

# 等速技术在脑卒中后康复中的应用进展

丛维琴,张广渊,姜林鸿,齐瑞

**摘要** 脑卒中后运动功能障碍一直是神经康复中的热点和难点。近年来,等速技术在脑卒中患者肌力、肌张力评定以及肌力训练中的研究也逐渐增多。本文回顾国内外文献,对等速技术在脑卒中康复中的应用进展进行总结。

**关键词** 等速肌力训练;脑卒中;运动功能障碍

**中图分类号** R741;R493;R743.3 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20220111

**本文引用格式:**丛维琴,张广渊,姜林鸿,齐瑞.等速技术在脑卒中后康复中的应用进展[J].神经损伤与功能重建,2023,18(11):673-675.

**Progress of Isokinetic Technique in Rehabilitation after Stroke** CONG Weiqin, ZHANG Guangyuan, JIANG Linhong, QI Rui. Yueyang Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Affiliated to Shanghai University of Tradiontional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China

**Abstract** Post-stroke motor dysfunction has always been a hot and difficult topic in neurological rehabilitation. In recent years, research on isokinetic techniques in assessing muscle strength, muscle tone, and muscle strength training in stroke patients has gradually increased. This article reviews domestic and foreign literature and summarizes the progress of isokinetic technology in stroke rehabilitation.

**Keywords** isokinetic muscle strength training; stroke; motor dysfunction

脑卒中作为最常见的神经系统疾病,患者常伴有运动、言语、认知、吞咽等多方面的功能障碍。目前脑卒中已经成为我国成人致死和致残的首位病因<sup>[1]</sup>,其中,卒中后运动功能障碍最为常见,且对患者及家庭造成的影响最为广泛。其中,等速肌力训练技术作为一项肌力评定与训练技术,也逐渐运用到卒中后偏瘫患者的康复中。

## 1 等速技术相关概念

等速肌力训练技术是一种角速度恒定的抗阻训练技术,兼有等张收缩和等长收缩的优点<sup>[2]</sup>。等速运动时,肢体关节运动的速度是固定的,主观用力只会提高肌张力,而不会产生加速度;与此同时,等速设备会依据主观用力的大小反馈相应的阻力,即顺应性阻力,使肌肉产生最大的张力和力矩输出。

在等速技术的所有评价指标中,峰力矩(peak torque, PT)是各个参数中稳定性最好,信度和效率最高的指标,它反映的是肌肉收缩过程中的最大力矩输出;屈伸肌峰力矩比值(flexors to extensors ration, F/E)在判断关节稳定性中具有重要意义,它反映了关节活动中拮抗肌群之间的肌力平衡情况,通常在低速下测量更为精确。正常人慢速运动时(60°/s),H/Q约为60%~70%。此外,力矩加速能(torque acceleration energy, TAE)反映了肌肉收缩的爆发力,平均功率(average power, AP)反映肌肉做功的效率,均在临床康复评定与康复治疗中具有指导作用。

早期研究认为,等速训练提高肌力是通过神经调节与生化调节实现的。其中,神经调节机制通过

促进神经活动的改善运动单位协调性和同步性<sup>[3]</sup>,增加运动单位募集,提高肌力;生化调节机制则是运动过程中肌肉肌糖原和线粒体酶增加<sup>[4]</sup>,进而提高肌力。近些年来,国内外学者在等速训练提高肌力机制方面的研究则较少。

## 2 等速技术在脑卒中后康复中的应用

传统观念认为,脑卒中患者上运动神经元受损后肌力下降是由拮抗肌痉挛引起的,此时进行肌力训练可能会加重痉挛,诱发异常运动模式。因此,早期等速技术在脑卒中后康复中的应用较少。随着对脑卒中研究的深入及康复观念的逐步转变,越来越多的研究证实,等速肌力训练可以在不加重肌肉痉挛、肌张力的同时提高脑卒中患者肌力,改善神经肌肉的控制能力<sup>[5]</sup>。

### 2.1 等速技术在功能评估中的应用

等速技术在神经系统方面的应用多集中在痉挛和偏瘫运动功能的评定<sup>[6]</sup>。它可以通过评估多种肌肉收缩模式下的肌力状况,精确量化静动态肌力和耐力。

痉挛评定:等速肌力测试系统通过测量被动运动中的阻力进行痉挛评定。杨今姝等<sup>[7]</sup>根据摆动试验原理,以摆动曲线第一波的幅度(A1)、摆动次数(F)、摆动时间(T)、放松指数(R1)、幅度比(R2)为量化指标进行肌痉挛量化评定,结果表明等速测试系统结果与Ashworth量表法所测结果有着良好的相关性。Starsky等<sup>[8]</sup>的临床研究指出,在痉挛评定时,为使评估的指标信度达到90%以上,需要进行至

**作者单位**

上海中医药大学  
附属岳阳中西医结合医院

上海 200437

**收稿日期**

2022-01-11

**通讯作者**

齐瑞

qirui36@126.com

少2 d、每天3次的等速测试。

肌力评定:等速肌力测试系统能够测定肌肉在关节活动的各个角度的肌力情况,并通过多重指标反映出来,通过等速研究还发现,和健康人相比,脑卒中患者非偏瘫侧的肌力也表现出一定的损伤<sup>[9]</sup>。这也为未来进一步研究如何优化运动计划以提高肌力有着重要的指导意义。

国内外学者就等速技术评价痉挛程度和肌力情况的信度和效度问题也展开了一系列的研究<sup>[10]</sup>。Dehkordi等<sup>[11]</sup>在对偏瘫侧膝关节进行等速测试时发现峰力矩的信度达0.85~0.98,证明峰力矩是对伸膝与屈膝肌肉肌力极为可信的评测指标。而Hsu等<sup>[12]</sup>又认为,等速测试的信度又受到患者肌力及等速测试时角速度的影响。Rabelo等<sup>[13]</sup>通过Meta分析得出用等速肌力测试脑卒中患者患侧和健侧上下肢肌力的信度为高到极高,即使患者存在痉挛,其测量结果也可靠。

## 2.2 等速技术在卒中后下肢运动功能康复中的应用

膝关节伸肌力量在日常生活活动中起着重要作用,在健康人群和脑卒中患者中,膝关节伸肌都表现出内在的一致性,因此,膝关节等速训练在脑卒中患者运动功能康复中应用最早也最广泛<sup>[14]</sup>。多数学者认为,卒中后膝过伸与屈膝肌群和伸膝肌群肌力失衡有关,等速肌力训练可在提升膝关节屈伸肌群肌力的基础上,使拮抗肌肌群与主动肌比值接近正常状态。从而提高膝关节的稳定性和平衡能力。段好阳等<sup>[15]</sup>通过比较不同比值屈伸肌力的等速训练对纠正卒中后膝过伸的影响,结果显示接受中间比值(0.7~0.9)训练的患者对改善膝关节功能及下肢运动功能的疗效最佳。Büyükvural Şen等<sup>[16]</sup>通过对比单双侧膝关节等速肌力训练发现,双侧等速训练患者治疗后在PT值、生活质量、步态平衡功能等方面较前有明显改善,且双侧等速运动组的改善幅度更大。

聂志强等<sup>[17]</sup>通过观察患侧髋关节及躯干的屈伸肌等速肌力训练发现,治疗组髋关节和躯干的屈伸肌PT和TW值较治疗前明显增加,且优于对照组;髋、膝和踝关节的屈伸角度、步长和触地时长等指标也优于对照组。同时也探讨了下肢功能改善的两点可能的机制:第一,等速训练增强了躯干的稳定性和下肢交替运动的协调性,从而促进脑的功能重建<sup>[18]</sup>;第二,治疗过程中髋关节和躯干的主动和被动运动,有助于新的感觉通路的形成,促进了下肢神经功能的恢复<sup>[19]</sup>。张义发等<sup>[20]</sup>、田蕾等<sup>[21]</sup>通过对踝关节等速训练的研究发现,等速运动可改善患者跖屈肌群的肌力,对踝关节稳定性的提高有着重要意义。

## 2.3 等速技术在卒中后上肢运动功能康复中的应用

等速技术在卒中后上肢功能康复中的研究相对较少,齐瑞等<sup>[22]</sup>通过比较不同角速度下的脑卒中患者肘关节等速运动,发现患侧肘关节屈伸肌肌力、肌肉耐力、肌肉做功效率均较对侧降低,而伸肌侧下降更明显,提示脑卒中后偏瘫上肢应以训练伸肌肌力为主,李雅薇等<sup>[23]</sup>研究结果也证实这一点。朱小云等<sup>[24]</sup>在临床研究中发现,等速肌力训练可以改善脑卒中偏瘫患者上肢肘关节屈伸肌肌力,进而改善上肢运动功能,提高患者日常生活活动能力。同时,等速训练还可以通过视觉反馈调节肌肉收缩,

缓解痉挛。李然等<sup>[25]</sup>对等速训练的频度和强度作了进一步规范,通过对偏瘫患者肩关节功能的研究也肯定了等速训练对肩关节功能改善的疗效,影像学的表现也说明等速训练不会产生额外的损伤。

## 2.4 等速技术在卒中后肺功能康复中的应用

相关研究表明,卒中后患者进行呼吸强化训练可提高患者躯干稳定性,改善步态<sup>[26]</sup>,但目前卒中后肺功能康复一直没有得到重视和推广。郭凯锋等<sup>[27-30]</sup>研究表明,在常规康复基础上分别施加单纯等速训练、单纯有氧运动和等速训练联合有氧运动后,三组患者在肺功能、等速指标及运动功能评分上均较治疗前有所改善,且联合组FEV1、FVC、PEF、FMA等指标上的改善效果明显优于两个对照组。这是因为患者肺功能的康复和运动功能的康复是相辅相成的,患者偏瘫侧呼吸肌的功能会受到运动功能的影响,运动功能改善、肌力提高的同时可以促进肺功能的改善;呼吸训练则可以增强呼吸肌的肌力和耐力,提高核心肌群的力量和躯干控制能力,进一步改善运动功能。此外,心肺功能增强,骨骼肌血流量也会得到改善<sup>[31]</sup>,从而提高肢体运动的耐力。

## 2.5 等速技术与其他技术结合有着广泛的应用

赵一瑾等<sup>[32]</sup>、冶琴等<sup>[33]</sup>将等速技术与虚拟现实技术结合,探讨了等速肌力训练技术联合虚拟现实技术的临床疗效,研究结果表明联合疗法能明显提高脑卒中偏瘫患者的肌力情况,改善运动功能和日常生活活动能力,但二者的不足之处均在于方案中探讨的是等速肌力技术与虚拟现实技术的联合疗效,未从单一因素进一步分析,这也是后续临床方案设计时需要改进、完善的部分。马俊杰等<sup>[34]</sup>在治疗卒中后膝过伸患者时,对照组予等速肌力训练及常规康复治疗,观察组则在对照组基础上结合GaitWatch三维步态分析与运动训练,使患者的步长、步频等数据能够实时被监测,进而动态调整运动参数,诱发运动感觉器官信号的输入与输出,同时改变运动姿势,有效拉伸痉挛肌。治疗后观察组在步态参数及下肢运动功能上较对照组均有着较大改善。

下肢康复机器人将负重、迈步和平衡三者结合,通过刺激关节肌肉本体感受器促进本体感觉<sup>[35]</sup>,舒国建等<sup>[36]</sup>将下肢康复机器人与等速肌力训练技术结合,证实了结合训练对脑卒中患者下肢功能改善的优效性。

## 3 小结与展望

等速肌力测试所具有的高信度、高效度使其更好地运用在肌肉痉挛、肌肉力量的评价上,进而指导康复训练。同时等速肌力训练所具备的恒定角速度、顺应性阻力的特点保证患者在训练不会产生爆发式加速运动,这种运动模式不会加重患者肌肉痉挛,不会造成肌肉关节损伤,安全而有效。

不过,目前尚未达成卒中后偏瘫患者等速肌力训练的统一定义,不同医师或治疗师在设置训练的角速度、频率时都存在很大的差异。同时等速肌力训练对患者的认知能力、残存肌力都有一定要求。

## 参考文献

- [1] 《中国卒中防治报告》编写组.《中国卒中防治报告2019》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2020, 17: 272-281. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2020.05.008.
- [2] Chen CL, Chang KJ, Wu PY, et al. Comparison of the Effects between Isokinetic and Isotonic Strength Training in Subacute Stroke Patients[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2015, 24: 1317-1323. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.02.002.
- [3] Sale DG. Neural adaptation to resistance training[J]. Med Sci Sports Exerc, 1988, 20: S135-S145. DOI:10.1249/00005768-198810001-00009.
- [4] Scharf HP, Eckhardt R, Maurus M, et al. Metabolic and hemodynamic changes during isokinetic muscle training: A controlled clinical trial[J]. Int J Sports Med, 1994, 15: S56-S59. DOI: 10.1055/s-2007-1021111.
- [5] 杨华中, 吴莹莹, 周永生, 等. 等速肌力训练对卒中偏瘫患者下肢功能恢复的影响[J]. 中国康复, 2015, 30: 94-97. DOI:10.3870/zgkf.2015.02.004.
- [6] Karthikbabu S, Chakrapani M, Ganeshan S, et al. A review on assessment and treatment of the trunk in stroke: A need or luxury[J]. Neural Regen Res, 2012, 7: 1974-1977. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5374.2012.25.008.
- [7] 杨今姝, 纪树荣. 等速肌力测试训练仪量化评定肌痉挛[J]. 中国康复, 2000, 15: 75-77. DOI: 10.3870/j.issn.1001-2001.2000.02.005.
- [8] Starsky AJ, Sangani SG, McGuire JR, et al. Reliability of biomechanical spasticity measurements at the elbow of people poststroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2005, 86: 1648-1654. DOI: 10.1016/j.apmr.2005.03.015.
- [9] Kristensen OH, Stenager E, Dalgas U. Muscle Strength and Poststroke Hemiplegia: A Systematic Review of Muscle Strength Assessment and Muscle Strength Impairment[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2017, 98: 368-380. DOI: 10.1016/j.apmr.2016.05.023.
- [10] Pontes SS, de Carvalho ALR, Almeida KO, et al. Effects of isokinetic muscle strengthening on muscle strength, mobility, and gait in post-stroke patients: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Rehabil, 2019, 33: 381-394. DOI: 10.1177/0269215518815220.
- [11] Dehkordi SN, Talebian S, Olyaei G, et al. Reliability of isokinetic normalized peak torque assessments for knee muscles in post-stroke hemiparesis[J]. Gait Posture, 2008, 27: 715-718. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.07.013.
- [12] 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: 1130-1137. DOI: 10.1053/apmr.2002.33652.
- [13] Rabelo M, Nunes GS, da Costa Amante NM, et al. Reliability of muscle strength assessment in chronic post-stroke hemiparesis: a systematic review and meta-analysis[J]. Top Stroke Rehabil, 2016, 23: 26-36. DOI: 10.1179/1945511915Y.0000000008.
- [14] Clark DJ, Condliffe EG, Patten C. Reliability of concentric and eccentric torque during isokinetic knee extension in post-stroke hemiparesis[J]. Clin Biomech, 2006, 21: 395-404. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.11.004.
- [15] 段好阳, 李贞兰, 吕福现, 等. 不同屈膝肌群和伸膝肌群肌力比值的等速肌力训练治疗卒中后膝过伸的疗效评价[J]. 吉林大学学报: 医学版, 2021, 47: 6. DOI: 10.13481/j.1671-587X.20210626.
- [16] Büyükvural Şen S, Özbudak Demir S, Ekiz T, et al. Effects of the 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: 16871-16879.
- [17] 聂志强, 张灵虎, 门艳军, 等. 等速肌力训练对卒中患者步行功能的影响[J]. 中国康复, 2020, 35: 4. DOI: 10.3870/zgkf.2020.06.005.
- [18] Park JH, Shin JH, Lee H, et al. Alterations in intermuscular coordination underlying isokinetic exercise after a stroke and their implications on neurorehabilitation[J]. J Neuroeng Rehabil, 2021, 18: 110. DOI: 10.1186/s12984-021-00900-9.
- [19] Yom C, Cho HY, Lee B. Effects of virtual reality-based ankle exercise on the dynamic balance, muscle tone, and gait of stroke patients[J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27: 845-849. DOI: 10.1589/jpts.27.845.
- [20] 张义发, 田蕾, 黄春萌, 等. 等速训练对卒中偏瘫患者踝关节屈肌力的影响[J]. 按摩与康复医学, 2020, 11: 3. DOI: 10.19787/j.issn.1008-1879.2020.09.008.
- [21] 田蕾, 张义发, 黄春萌, 等. 踝关节等速肌力训练对改善偏瘫患者平衡能力的影响[J]. 按摩与康复医学, 2019, 10: 3. DOI: 10.19787/j.issn.1008-1879.2019.17.01.
- [22] 齐瑞, 严隽陶, 房敏, 等. 卒中偏瘫患者肘关节屈伸肌等速肌力测试研究[J]. 中国康复医学杂志, 2007: 58-59. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2007.01.017.
- [23] 李雅薇, 黄宇涛, 王坤. 等速肌力训练对卒中后上肢功能障碍患者上肢运动功能的影响[J]. 心血管康复医学杂志, 2020, 29: 137-141. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0074.2020.02.02.
- [24] 朱小云. 等速肌力训练对卒中偏瘫患者上肢运动能力及步行能力的影响[D]. 扬州大学.
- [25] 李然, 张宗敏, 李晓梅. 等速肌力训练联合常规康复治疗对偏瘫患者肩关节功能恢复的疗效分析[J]. 医学食疗与健康, 2021, 19: 64-67, 150.
- [26] Jung KM, Bang DH. Effect of inspiratory muscle training on respiratory capacity and walking ability with subacute stroke patients: a randomized controlled pilot trial[J]. J Phys Ther Sci, 2017, 29: 336-339. DOI: 10.1589/jpts.29.336.
- [27] 郭凯锋, 韩佩洁, 黄臻, 等. 等速肌力训练联合有氧运动对卒中患者下肢运动功能及耐力的影响[J]. 医学理论与实践, 2019, 32: 3. DOI: 10.19381/j.issn.1001-7585.2019.11.023.
- [28] 郭凯锋, 韩佩洁, 赵凤珍, 等. 有氧运动联合上肢等速肌力训练改善卒中患者肺功能[J]. 神经损伤与功能重建, 2021, 16: 3. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20200861.
- [29] 郭凯锋, 黄臻, 闵瑜, 等. 等速肌力训练联合有氧运动对卒中患者肺功能的影响[J]. 神经损伤与功能重建, 2018, 13: 3. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2018.11.014.
- [30] 郭凯锋, 黄臻, 杨文, 等. 上肢等速肌力训练对卒中患者运动功能的影响[J]. 安徽卫生职业技术学院学报, 2019, 18: 3. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8054.2019.03.009.
- [31] Olson TP, Joyner MJ, Dietz NM, et al. Effects of respiratory muscle work on blood flow distribution during exercise in heart failure[J]. J Physiol, 2010, 588: 2487-2501. DOI: 10.1113/jphysiol.2009.186056.
- [32] 赵一瑾, 余彬, 何龙龙, 等. 虚拟现实技术结合作业治疗训练对卒中偏瘫患者上肢功能影响的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34: 661-666. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2019.06.007.
- [33] 冶琴, 李槟, 周建梅. 等速肌力训练联合虚拟现实技术结合作业对卒中恢复期偏瘫患者的康复效果分析[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2020, 12: 90-94. DOI: 10.12037/YXQY.2020.12-19.
- [34] 马俊杰. 三维步态分析训练结合等速肌力训练对老年卒中后偏瘫患者膝过伸的影响[J]. 实用中西医结合临床, 2020, 20: 46-47, 127. DOI: 10.13638/j.issn.1671-4040.2020.07.023.
- [35] Ji J, Guo S, Song T, et al. Design and analysis of a novel fall prevention device for lower limbs rehabilitation robot[J]. J Back Musculoskeletal Rehabil, 2018, 31: 169-176. DOI: 10.3233/BMR-169765.
- [36] 舒国建, 刘家庆, 向云, 等. 下肢康复机器人联合等速肌力训练对卒中后下肢运动功能影响的临床对照研究[J]. 中国康复, 2020, 35: 4. DOI: 10.3870/zgkf.2020.07.001.

(本文编辑:王晶)