

等速肌力测试和训练技术在脑卒中偏瘫患者临床康复中的应用*

董仁卫¹ 郭 琪^{1,2} 刘诗琦¹ 余海瑞¹ 周盈盈¹ 王 昊¹ 朱康元¹

等速运动,又被称为调节阻抗运动,是指在关节运动过程中,使肌肉在整个关节活动范围内都能承受最大负荷的一种运动模式,其最大特点就是肌肉能够产生最大力矩输出但不产生加速度。等速肌力测试和训练技术(以下简称等速技术)应用等速运动的工作原理,已被认为是肌肉功能评估和肌肉力学训练的最佳方法,在肌肉功能评价和肌力训练中具有较好的客观性、高效性、安全性和可重复性,因同时有顺应性阻力,即使在肌力比较弱的情况下也能应用^[1]。因此,等速技术长期以来被用于运动医学和骨关节康复治疗中。有关等速技术在神经系统疾病中的应用,国内外研究也都证实等速技术在脑卒中偏瘫患者痉挛量化及肌力评估中具有较高的可信度,短期的等速肌力训练可提高患者的肌肉功能及活动能力。现将国内外有关等速技术在脑卒中偏瘫患者康复评定和功能训练中的临床应用和研究进展,以及和传统的康复评定与治疗方法的对比效果总结为本综述,希望可以为临床医务工作者在脑卒中偏瘫患者的康复评定与治疗工作中提供一些借鉴。

1 在脑卒中偏瘫患者康复评定中的应用

1.1 肌力的评定

肌力评定是脑卒中偏瘫患者康复评定非常重要的一方面,评定结果的准确性直接关系到康复计划和康复目标的制定。徒手肌力测试(manual muscle test, MMT),属于肌肉等长收缩测试,能够评定关节在某一角度时的肌力情况,因其简单易操作在临床上应用广泛,但无法克服测试者在检查中的主观性,不能对患者肌力进行精确定量,且对于中枢神经系统疾病所致的痉挛性瘫痪和心脏病患者不适合做MMT检查,否则准确性和安全性较低。Conrad等^[2]比较等速技术与等长收缩肌力测试评定脑卒中偏瘫患者手的肌力状况,发现不同角速度下产生的等速力矩都要比等长力矩要低。提示等长收缩测试会高估患者肌力,不能准确评价脑卒中偏瘫患者手的受损状况。

近年来国内外学者将等速技术应用于脑卒中偏瘫患者

肌力评定中,收到良好效果。齐瑞等^[3]用等速技术评定脑卒中偏瘫患者肘关节屈伸肌肌力,结果发现患侧肘关节屈伸肌肌力、肌肉耐力、肌肉做功效率均较健侧降低,而伸肌降低的更明显,提示脑卒中后偏瘫上肢应以训练伸肌肌力为主。Noorizadeh等^[4]也主张用等速技术评定慢性轻中度脑卒中偏瘫患者肌力情况,发现膝关节屈肌评定结果要比伸肌偏差大对患者进行肌力训练后,峰力矩体重,即标准峰力矩比更能反映肌力最微小的变化,揭示患者肌力训练后的真实提高水平。因此,等速肌力测试常用指标除了峰力矩、总功、平均功率外,对脑卒中偏瘫患者进行等速肌力测试时,峰力矩体重比更能反映患者肌力水平。Flansbjerg等^[5]用等速技术来评价后期脑卒中偏瘫患者长期抗阻训练肌力变化情况,表明等速技术在脑卒中偏瘫患者肌力评定中可信度较高,可以作为脑卒中偏瘫患者肌力评定的敏感工具。因此,用等速技术评定脑卒中偏瘫患者肌力情况时可重复性高,可全面评定肌肉在全关节活动范围内任意角度的肌力情况,且肌力评定指标具有较高的信度和效度,可为患者康复计划和康复目标的制定提供客观依据,还能够准确评价肌力训练后效果。

1.2 肌肉痉挛的评价

临床上脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛的评定方式归纳起来可分为两大类:主观评估和客观评估。主观评估法无需借助任何仪器,简单易行,临床较为常用,如改良Ashworth痉挛量表(modified Ashworth scale, MAS)。但MAS法过多依赖于检测者的主观判断,不能用来评价低水平的肌肉痉挛,有效性较低。有研究显示,MAS法对于不同的肌群肌肉痉挛的评估准确度是不同的,其中肘屈肌准确度高于踝跖屈肌^[6],且MAS评分与 α 运动神经元存在非线性关系,意味MAS测量的是肌肉高亢的张力,而非痉挛本身,因此,MAS法无法区分对抗拉伸的力是由神经系统牵张反射产生还是肌肉组织黏弹性^[7]。客观评估法则需借助专门仪器设备,但可消除主观因素的影响,如钟摆实验、肌电图(electromyography, EMG)等。但关于钟摆实验大多数研究只停留在膝关节肌肉痉挛中,对其他关节肌肉痉挛评估很少^[8-9],不能被广泛的

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.02.026

*基金项目:国家自然科学基金面上项目(81372118)

1 天津医科大学康复与运动医学系,天津市,300070; 2 通讯作者
作者简介:董仁卫,男,硕士研究生; 收稿日期:2013-12-13

推广利用。而动态EMG^[13]、尽管H反射能较好反映中枢对单突触反射调节作用,但无法解释肌梭受到牵拉刺激r运动神经元的活动,因而不能很好反映痉挛情况^[10]。对于短暂潜在的牵张反射,H反射也无法观测到^[11]。神经生理学的测试技术测试结果与临床测试MAS评分相关性不高。因此,神经电生理技术在评价痉挛中的应用价值仍然需要进一步的实验研究来证实。

中枢神经系统损伤以肌张力增高和协调运动障碍为其特点,尤其是在脑卒中偏瘫患者不同时期治疗的目标不一样,使得等速技术在肌痉挛的评定和治疗方面一直存在着争议。但是随着等速技术进一步发展,近年来国内外很多学者用等速技术量化脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛情况收到良好效果。宋凡等^[12]用等速技术来量化脑卒中偏瘫患者膝关节肌肉痉挛,发现在不同角速度下测定的峰力矩和峰力矩/体重比与MAS评分呈正相关。表明在肌痉挛评定中,等速测试结果与MAS法高度相关,在反映肌肉痉挛方面具有一致性。Kim等^[13]在等速CPM模式下,配合EMG记录肌电活动量化脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛,结果发现脑卒中偏瘫患者测量结果与正常人相比存在显著性差异,峰力矩、总功及力矩开始增加时的角度都与MAS评分具有相关性,但肌电活动却不是。因此,等速技术配合EMG能够量化脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛,而单独使用EMG对于肌肉痉挛的量化效果不好。Starsky等^[14]发现用等速技术评定上肢肘关节肌肉痉挛时,应至少2天评估1次,每次评估要重复测量3次,才能减少牵张反射的变异性,准确评估上肢肌肉痉挛状况。提示用等速技术评定肌肉痉挛要掌握好评定的频率和时间,评定结果才具有良好的信度和稳定性。Moon等^[15]用等速技术评价体外冲击波对于脑卒中偏瘫患者下肢痉挛肌群的疗效,表明等速力矩测试方法是量化评价痉挛及疗效的敏感工具。

等速技术是生物力学模式量化肌肉痉挛的一种新的方法,是在关节不同的角速度下,记录关节遭受阻力时正弦曲线的振动幅度、峰力矩和峰力矩/体重比来量化肌肉痉挛,客观地记录受试者肌肉产生的阻力,可应用于多处关节和肌肉痉挛的评估,并且在EMG配合下,能够捕获肌肉对抗拉伸时的反射活动,区分对抗拉伸的力量是由神经系统牵张反射产生,还是源于肌肉自身的黏弹性,但是要掌握好评定的频率和时间,评定结果信度和稳定性才更高。相比于其他评估方式而言,等速技术更能够代表速度依赖性牵张反射的组成,并且在反映肌肉痉挛方面与MAS评分具有一致性。因此,用等速技术评估患者肌肉痉挛状况,能够对痉挛性偏瘫建立量化评定指标,能够判断痉挛治疗的效果,在临床神经康复中具有较好的应用前景。

1.3 预测肢体的运动功能

1.3.1 预测上肢的运动功能:脑卒中偏瘫患者肌肉力量下

降、肌张力异常都会导致肢体运动功能降低。考虑到肌肉功能的动态属性,尤其是对于上肢运动功能来说,在动态条件下对肌肉运动功能进行评估就显得非常重要。近年来Kim等^[16]用等速技术预测脑卒中偏瘫患者上肢运动功能,结果发现等速技术能准确评定患者肩关节的屈肌、肘关节屈伸肌肌肉性能,用力矩、功率、速度指标预测偏瘫患者上肢的运动功能有效度高,但当患者在一定的角速度下不能产生相应的力矩时,用功率指标预测上肢运动功能有效性更高。Conrad等^[2]发现在EMG的监测下,不同角速度下产生的等速力矩都要比等长力矩要低,表明用等长收缩力矩来评价手功能状况时,会低估脑卒中偏瘫患者手的受损状况,而用等速收缩力矩和功率更能反映患者手的受损情况,更好的预测手功能。

1.3.2 预测患者步行能力:步行能力训练是脑卒中偏瘫患者早期康复的重要内容,可较好地提高患者的生存质量。Carvalho等^[17]用等速技术预测脑卒中偏瘫患者的步行能力,发现脑卒中偏瘫患者下肢肌肉力量与步行速度和步行距离之间存在非线性相关关系,因此可用等速技术评定患者下肢肌力大小来预测步行能力。侯立皓等^[18]对老年脑卒中偏瘫患者进行膝关节等速肌力训练,以观察患者下肢运动功能康复治疗的效果,发现在常规训练基础上加用等速肌力训练患者的下肢运动功能与平衡得分都要比常规训练组要高。提示脑卒中偏瘫患者膝关节肌力水平与下肢运动功能密切相关,可用等速技术评定膝关节肌力大小来预测患者下肢运动功能。可见下肢肌肉力量对脑卒中偏瘫患者步行能力影响较大,尤其是膝关节屈伸肌肌力的大小,用等速技术评定患者下肢肌力,可以预测患者步行能力。但是,在临床上对脑卒中偏瘫患者进行步行能力分析时,还应考虑患者下肢异常的运动模式、感觉功能的受损、姿势控制受损、下肢肌肉痉挛、协调性、平衡、认知下降和忽略征等方面。

2 等速技术肌力训练在脑卒中偏瘫患者康复治疗中的优势与应用

2.1 等速技术肌力训练的优势

脑卒中偏瘫患者的肌肉功能下降常表现为肌张力异常和肌肉废用性萎缩,会严重影响患者运动功能,加强患侧肌肉力量对于患者恢复日常活动能力至关重要。传统的肌力训练包括等长收缩训练和等张收缩训练。等长收缩训练就是在关节活动的某一点(一般为初始点)进行肌肉的静态收缩,安全性高,但只能训练关节活动范围内某一角度的肌力,效率较低。等张收缩训练就是在关节全范围内进行动态抗阻运动,但只能训练最弱一点的肌力,若选取负荷过大,还容易引起肌肉疲劳和损伤^[19]。而等速技术却可以弥补上述两种训练模式的不足,在脑卒中偏瘫患者肌力训练方面具有其自身优势。首先在有效性方面,等速训练中肌肉在整个关节

活动范围的每个角度都能承受最大的负荷,产生最大力矩输出,提高训练效率。在安全性方面,等速训练中运动速度相对稳定,不会产生爆发式加速运动,可避免肌肉关节损伤。更重要的是,等速肌力训练不会加剧患者的肌肉痉挛,这可能与等速技术运动过程中速度恒定、顺应性阻力有关。Sin等^[20]在EMG监测下,比较等速与等张训练模式对于脑卒中偏瘫患者肘关节肌力训练效果,结果发现与等张训练相比等速训练对于肘关节伸肌的刺激更大,肌肉损伤更小,且不会加剧肌肉痉挛。因此,相比于传统肌力训练模式,等速训练可能更适合于脑卒中偏瘫患者的肌力训练。

2.2 等速技术肌力训练的应用

对脑卒中偏瘫患者进行肌力训练一直以来存在较大争议。有研究显示,肌力训练会加剧脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛程度和引起疼痛,尤其是肩关节附近,因此,不主张对患者进行肌力训练。Harris等^[21]对脑卒中偏瘫患者上肢肌力训练的研究进行荟萃分析,结果发现肌力训练能够提高偏瘫上肢协调性和选择性随意运动,提高患者上肢运动功能,但不会加剧肌肉痉挛和肩关节疼痛。也有研究显示,脑卒中偏瘫患者下肢肌肉力量与步行速度和步行距离之间存在非线性相关关系。因此,肌力训练在脑卒中偏瘫患者康复治疗过程中非常重要,尤其对于中后期脑卒中偏瘫患者,肌力训练可防止肌肉废用性萎缩,纠正异常的运动模式,最终提高患者活动能力。但Severinsen等^[22]发现对脑卒中偏瘫患者进行力量抗阻训练联合有氧运动,而没有辅助功能性训练时,患者活动能力并没有显著提高。提示单纯性渐进抗阻训练并不能显著提高脑卒中偏瘫患者运动功能。Kim等^[23]对脑卒中偏瘫患者髋关节、膝关节、踝关节分别进行等速向心收缩和持续被动运动(constant passive movement, CPM),角速度大小为 $60^{\circ}/s$,结果发现两种训练模式都能提高患者肌力、步行速度,但向心训练组肌力训练效果更好,两组都没有显著提高患者的运动功能。提示向心训练相对于CPM,更适合脑卒中偏瘫患者肌力训练,同时进一步表明单纯进行等速肌力训练对于患者活动能力提高作用不大。Lee等^[24]对两组脑卒中偏瘫患者都进行传统物理疗法,其中一组在传统物理疗法的基础上加入髋关节屈伸肌等速离心训练,角速度大小为 $90^{\circ}/s$,发现6周后加入等速离心训练的患者髋关节屈伸肌肌力、步行速度、3m往返走、椅子站立-坐起能力都比只进行传统训练的患者高。提示等速训练肌力训练能够显著提高脑卒中偏瘫患者髋关节屈伸肌肌力,联合传统物理疗法可改善步态,提高运动功能。

此外,脑卒中偏瘫患者的康复治疗更多关注的是诱导运动和分离运动训练,肌力训练的目的是为了改善运动的协调性,提高运动的控制力,最终提高患者的日常活动能力,这与骨关节康复和运动医学以增强肌力训练为目的不一样

的。等速肌力训练能使肌肉承受顺应性阻力,产生最大的力矩输出,且在肌力比较弱的情况下也能应用,更适用于脑卒中偏瘫患者肌力训练。但等速肌力训练是一种单纯性力量训练,而单纯性力量训练对于脑卒中偏瘫患者活动能力提高作用不大。因此,对脑卒中偏瘫患者在进行等速肌力训练时,应结合功能为导向的训练,才能使活动能力显著提高。有关等速技术在改善脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛的应用,Nuyens等^[25]观察等速CPM训练模式对于脑卒中偏瘫患者肌肉痉挛治疗效果,发现等速CPM训练模式可以降低痉挛肌群自身的黏弹性和牵张反射的敏感性。提示等速CPM训练近期内可以降低患者的肌张力,改善肌肉痉挛,但其远期效果需要进一步研究证实。

相对于下肢而言,等速技术应用于脑卒中偏瘫患者上肢肌力训练的报道很少。Hammami等^[26]用“脑卒中”“康复”“等速”“上肢”“训练”关键词在MEDLINE进行检索,只找到Patten等^[27]进行的个例报道和Chang等^[28]进行的开放性研究。Chang等^[28]将等速技术应用脑卒中偏瘫患者肩关节和肘关节肌力训练,结果发现8周后患者握力、上肢推拉力量和上肢活动能力都有显著性提高,并没有加剧上肢肌肉痉挛,但患者的手把握握功能却没有显著性提高。相对于下肢而言,等速技术在脑卒中偏瘫患者上肢应用较少,可能是因为患者上肢肌肉痉挛更为严重,运动功能下降更加明显,体位摆放和固定更加困难,使得等速仪器的操作更加复杂困难。此外,姿势反射诱发痉挛、肩关节疼痛综合征等,也使得等速技术在脑卒中偏瘫患者上肢应用受到限制。

3 小结

综上所述,等速技术作为一项新技术在脑卒中偏瘫患者身上应用,已证实肌肉功能测试和肌力训练方面具有较多优点,预计今后等速技术在神经系统临床康复应用有较大的发展。然而,目前实际中等速技术应用于脑卒中偏瘫患者临床康复还存在一些问题,比如:①等速技术在脑卒中偏瘫患者上肢应用较少,其中肩关节、腕关节应用更少。对于下肢而言,等速训练技术更多的是应用于患者膝关节,而髋关节、踝关节应用较少;②肌力评定和肌肉痉挛量化指标还没有统一标准,操作较复杂,不能即刻反映患者肌力训练提高水平;③等速训练仪器价格昂贵,不同型号仪器测试结果有差异性;④选择训练方案时,在训练模式的选择、角速度的大小、训练频率方面目前尚无统一的标准。

参考文献

- [1] 黄志平,尹彦,刘敏,等.等速肌力测试与训练技术的研究进展[J].体育科技,2011,32(4):52—58.
- [2] Conrad MO, Kamper DG. Isokinetic strength and power def-

- icits in the hand following stroke[J]. Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology,2012,123(6):1200—1206.
- [3] 齐瑞,严隽陶,房敏,等.脑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,2007,22(1):58—59.
- [4] Noorizadeh DS, 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(4):715—718.
- [5] Flansbjer UB, Lexell J, Brogårdh C. Long-term benefits of progressive resistance training in chronic stroke: A 4-year follow-up[J]. J Rehabil Med, 2012, 44(3):218—221.
- [6] LI F, Wu Y, Li X. Test-retest reliability and inter-rater reliability of the Modified Tardieu Scale and the Modified Ashworth Scale in hemiplegic patients with stroke[J]. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 2014, 50(1): 9—15.
- [7] Bakheit AM, Maynard VA, Curnow J, et al. The relation between Ashworth scale scores and the excitability of the alpha motor neurons in patients with post-stroke muscle spasticity[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2003, 74(5):646—648.
- [8] Bohannon RW, Harrison S, Kinsella-Shaw J. Reliability and validity of pendulum test measures of spasticity obtained with the Polhemus tracking system from patients with chronic stroke[J]. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 2009, 30(6):1—7.
- [9] Sommerfeld DK, Gripenstedt U, Welmer AK. Spasticity after stroke: an overview of prevalence, test instruments, and treatments[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2012, 91(9):814—820.
- [10] Lamontagne A, Stephenson JL, Fung J. Physiological evaluation of gait disturbances post stroke[J]. Clin Neurophysiol, 2007, 118(4):717—729.
- [11] Grey MJ, Ladouceur M, Andersen JB, et al. Group II muscle afferents probably contribute to the medium latency soleus stretch reflex during walking in human[J]. J Physiol, 2001, 534(3):925—933.
- [12] 宋凡, 张峰, 朱玉莲, 等. 等速测试指标与改良 Ashworth 法用于评定肌痉挛的相关性研究[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(7): 615—617.
- [13] Kim DY, Park CI, Chon JS, et al. Biomechanical assessment with electromyography of post-stroke ankle plantar flexor spasticity[J]. Yonsei Medical Journal, 2005, 46(4):546—554.
- [14] Starsky AJ, Sangani SG, McGuire JR, et al. Reliability of biomechanical spasticity measurements at the elbow of people poststroke[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2005, 86(8):1648—1654.
- [15] Moon SW, Kim JH, Jung MJ, et al. The effect of extracorporeal shock wave therapy on lower limb spasticity in subacute stroke patients[J]. Annals of Rehabilitation Medicine, 2013, 37(4):461—470.
- [16] Kim M, Kothari DH, Lum PS, et al. Reliability of dynamic muscle performance in the hemiparetic upper limb[J]. Journal of Neurological Physical Therapy, 2005, 29(1):9—17.
- [17] Carvalho C, Sunnerhagen KS, Willen C. Walking performance and muscle strength in the later stage poststroke: a nonlinear relationship[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2013, 94(5):845—850.
- [18] 侯立皓, 许光旭, 张桂林, 等. 等速肌力训练用于老年脑卒中后下肢功能恢复[J]. 实用老年医学, 2009, 23(4):299—300.
- [19] 俞泳, 何红晨, 何成奇, 等. 等速肌力测试和训练技术在我国康复医学领域应用现状[J]. 华西医学, 2010, 25(12):2300—2302.
- [20] Sin M, Kim WS, Park D, et al. Electromyographic analysis of upper limb muscles during standardized isotonic and isokinetic robotic exercise of spastic elbow in patients with stroke[J]. J Electromyogr and Kinesiol, 2013, 24(1):11—17.
- [21] Harris JE, Eng JJ. Strength training improves upper-limb function in individuals with stroke[J]. Stroke, 2010, 40(1): 136—140.
- [22] Severinsen K, Jakobsen JK, Pedersen AR, et al. Effects of resistance training and aerobic training on ambulation in chronic stroke[J]. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, 2014, 93(1):29—42.
- [23] Kim CM, Eng JJ, MacIntyre DL, et al. Effects of isokinetic strength training on walking in persons with stroke: a double-blind controlled pilot study[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2001, 10(6):265—273.
- [24] Lee SB, Kang KY. The Effects of isokinetic eccentric resistance exercise for the hip joint on functional gait of stroke patients[J]. J Phys Ther Sci, 2013, 25(9):1177—1179.
- [25] Nuyens GE, De Weerd WJ, Spaepen AJ Jr, et al. Reduction of spastic hypertonia during repeated passive knee movements in stroke patients[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2002, 83(7):930—935.
- [26] Hammami N, Coroian FO, Julia M, et al. Isokinetic muscle strengthening after acquired cerebral damage: a literature review[J]. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2012, 55(4):279—291.
- [27] Patten C, Dozono J, Schmidt S, et al. Combined functional task practice and dynamic high intensity resistance training promotes recovery of upper-extremity motor function in post-stroke hemiparesis: a case study[J]. J Neurol Phys Ther, 2006, 30(3):99—115.
- [28] Chang JJ, Tung WL, Wu WL, et al. Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(10):1332—1338.