrent cytogenetic abnormalities in intravascular large B-Cell lymphoma[J]. Am J Clin Pathol, 2018, 150(1): 18-26.

[26] MORIGI A, STEFONI V, ARGNANI L, et al. Intravascular large b-cell lymphoma successfully treated with autologous transplantation[J]. Clin Lymphoma Myeloma Leuk, 2021, 21 (8): e678-e679.

[27] KATO K, MORI T, KIM S W, et al. Outcome of patients receiving consolidative autologous peripheral blood stem cell transplantation in the frontline treatment of intravascular large B-cell lymphoma: Adult lymphoma working group of the japan society for hematopoietic cell transplantation [J]. Bone Marrow Transplant, 2019, 54(9): 1515-1517.

(收稿日期: 2023-12-26 修回日期: 2024-03-21)