

·临床研究·

机器人辅助训练对上运动神经元损伤所致上肢
痉挛的疗效观察*毕 胜¹ 纪树荣² 季林红³ 顾 越² 王子曦³ 王广志³

摘要 目的:为观察机器人辅助训练对上运动神经元损伤所致上肢痉挛的疗效并探讨其机制。**方法:**22 例慢性脑卒中和脑外伤患者参加了这项研究,训练前 4 周,训练开始前 1 天和结束后 1 天使用改良 Ashworth 量表评价患侧上肢肘关节屈肌与伸肌的痉挛状态。训练时间为 4 周,每周训练 5 天,每次 45min。**结果:**机器人辅助训练后,肘关节屈肌的痉挛评分降低,与基线相比有显著的差异性,而肘关节伸肌的痉挛评分有降低的趋势,但没有达到显著性水平。**结论:**机器人辅助训练对上运动神经元损伤所致上肢痉挛有一定的减轻作用,主要通过重复性牵伸和反复运动来实现。

关键词 痉挛; 机器人辅助训练; 上运动神经元损伤; 脑卒中; 脑外伤

中图分类号:R496,R743,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2006)-01-0032-04

An effect of spasticity due to upper motor neurone injury by robot-aided training/BI Sheng, JI Shurong, JI Linhong, et al. //Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2006, 21(1):32—35

Abstract Objective: To investigate an effect of spasticity due to upper motor neurone injury by robot-aided training and explore its mechanism. **Method:** Twenty-two persons with chronic stroke and brain injury were enrolled in the research. Modified Ashworth scales (MAS) of elbow joints was carried out during 4 weeks before training, one day before training and one day after training. The patients were trained in the robot for 45 minutes, 5 times every week over 4 weeks. **Result:** MAS was significantly decreased in elbow flexor and not significant reduced compared with baseline assessment. **Conclusion:** Robot-aided training can reduce spasticity due to upper motor neurone injury mainly by repetitive stretching and movement.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, Chinese PLA General Hospital, Beijing, 100853

Key words spasticity; robot-aided training; upper motor neurone injury; stroke; brain injury

痉挛是为速度依赖性牵张反射增高的运动功能障碍^[1],一种上运动神经元综合征的阳性特征。有研究显示,脑卒中后 1 年,痉挛的发生率为 38%^[2],还有调查显示痉挛在卒中后 6 个月^[3]或 1 年^[4]最为严重。脑损伤后上肢多表现为屈肌痉挛,影响患者手臂的伸展和抓握功能。对于痉挛的治疗,有多种方法,例如传统的物理疗法,冷、热刺激、康复训练方法、电刺激疗法、口服药物疗法、局部注射方法,以及外科手术等方法。这些方法各有利弊,但均没有解决痉挛治疗的根本问题。近年来发展起来的机器人辅助训练技术,不但能够显著提高脑损伤患者上肢的运动功能,而且有一定的降低痉挛作用^[5]。本研究目的为观察机器人辅助训练对上运动神经元损伤所致上肢痉挛的疗效并探讨其机制。

1 资料与方法

1.1 研究对象

22 例患者在北京中国康复研究中心于 2004 年 4 月—8 月参加了这项研究。入选标准为:①发病 6

个月以上,CT 或 MRI 诊断的单侧脑卒中或脑外伤患者,并有对侧的上肢运动功能障碍。②有足够的认知和语言能力接受医生与治疗师的指导参加训练。③无严重患侧上肢疼痛和关节活动范围限制。患者年龄范围 14—70 岁,男 20 例,女 2 例。脑梗死 4 例,脑出血 9 例,脑外伤 9 例。病程 6—25 个月。

1.2 评价方法

训练前 4 周,训练开始前一天和训练结束后 1 天分别进行评价。研究方法为基线对照研究方法。使用改良 Ashworth 量表评价患侧上肢肘关节的屈肌与伸肌痉挛。

1.3 训练方法

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)重点课题:神经康复机器人及其关键技术的研究(2002AA420100-2)

1 解放军总医院康复科,首都医科大学康复医学院,100853

2 中国康复研究中心

3 清华大学

作者简介:毕胜,男,副主任医师,在读博士

收稿日期:2005-12-15

上肢复合运动康复机器人主要由以下几部分组成:对患者患肢进行训练的机械臂;安放机械臂并可对机械臂进行升降的立柱;固定患者腕部的腕部固定托架及由计算机控制的驱动马达和用于视觉反馈控制的显示器。训练方法为目标运动轨迹跟踪方法。运动轨迹为直线和圆周,显示于显示器上。

由机械臂所外加的力由 2 种成分组成。一种沿运动轨迹直线方向或圆切线方向的力。能够帮助患者沿轨迹运动,或对患者的运动方向施加阻力。另一种为与运动轨迹直线或圆切线垂直方向的力,在患者实际运动轨迹偏离规定运动轨迹时,机械臂对患者施加作用力,促使患者沿正确的轨迹运动。机器人的训练模式可以由这 2 种力不同的组合来构成。在患者功能较差时,第一种力的方向与患者运动方向相同,帮助患者沿规定运动轨迹运动,称为被动限制模式。在患者功能较好时,患者可独立完成运动,第一种力的方向与患者运动方向相反,患者可进行抗阻运动,称为主动限制模式。在训练过程中,随着患者功能的提高,可以使用计算机来调整训练模式,逐步减少辅助力,进而加入阻力,逐步增加。最后可以由被动训练模式转变为主动训练模式。患者 2 种训练模式轨迹为直线训练方法(图 1)与圆周训练方法(图 2)。训练时间为 4 周,每周进行 5 天训练,每次 45min。患者在参加期间均接受常规的以 Bobath 方法为主的 PT 和 OT 训练。

1.4 统计学分析

使用 SPSS11.5 统计软件,采用重复数据测量方差分析(repeated-measures ANOVA)分析数据。显著性水平为 $P=0.05$ 。

图 1 机器人辅助直线训练示意图

图 2 机器人辅助向外圆周训练示意图

2 结果

机器人辅助训练后,肘关节屈肌的痉挛评分降低,与基线相比有显著的差异性,而肘关节伸肌的痉挛评分有降低的趋势,但没有达到显著性水平。见表 1 及图 3。

表 1 机器人辅助训练前后上肢肘关节屈肌与伸肌改良 Ashworth 评分的变化 ($\bar{x} \pm s$)

	治疗前 4 周	治疗前 1 天	治疗后 1 天
肘关节屈肌	1.52±0.57	1.50±0.56	1.18±0.48 ^①
肘关节伸肌	0.84±0.84	0.84±0.84	0.55±0.72 ^①

①与治疗前 4 周和治疗前 1 天比较 $P<0.05$

图 3 机器人辅助训练前后上肢肘关节屈肌与伸肌改良 Ashworth 评分的变化

3 讨论

痉挛产生的关键因素是 α 运动神经元的过度兴奋。损伤如果局限在皮质脊髓束,只会引起肌无力、灵巧性丧失和巴氏征阳性等,而不会出现痉挛。失去大脑皮层和基底节向下发放冲动的控制(通过内侧和背侧网状脊髓束,以及前庭脊髓束纤维传送),损害从 Ia 纤维输入的单突触调节和从皮肤感受器及高尔基腱器官多突触传出神经,引起 α 运动神经元的过度兴奋。脊髓中间神经元通过突触前抑制和 Ia 神经的交互抑制,在这些调节中发挥关键作用^[6]。

机器人辅助训练降低痉挛的主要因素是在一定时间内,可以使患者进行高密度的反复重复运动。反复的重复运动降低痉挛有很大的治疗学意义,在临床中这种方法已经应用多年,例如 Bobath 的神经发育学方法和本体感觉促进方法(PNF)。原始的 Bobath 技术使用“反射抑制模式”,使关节位置处于牵伸痉挛肌肉的状态,其目的是通过抑制过强的反射来降低肌肉的张力^[7]。而 PNF 技术通过结合肌肉收缩的牵伸技术来降低痉挛和扩大运动范围^[8]。Brunnstrom 技术通过促进弱主动肌收缩,而导致痉挛的拮抗肌的交互抑制^[9],而应用一些等速训练,对脑卒中后所致痉挛的患者进行反复的牵伸运动也可以发现降低了痉挛的程度^[10]。

机器人训练缓解脑损伤患者上肢的痉挛状态,

主要通过重复性牵伸和部分患者的重复性主动训练来完成的。考虑有以下几个机制:①肌肉与关节结缔组织的蠕变;②肌梭传入率的适应;③中枢神经的机制;④主动训练对痉挛的调节。

蠕变是由于长时或重复的载荷而导致组织力学性质系统性的变化。关节力矩的下降可以由腱或与之平行的肌肉结缔组织长时蠕变来解释。肌腱组织含有很多的弹性成分,可以在载荷下发生刚性和长度的变化。例如,腱的长度可以在肌肉收缩时发生变化^[1]。这种腱的延长可以伴随由肌梭传入冲动的肌纤维产生力能力的降低。重复的运动可以使关节组织被动的性质发生变化^[2],类似出现蠕变效应。但在对痉挛患者的牵伸试验中发现,肘关节的重复牵伸中,没有发现其被动力学性质发生持续性的变化^[3],这个结果提示在重复牵伸的过程中,肌腱及平行组织的被动力学性质没有出现明显变化,推论这个因素没有起主要作用。

牵张反射的适应可以用肌梭传入率的适应来解释,对肌梭输出冲动的调节来源于与梭内肌纤维的牵伸或收缩有关的感受器敏感程度变化^[4]。通过牵伸肌肉,致肌梭敏感性下降有可能由于自发的或肌梭运动诱导在梭内肌纤维延长位置横桥形成,当肌肉延迟收缩时,肌梭松弛。亦即梭内肌纤维在长时牵伸下,可以自身承受力学性质的变化(类似蠕变)降低传入的冲动。由于增加梭内肌的长度,如果肌梭传入冲动持续降低,就会引起牵张反射的适应。这种长度的变化伴随腱组织的延长或梭内肌纤维长度的变化,改变了材料的性质。同时,在机器人训练过程中,患者进行全范围的牵伸与训练,这种大幅度的牵伸比小幅度的牵伸能更明显的降低肌梭的敏感性^[5]。

第三个有可能的解释是中枢的机制,在重复性运动时,有可能出现脊髓内运动神经元或中间神经元的兴奋性逐步降低。这种降低有可能是在长期兴奋以后神经元内在膜的性状发生改变,或由于突触前递质释放的变化。有关中枢的假说和所观察到的其他反射“习惯性”是一致的。例如,正常 H-反射的习惯性已经广泛的进行了研究^[16-17]。在脊髓内,腱反射与皮肤反射随着重复刺激的下降都可以称为习惯性。牵张反射可以被运动神经元或中间神经元内在性质的变化所影响。或被同侧来源传入输入决定,例如,自发的传入输入可以调节突触前抑制^[18]。目前还不能决定中枢兴奋性的变化是由于其内在本身的变化还是由于突触前机制,但在本研究中,中枢兴奋性的降低也应该是一个重要的因素。

有关主动训练对痉挛调节的研究不多,Sharp

等^[19]使用等速训练偏瘫患者痉挛下肢的肌力,使用钟摆试验测试对痉挛的影响,没有发现痉挛增加的现象。另一研究对痉挛患者进行下肢肌力训练时,并没有发现痉挛增加^[20]。Ibrahim 等^[21]研究了痉挛上肢被动牵伸和主动运动状态下的肌电和力矩的反应,发现在主动条件下,肌电信号的早期成分增大,晚期成分减小。同时发现反射性肌电活动降低,屈肌与伸肌力矩和肌电的比例在主动状态下增加。在痉挛患者主动肌收缩时,没有发现肌张力增加或反射兴奋性增强。在正常人也发现主动运动状态下,对 H-反射也有调节作用^[22]。目前没有发现主动训练而导致痉挛增加的证据。

本研究的结果为屈肌的痉挛降低比伸肌要多,有明显差异。其他的研究也发现上肢屈肌比伸肌更容易出现适应^[23]。出现这种情况的原因可能是在上肢屈肌更容易诱发出牵张反射,在这种情况下,更适应的现象更容易表现出来。

反复牵伸的治疗作用除了降低被动牵引的力矩,临床上可表现 Ashworth 评分降低,还发现可以增加痉挛或挛缩肌肉的肌力^[24],推测其机制为痉挛肌肉改变了肌节的长度,长于或短于最佳的肌节长度^[25],而反复的牵伸治疗可以增加肌腱或痉挛肌肉的长度,过长或过短的肌节能够重新排列到最佳长度,从而增加力的输出^[26]。痉挛与肌力的关系目前还没有确定的结论,本研究的另一项临床结果为患者在训练后运动状态评分增加,是否与痉挛下降有关有待于进一步研究。

机器人辅助训练与传统的康复训练最大的区别是大大地减轻了治疗师的劳动强度,在相同的训练时间内,能够提供高强度的训练而降低上运动神经元损伤所导致的上肢痉挛,提高了康复训练的效率,是一种非常有前景的,新的康复训练手段,随着科技的进步和临床研究的深入,机器人辅助训练在神经康复的领域必将发挥重要的作用。

参考文献

- [1] Lance JW. The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenberg Lecture [J]. Neurology, 1980,30: 1303—1313.
- [2] Watkins CL, Leathley MJ, Gregson JM, et al. Prevalence of spasticity post stroke[J]. Clin Rehabil, 2002,16: 515—522.
- [3] Ju MS, Chen JJ, Lee HM, et al. Time-course analysis of stretch reflexes in hemiparetic subjects using an on-line spasticity measurement system [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2000,10: 1—14.
- [4] Thilmann AF, Fellows SJ. The time-course of bilateral changes in the reflex excitability of relaxed triceps surae muscle in hu-

(下转 56 页)