doi:10.16118/j.1008-0392.2019.04.011

·临床研究·

等速测试系统用于肢体痉挛量化评估的对照研究

雷 斌[1,2],秦文婷[1],靳令经[1],冉 军[2],陆 云[2],赵亦超[2]

(1.同济大学附属同济医院神经内科,上海 200065;2.同济大学附属养志康复医院,上海 201619)

【摘要】目的 探索应用等速测试系统建立肢体痉挛的量化评估方法。**方法** 选取 2016 年 6 月—2017 年 12 月收治的脑卒中伴有痉挛的患者,MAS1 级、1+级、2 级、3 级患者及正常对照组各 10 例,共计 50 例,手动测试改良 Ashworth 量表、改良 Tardieu 量表的 X 值、三倍痉挛状态量表、临床痉挛指数等指标,并应用等速测试系统,以 5°/s 和 180°/s 测试峰力矩(PT),被动伸肘所做的功(Work),并计算不同角速度下的 Work 差值。运用 Spearman 法对主观测试指标及等速指标进行相关分析。**结果** 180°/s 角速度下,PT、Work 均与 MAS、MTS 的 X 值、TSS 及 CSI 评分呈显著相关,相关系数在 0.571~0.942(P<0.01),180°/s 与 5°/s 的 Work 差值与 MAS、MTS 的 X 值、TSS 及 CSI 评分呈显著相关,相关系数在 0.459~0.848(P<0.01)。**结论** Work 差值与 MAS、MTS 的 X 值、TSS、CSI 显著相关,而 Work 差值从理论上能较好地反映痉挛的定义;提示可用该指标进行痉挛的测量。

【关键词】脑卒中;痉挛;等速测试指标;相关性;评估

【中图分类号】R493 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1008-0392(2019)04-0454-06

Isokinetic testing system for quantitative evaluation of limb spasm

LEI Bin[1,2], *QIN Wen-ting*[1], *JIN Ling-jing*[1], *RAN Jun*[2], *LU Yun*[2], *ZHAO Yi-chao*[2]

(1. Dept. of Neurology, Tongji Hospital, Tongji University School of Medicine, Shanghai 200065, China;
2. Yangzhi Rehabilitation Hospital, Tongji University School of Medicine, Shanghai 201619, China)

【Abstract】Objective To apply isokinetic testing system for quantitative evaluation of limb spasticity. **Methods** Fifty stroke patients with limb spasm admitted from June 2016 to December 2017 were recruited, including cases of MAS1, grade 1+, grade 2 and grade 3 with 10 in each category; and 10 healthy subjects served as controls. Modified Ashworth scale (MAS), the X value of modified Tardieu scale (MTS), triple spasticity scale (TSS) and clinical spasticity index (CSI) were used for manual measurement. The peak torque (PT) and the work performed by passive elbow extension (Work) at 5°/s and 180°/s were tested with isokinetic test system, and the Work difference at different angular velocities was calculated. The correlation between subjective test index and isokinetic index was analyzed with Spearman method. **Results** At 180°/s angular velocity, there was a significant correlation of PT and Work with MAS, X value of MTS, TSS and CSI with correlation coefficient of 0.571-0.942 (P<0.01). The Work difference between 180°/s and 5°/s was significantly correlated with the MAS, X value of MTS, TSS and CSI score with correlation coefficient of 0.459-0.848 (P<0.01). **Conclusion** The Work difference value is significantly correlated with the MAS, X value of

收稿日期:2018-10-08
基金项目:上海申康医院发展中心临床科技创新项目(SHDC12016206)
作者简介:雷 斌(1983—),男,主治医师,硕士.E-mail:leibin1hao@163.com
通信作者:靳令经.E-mail:lingjingjin@hotmail.com

MTS TSS and CSI score; it is consistent with the definition of the response spasticity and can be used for measurement of the spasticity in patients.

【**Key words**】stroke; spasticity; isokinetic parameter; correlation; evaluate

痉挛是上运动神经元损伤引起的运动障碍、以速度依赖性牵张反射增强为特征的肌肉张力异常。德国的 Wissel 等[1]发现,卒中 14 d 内痉挛发生率为 24.5%,12 周内 26.7%,24 周内为 21.7%;在卒中发病的第 1 年内,肢体痉挛状态的患病率为 25%~43%。Pundik 等[2]则发现 97%中度或重度运动障碍的慢性卒中患者伴有肌张力增加。脑卒中已成为目前在我国严重危害人民健康的疾病之一[3],发病后整个恢复过程因人而异,65%以上的患者会停留在痉挛性偏瘫阶段。故准确评估痉挛,并采取对应的治疗策略显得尤为重要。

目前,评价痉挛的方法分为主观评定方法及客观评定方法,主观的评定方法有 Ashworth 量表(Ashworth scale, AS)/改良 Ashworth 量表(modified Ashworth scale, MAS),Tardieu 量表(Tardieu scale, TS)/改良 Tardieu 量表(modified Tardieu scale, MTS),三倍痉挛状态量表(triple spasticity scale, TSS),临床痉挛指数(composite spasticity index, CSI)等。客观的评定方法包括神经生理学方法及生物力学方法。主观评定方法由于测试者主观差异性较大,量表信度均不理想;客观的评定方法则可以应用标准化的测量方法,获取客观的数据,结果更加可靠。等速肌力测试系统可以用恒定的速度进行被动牵伸,测得牵伸过程中的阻力矩,可模拟徒手测试痉挛情况,但尚未找到能够准确评估痉挛的量化性指标。鉴于以上情况,本试验通过采用等速测试系统被动牵伸屈肘肌测量痉挛情况,分析等速测试系统在屈肘肌痉挛时的测量指标与不同主观评估结果的相关性,并结合痉挛的定义及其神经学特点,寻找定量化评估痉挛的等速测试指标。

1　资料和方法

1.1　一般资料

选取 2016 年 06 月—2017 年 12 月同济大学附属养志康复医院神经康复科收治的脑卒中伴有痉挛的患者,根据 MAS 评分 1 级,1+级,2 级,3 级患者各入组 10 例,共计 40 例。其中男性 35 例,女性 5 例;年龄 46~72 岁,平均(58.28±6.51)岁;病程 1~26 个月,肢体受累左侧 23 例,右侧 17 例。招募 10 名年龄、性别比例相近的健康人作为对照组,男性 8 例,女性 2 例,年龄 46~63 岁,平均(58.20±5.14)岁,根据随机数字法选择其中 5 例测试左侧肘关节,5 例测试右侧肘关节张力变化。

1.1.1　入选标准　(1) 意识清楚,病情稳定;(2) 无明显认知障碍,能配合完成测试;(3) 受累侧屈肘肌张力升高,MAS≥1 级;(4) 自愿参加,签知情同意书;(5) 所有患者均符合全国第四届脑血管病会议修订的各类脑血管病诊断标准,并经头颅影像学检查结果(CT 或 MRI)确诊。

1.1.2　排除标准　(1) 合并其他神经、精神疾患;(2) 合并其他会导致肌张力异常的疾病,如帕金森病等;(3) 存在严重内科疾病者;(4) 肘关节合并关节疾患或关节畸形;(5) 病例已入组但存在以下情况者应予排除:误诊、漏诊。

1.2　仪器设备

采用德国 ISOMED2000 等速测试系统,包括等速动力装置、计算机、坐椅、检查台及其附件。

1.3　测试方法

1.3.1　MAS、MTS、TSS、CSI 的测定　受试者取端坐位,固定躯干及测试的上臂,肩关节外旋 30°,前臂处于旋后 90°,测试者右手紧握受试者腕关节处(避免测试时受试者手部晃动,影响对屈肘肌痉挛的感受),从尺桡骨远端施加力量,完成被动伸肘关节的活动,进行屈肘肌的 MAS、MTS、TSS、CSI 检测,测试者事先进行培训,统一采取坐位姿势对患者的屈肘肌群进行测试。为避免测试时个人主观标准或对牵伸过程中的阻力感受不一致,本试验所有 MAS、MTS、TSS、CSI 检测均由同一测试者完成,测试者与受试者保持充分的沟通并保障患者处于放松状态。

1.3.2　等速的测定-预实验阶段　受试者取端坐位,固定躯干及测试的上臂,将前臂与移动臂固定,轴心对准肱骨外上髁,肩关节外旋 30°,前臂处于旋后 90°,测试前,让受试者充分熟悉测试过程,并保

持放松状态,避免精神紧张,肘关节被动活动范围为屈曲 0~110°。首先选择 4 名痉挛组患者,其中 MAS 评分 2 级的男性 1 例,女性 1 例,MAS 评分 3 级的男性 2 例,肢体受累左侧 2 例,右侧 2 例,设定 5°/s、15°/s、30°/s、60°/s、90°/s、120°/s、150°/s 和 180°/s 进行被动伸展肘关节的等速测试,采集相关数据。预实验结果显示屈肘肌 PT 及 Work 随着角速度的增加而增加,120°/s 以上时增加不明显,故选择 5°/s 以保证速度足够慢,痉挛不被诱发,为尽可能快地完成被动牵伸肘关节运动,选择 180°/s,以充分诱发痉挛,对对照组及不同痉挛程度组分别测试。

测试前放松,患者经充分沟通理解后,取端坐位,固定躯干及测试的上臂,将前臂与移动臂固定,轴心对准肱骨外上髁,肩关节外旋 30°,前臂处于旋后 90°位,选择等速测试系统的被动牵伸模式,肘关节被动活动范围为屈曲 0~110°。首先以 5°/s 的角速度进行被动伸展肘关节运动,反复测试 6 次,测试结束后休息 10 min。然后调整角速度为 180°/s,再进行被动伸展肘关节测试 6 次。设定保护力矩为 30 N · m,超过这一数值,机器自动停止,以免造成损伤。记录下等速测试系统的如下数据:峰力矩(PT)、不同角速度下完成被动伸肘所做的功(Work)。

1.4　测试指标

(1) 采用 MAS、MTS 的 X 值,TSS、CSI 等对屈肘肌痉挛进行评估。(2) 等速测试指标。PT:峰力矩,力矩曲线的最高点,单位(N · m)。Work:不同角速度下完成被动伸肘所做的功,力矩曲线下的面积,单位(J)。Work 差值:180°/s 角速度下完成被动伸肘所做的功减去 5°/s 角速度下完成被动伸肘所做的功,单位(J)。

1.5　统计学处理

应用 SPSS20.0 软件进行统计学分析,采用 Spearman 相关分析法,计算 PT、180°/s Work,Work 差值与 MAS、MTS 的 X 值、TSS、CSI 的相关性。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结　　果

2.1　伸肘角速度与 PT、Work 的关系

对照组 PT 及 Work 随角速度增加,无明显变化($P>0.05$),试验组屈肘肌 PT 及 Work 随着角速度的增加而增加,120°/s 以上时增加不明显,说明正常人群被动牵伸角速度的变化不引起 PT 及 Work 的变化,试验组 PT 及 Work 随角速度增加而增加是痉挛随着角速度的增加而逐渐释放的过程,达到 120°/s 角速度时痉挛接近充分释放,见图 1。

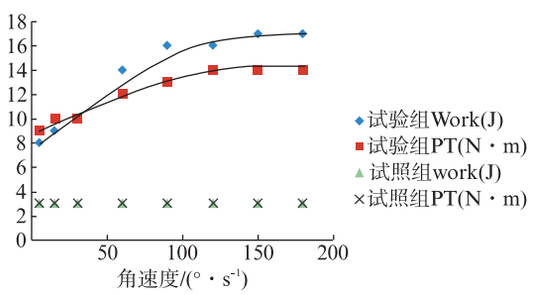


图 1　伸肘角速度与 PT、Work 的相关分析

Fig.1　Correlation Analysis between angular Velocity of Elbow extension and PT, Work

2.2　MAS 与 PT、Work、Work 差值的关系

随着 MAS 等级的提升,PT、Work 及 Work 差值均增加,呈正相关,见表 1。当角速度 180°/s 时,各等级之间 PT、Work 及 Work 差值差异均有统计学意义($P<0.05$)。

表 1　不同等级 MAS 的等速测试指标的比较

Tab.1　Comparison of Isokinetic Test Indexes of different levels of MAS

指标	对照组 ($n=10$)	MAS1 级 ($n=10$)	MAS1+级 ($n=10$)	MAS2 级 ($n=10$)	MAS3 级 ($n=10$)
PT1/(5° · s^{-1})	2.800±0.422	3.300±0.675	5.800±3.293	5.600±1.174	7.500±1.958
PT2/(180° · s^{-1})	2.800±0.422	5.000±1.155	9.400±2.119	11.900±1.524	16.500±1.354
Work1/(5° · s^{-1})	3.100±0.316	3.400±1.578	5.100±4.228	6.500±1.841	8.100±1.792
Work2/(180° · s^{-1})	3.200±0.422	5.600±1.838	8.900±2.470	12.700±2.983	18.000±1.886
Work 差值	0.100±0.316	2.200±0.789	3.900±2.234	6.100±2.331	9.900±1.197

2.3　180°/s PT、Work 与各测试指标的相关性

试验组在 180°/s 角速度下,PT、Work 均与 MAS、MTS 的 X 值、TSS 及 CSI 评分呈显著相关($P<0.01$),见表 2、3。

表 2　180°/s PT 与各测试指标的相关性
Tab.2　Correlation between 180°/s PT and each test index

手动测试方法	*r*	*P*
MAS	0.942	<0.01
MTS 的 X 值	0.807	<0.01
TSS	0.571	<0.01
CSI	0.908	<0.01
Work	0.936	<0.01
Work 差值	0.848	<0.01

表 3　180°/s Work 与各测试指标的相关性
Tab.3　Correlation between 180°/s Work and each test index

手动测试方法	*r*	*P*
MAS	0.889	<0.01
MTS 的 X 值	0.814	<0.01
TSS	0.574	<0.01
CSI	0.876	<0.01
PT	0.936	<0.01
Work 差值	0.834	<0.01

2.4　180°/s Work 差值与各测试指标的相关性

试验组在 180°/s 角速度下，Work 差值与 MAS、MTS 的 X 值、TSS、CSI 显著相关（$P<0.01$），见表 4。从理论上能较好地反映痉挛的定义及其神经学特点，可用该指标进行痉挛的测量。

表 4　180°/s Work 差值与各测试指标的相关性
Tab.4　Correlation between 180°/s Work difference and each test index

手动测试方法	*r*	*P*
MAS	0.839	<0.01
MTS 的 X 值	0.683	<0.01
TSS	0.459	<0.01
CSI	0.768	<0.01
PT	0.848	<0.01
Work	0.834	<0.01

3　讨　　论

本研究中对照组的 PT 及 Work 随角速度的增加，基本无明显变化，而痉挛患者的屈肘肌被动牵伸时 PT 及 Work 随着角速度的增加而增大，说明存在痉挛的患者 PT 及 Work 的变化主要是痉挛被充分诱发而形成的。屈肘肌 PT 及 Work 随着角速度的增加而增加，120°/s 以上的角速度被动牵伸运动时增加不明显，这一结论，与邓思宇等[4]在踝痉挛等速测试的研究结论是接近的。8°/s 的角速度就可能诱发痉挛，故选择 5°/s 以保证速度足够慢，痉挛不被诱发；同时，本研究为了实现尽可能快地完成被动牵伸肘关节运动，选择 180°/s 的角速度，以充分诱发痉挛，获得可靠的数据。本研究方法符合痉挛的定义及其神经学特点，5°/s 所测得的 Work 这一指标可以帮助了解患者骨骼肌肉的顺应性，关节周围软组织（韧带，关节囊等）在被动活动时对关节活动的影响，Work 差值则可以帮助评估痉挛的严重程度。

主观评定痉挛最常用的工具是 AS/MAS 和 TS/MTS[5]。国际上有学者认为，引起脑卒中后肌张力升高的不仅是神经因素，还有生物机械因素[6]。痉挛则是快速被动牵伸时所感受到的神经因素。部分学者认为，AS 和 MAS 不能区分被动牵伸时所感受到阻力中的神经因素和非神经因素，不应用于评估痉挛[7]，MAS 是肌张力量表，在 1 和 1+ 级的信度较低[8-9]。而 MTS 具有两种牵伸速度（V1 和 V3），能较好地反映 Lance 对痉挛的定义，是肌痉挛量表[10]。也有学者提出 MTS 比 MAS 能更准确有效地评定肢体痉挛情况，更能体现痉挛的定义，但其信度研究亦存在不同的意见[11-13]。Ansari 等[14]的研究认为，MTS 在应用于屈肘肌时的信度是不充分的。Gracies 等[15]则认为，MTS 应用于脑瘫患儿的肘和踝关节的痉挛时，组内及组间信度良好，但是膝关节的角度差（Y 值）则信度不足。在重度脑损伤患者，Mehrholz 等[16]发现一些 MTS 在组内及组间信度比 MAS 高的证据，但两个量表的组间信度都低于中等水平。脑卒中后早期的肌张力升高以神经性因素也就是痉挛为主，随着病程的进展，非神经因素在其中起着越来越重要的作用，MAS 分级中的 4 级，显然不是用于描述痉挛这一现象，TSS 量表应用不同的速度进行被动牵伸，并通过不同速度被动牵伸时感受的抵抗及其所处的角度之间的变化来评估痉挛[17]，较好地体现了痉挛的神经学特点。本研究所采用的 TSS 及 CSI 中均有阵挛这一评价指标，而上肢屈肘肌在中枢神经损伤后，很少见到阵挛存在，本研究 40 例痉挛患者，仅有 1 例存在轻度的痉挛，这一部分在大部分患者中不存在差异性，同时主观测试时，对每位测试者的要求较高，对阻力的大小

及出现阻力的角度感受性存在较大的差异,有可能导致评估的不准。

等速测试系统提供了一个可靠的测量方法,具有恒定的牵伸速度,感受阻力矩,并获得定量数据,越来越多的学者应用等速测试系统来评估痉挛及相关等速力量训练等治疗后对痉挛的疗效评估。Abdollahi 等[18]用等速测试系统发现偏瘫患者膝关节伸肌和足底屈肌力量与痉挛程度呈负相关关系,并提供了痉挛肌肉力量较弱的证据。Hameau 等[19]在股直肌注射肉毒毒素后,发现伸膝峰力矩显著降低,屈膝峰力矩显著增加,被动屈膝时的峰力矩降低,峰值出现角增大,表明注射 BoNT-A 可减少股直肌痉挛,但也降低股四头肌的力量。Coroian 等[20]在一项对慢性脑卒中患者上肢等速力量训练与被动活动的随机对照研究,提示等速力量训练在上肢康复中较被动活动没有表现出明显优势,等速力量训练及被动活动在脑卒中患者的功能恢复均有持续的获益。等速测试系统恒定的被动牵伸速度可以避免主观评定痉挛时被动牵伸速度的不稳定性,以及评定者主观感受阻力的不一致,可以客观地反映每次以恒定速度被动牵伸时所感受到的阻力矩及其所做的功,本试验采用标准化的测试方法,获得客观的量化数据,成为研究量化测试痉挛的良好的技术手段。

痉挛的治疗常用保守治疗,药物治疗及手术治疗,保守性治疗系列石膏或夹板持续牵伸可能对肌张力中的非神经因素效果较好,重度而持续的肌张力增高可能并发关节挛缩,可能需要手术介入。Dávila 等[21]系统阐述了挛缩的的发生机制,热疗、肌筋膜软组织动员、关节动员、肌肉能量技术、被动运动范围、主动运动范围、广泛应用矫正夹板和加强运动等保守治疗改善肘关节挛缩的效果,关节松解术的效果可能需要矫正夹板长达 6 个月的时间来获得。Moon 等[22]应用 60°/s、180°/s 和 240°/s 的角速度分析体外冲击波疗法对腓肠肌痉挛的治疗作用。而药物治疗如巴氯芬,肉毒毒素注射可能对神经性因素更为立竿见影。如 Chu 等[23]发现抗痉挛药物可以有效减少牵张反射。不同的脑卒中患者,痉挛所起的作用不同,而同一位患者,随着病程的进展,持续的痉挛状态也会进一步导致骨骼肌肉的变化,出现非神经因素的肌张力异常升高,甚至导致挛缩的出现,这部分患者治疗策略的选择就有赖于本研究准确的判断痉挛在肌张力中的参与程度,以选择不同的治疗组合。可以应用 Work 差值这一指标,判断痉挛的严重程度,结合 5°/s 时的 Work,帮助选择适宜的治疗方法,以及对后续疗效的评估提供重要的参考依据。作为准确评估痉挛的一种新的量化指标,可用于研究痉挛在脑卒中患者不同时期的肌张力升高中所起的作用,了解痉挛在整个疾病过程中的演变,以及不同的治疗方案如牵伸训练、口服药物治疗以及局部肉毒毒素注射对痉挛的影响,评定不同的治疗方法对肌张力中不同因素的效果差异,结合不同的治疗方法,针对患者不同因素导致的痉挛对肢体功能的影响,采取不同的治疗策略,并结合相关参数评估治疗效果提供了参考依据。

鉴于目前仍无准确评定痉挛严重程度的金标准,本研究采用的 Work 差值这一指标从理论上符合痉挛的定义及其神经学特征,并通过和目前主要的主观评定痉挛量表进行相关性的测试,论证了 Work 差值这一指标量化测试痉挛的可行性,但仍具有一定的局限性,后续的研究中可以与更多的一些客观评定方法进行比较,同时加入更多的测试部位,以获得证据支持本结论,从而更加准确地评定痉挛,找到更好的控制痉挛的手段。

【参考文献】

[1] WISSEL J, SCHELOSKY L D, SCOTT J, et al. Early development of spasticity following stroke: a prospective, observational trial[J]. J Neurol, 2010,257(7): 1067-1072.

[2] PUNDIK S, MCCABE J, SKELLY M, et al. Association of spasticity and motor dysfunction in chronic stroke[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2018: S1877-S0657(18)31437-4.

[3] 陈浩,厉坤鹏,朱燕.呼吸训练联合运动想象疗法对脑梗死患者下肢功能的影响[J].同济大学学报(医学版),2017,38(6): 63-66.

[4] 邓思宇,卢茜,郅淑燕,等.等速测试指标与改良 Ashworth 量表用于踝痉挛评定的相关性研究[J].中国康复理论与实践,2016,22(2): 178-183.

[5] VAN WIJCK F M, PANDYAN A D, JOHNSON G R, et al. Assessing motor deficits in neurological rehabilitation: patterns of instrument usage[J]. Neuroreha-

bil Neural Repair, 2001,15(1): 23 - 30.

[6] PANDYAN A D, GREGORIC M, BARNES M P, et al. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement[J]. Disabil Rehabil, 2005,27(1-2): 2 - 6.

[7] FLEUREN J F, VOERMAN G E, ERREN-WOLTERS C V, et al. Stop using the ashworth scale for the assessment of spasticity[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2010,81(1): 46 - 52.

[8] BLACKBURN M, VAN VLIET P, MOCKETT S P. Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke[J]. Phys Ther, 2002,82(1): 25 - 34.

[9] ANSARI N N, NAGHDI S, MOAMMERI H, et al. Ashworth Scales are unreliable for the assessment of muscle spasticity[J]. Physiother Theory Pract, 2006, 22(3): 119 - 125.

[10] VATTANASILP W, ADA L, CROSBIE J. Contribution ofthixotropy, spasticity, and contracture to ankle stiffness after stroke[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2000,69(1): 34 - 39.

[11] MORRIS S. Ashworth and Tardieu scales: their clinical relevance for measuring spasticity in adult and paediatric neurological populations[J]. Phys Ther Rev, 2002,7(1): 53 - 62.

[12] ALHUSAINI A A, DEAN C M, CROSBIE J, et al. Evaluation of spasticity in children with cerebral palsy using Ashworth and Tardieu Scales compared with laboratory measures[J]. J Child Neurol, 2010,25(10): 1242 - 1247.

[13] FOSANG A L, GALEA M P, MCCOY A T, et al. Measures of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy[J]. Dev Med ChildNeurol, 2003,45(10): 664 - 670.

[14] ANSARI N N, NAGHDI S, HASSON S, et al. The Modified Tardieu Scale for the measurement of elbow flexor spasticity in adult patients with hemiplegia[J]. Brain Inj, 2008,22(13-14): 1007 - 1012.

[15] GRACIES J M, BURKE K, CLEGG N J, et al. Reliability of the Tardieu scale for assessing spasticity in children with cerebral palsy[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010,91(3): 421 - 428.

[16] MEHRHOLZ J, WAGNER K, MEISSNER D, et al. Reliability of the modified Tardieu scale and the modified ashworth scale in adult patients with severe brain injury: a comparison study[J]. Clin Rehabil, 2005,19(7): 751 - 759.

[17] LI F, WU Y D, XIONG L. Reliability of a new scale for measurement of spasticity in stroke patients[J]. J Rehabil Med, 2014,46(8): 746 - 753.

[18] ABDOLLAHI I, TAGHIZADEH A, SHAKERI H, et al. The relationship between isokinetic muscle strength and spasticity in the lower limbs of stroke patients[J]. J Bodyw Mov Ther, 2015,19(2): 284 - 290.

[19] HAMEAU S, BENSMAIL D, ROBERTSON J, et al. Isokinetic assessment of the effects of botulinum toxin injection on spasticity and voluntary strength in patients with spastic hemiparesis[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2014,50(5): 515 - 523.

[20] COROIAN F, JOURDAN C, BAKHTI K, et al. Upper limb isokinetic strengthening versus passive mobilization in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2018,99(2): 321 - 328.

[21] DÁVILA S A, JOHNSTON-JONES K. Managing the stiff elbow: operative, nonoperative, and postoperative techniques[J]. J Hand Ther, 2006,19(2): 268 - 281.

[22] MOON S W, KIM J H, JUNG M J, et al. The effect of extracorporeal shock wave therapy on lower limb spasticity in subacute stroke patients[J]. Ann Rehabil Med, 2013,37(4): 461 - 470.

[23] CHU V W, HORNBY T G, SCHMIT B D. Effect of antispastic drugs on motor reflexes and voluntary muscle contraction in incomplete spinal cord injury[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014,95(4): 622 - 632.