

肌电触发机器人手对脑卒中早期患者手功能康复的影响

肖长林 潘翠环 陈艳 叶正茂 方丽婷 罗丽娟 耿艳娟 罗永胜

【摘要】 目的 观察肌电触发康复机器人手对脑卒中早期患者手运动功能的影响。**方法** 选取符合入组标准的脑卒中患者 30 例,采用随机数字表法分为对照组($n=15$)和试验组($n=15$),对照组患者接受常规康复训练,试验组在常规康复训练基础上给予肌电触发康复机器人手训练。于治疗前、治疗 4 周后(治疗后)采用 Fugl-Meyer 量表(FMA)评定 2 组患者腕、手的运动功能,采用改良 Ashworth 量表(MAS)评定 2 组患者四指(示指、中指、环指、小指)的痉挛程度,并采用康复机器人手自带的表面肌电系统评估 2 组患者四指、拇指和全指伸肌、屈肌的肌力。**结果** 治疗后,2 组患者的腕、手以及总 FMA 评分与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.01$),且治疗后试验组的腕、手以及总 FMA 评分均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,试验组患者四指屈肌 MAS 评分为(0.47 ± 0.13)分,较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$),治疗后,2 组患者四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$),且试验组治疗后四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 肌电触发康复机器人手联合常规康复可改善早期脑卒中患者患手的运动功能、痉挛程度和肌力。

【关键词】 机器人手; 脑卒中; 肌电触发; 手功能; 外骨骼

基金项目:广州市教育局广医大创新强校质量工程项目(B16021008)

A robot exoskeleton can improve hand function early after stroke Xiao Changlin*, Pan Cuihuan, Chen Yan, Ye Zhengmao, Fang Liting, Luo Lijuan, Geng Yanjuan, Luo Yongsheng. * Department of Rehabilitation Medicine, The Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510260, China

Corresponding author: Pan Cuihuan, Email: pancuihuan@126.com

【Abstract】 Objective To explore the effectiveness of a myoelectricity-driven hand robot on the recovery of hand motor function early after a stroke. **Methods** Thirty stroke survivors were randomly assigned to either a control group ($n=15$) or an experimental group ($n=15$). Both groups received routine rehabilitation exercises, while the experimental group additionally received hand training using a robotic hand exoskeleton. Before and after 4 weeks of treatment, the motor function of the wrist and fingers in both groups were measured using the Fugl-Meyer assessment. Spasticity in the index, middle, ring and little fingers was quantified using the modified Ashworth scale. The muscle force of the fourth finger, thumb and all of the fingers during maximum voluntary extension and flexion were recorded using the robot's surface electromyography system. **Results** Significant increases in the average Fugl-Meyer scores in both groups were observed after 4 weeks of treatment, but the experimental group's average score was by then significantly higher than that of the control group. The experimental group's average Ashworth score and the average sEMG amplitudes were also significantly better than those of the control group. **Conclusion** Supplementing routine rehabilitation exercises with a hand robot can improve hand motor function and muscle force significantly, as well as relieving hand spasticity early after a stroke.

【Key words】 Hands; Robots; Stroke; Hand motor function; Exoskeletons

Fund program: An innovation and quality engineering project of Guangzhou Medical University and the municipal Education Bureau (project B16021008)

脑卒中具有高发病率、高死亡率、高致残率的特

点,部分存活的患者会遗留有功能障碍,由于其恢复缓慢,严重影响患者的日常生活,加重患者家庭和社会负担^[1-3]。探索更有效的促进脑卒中后手功能康复的治疗方法,是目前神经康复研究的热点和难点^[4]。

目前,脑卒中后的手功能康复方法有运动疗法、作业疗法、物理因子和传统的中医针灸等,近些年发展起

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.02.005

作者单位:510260 广州,广州医科大学附属第二医院康复医学科(肖长林、潘翠环、陈艳、叶正茂、方丽婷、罗丽娟);中国科学院深圳先进技术研究院(耿艳娟);广东医科大学(罗永胜)

通信作者:潘翠环,Email:pancuihuan@126.com

来的运动想象、镜像疗法、脑机接口技术等,均有助于脑卒中后偏瘫患者手运动功能的提高^[4]。而以往针对脑卒中患者上肢运动功能的康复训练方法,由于难以在上肢运动训练过程中较好地控制手指的活动,且肢体远端的康复较为困难,使得难以顾全整个上肢的康复训练,因此往往比较关注近端关节(如肩、肘关节等)的功能恢复,而对肢体远端的关注则相对不足^[5],影响了脑卒中患者手运动功能的康复进程。康复机器人可以通过重复、精确的训练方式提供高强度训练,促进运动功能的恢复^[6-8]。因此,康复机器人在神经康复中应用逐渐增多。

近年来,康复治疗技术发展迅速,康复机器人在脑卒中后功能康复方面得到广泛应用^[9],其疗效也得到越来越多的认可^[1-2,10-11]。有研究采用肌电触发原理的康复机器人,通过主被动结合的训练方式帮助脑卒中患者康复,并得出了肯定结论^[5],但该研究要求患者有较好的功能,且未对早期功能较差的患者进行研究。本实验拟采用表面肌电信号触发的康复机器人对脑卒中早期患者进行康复训练,以期探讨肌电触发的康复机器人对脑卒中患者手运动功能康复的影响。

对象与方法

一、研究对象

纳入标准:①符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》或《中国脑出血诊治指南》2014 年版脑梗死/脑出血诊断标准^[12-13],并经头颅 CT 或 MRI 证实;②手功能 Brunnstrom 分期为 II~III 期;③病程在 1~8 周,首次发病,或既往有神经系统疾病病史但上肢功能完全恢复的患者;④简易精神状态评分(Mini Mental State Examination, MMSE) ≥ 27 分^[14],可配合完成康复训练,并可清楚表达训练感觉;⑤具备坐位自动平衡,并至少能坚持 30 min;⑥年龄 35~75 岁,男女不限;⑦同意参加本临床试验,并已签署知情同意书。

排除标准:①明确的或怀疑对试验产品所用金属、高分子材料或异物过敏;②患肢先天或本次发病前因其他原因导致的上肢畸形、解剖不正常、骨骼变异、关节功能不全;③上肢肘部以下存在局部皮肤感染或破损;④合并癫痫者,其病情尚未有效控制;⑤合并其他系统严重疾病如严重心肺功能不全;⑥试验前 1 个月参加过其他临床试验。

脱落标准:①患者在治疗过程中出现加重运动功能障碍的新发病灶或者并发其他严重疾病;②不能连续完成 4 周共 20 次的康复治疗。

病例来源于广州医科大学附属第二医院康复医学

科、神经内科、神经外科 2015 年 6 月至 2016 年 6 月住院患者,最终纳入符合上述标准的脑卒中患者 30 例。采用随机数字表法将其分入试验组和对照组,每组患者 15 例。2 组患者年龄、性别、病程、病变性质、偏瘫侧等一般资料组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别(例)		病程 (d, $\bar{x} \pm s$)
			男	女	
对照组	15	58.75 \pm 7.34	9	6	23.13 \pm 19.27
试验组	15	57.87 \pm 9.21	12	3	19.56 \pm 16.68

组别	例数	病变性质(例)		偏瘫侧(例)	
		脑出血	脑梗死	左	右
对照组	15	2	13	11	4
试验组	15	1	14	9	6

二、治疗方法

对照组由治疗师对患者进行“一对一”的手部常规康复训练,包括作业治疗、运动治疗,伸指肌低频电刺激。作业治疗包括,上肢推举、伸手取物、抓握训练、擦桌子等,每日训练 30 min;运动治疗主要是对手进行被动牵伸,被动活动,每日训练 30 min;再进行伸指肌低频电刺激,每次治疗 20 min。以上训练和治疗内容均每日治疗 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 4 周。

试验组在对照组治疗方案的基础上增加手功能康复机器人训练,即在机器手的辅助下进行全指抓放以及腕屈伸的训练。本研究采用广州一康医疗设备实业有限公司生产的 A5 型肌电触发康复机器人(V1.0 版),该机器人是由一个外骨骼机械手(左右手各一个)、支撑座、电脑主机、显示器、控制主机组成(图 1)。具体方法如下。

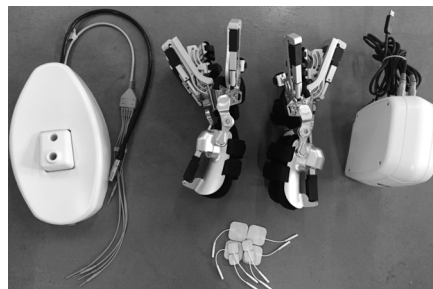


图 1 A5 型肌电触发康复机器人(V1.0 版)

1.准备工作:使用时需戴上机械手,并固定在支撑座上,使前臂保持在中立位。患者取坐位,根据提示将四指(即食指、中指、示指和小指)、拇指屈肌和伸肌电极片贴在前臂相应肌肉(指浅屈肌、示指伸肌、拇长屈肌、拇长伸肌)表面皮肤处,参考电极贴在肱骨外上髁处,帮助患者穿戴好外骨骼机器人。

2.评估:首次治疗前,评估并记录患者四指(患者

单独以最大力量屈、伸除拇指外的四指)、拇指(以最大自主收缩单独屈伸拇指)及全指(以最大力量握拳和张开五指)伸肌、屈肌在静息状态和最大自主收缩时的平均肌电幅值。

3. 训练: 训练模式分为 2 种, 一种是完全被动模式, 另一种是肌电驱动模式(主要是一触即发模式)。完全被动模式即患者目标肌肉不需要具备自主收缩能力, 机械手可提供外力完全协助患者完成手的运动训练; 一触即发模式则需要患者有意识地收缩肌肉, 一旦达到预设肌电阈值, 机械手可协助患者完成手部运动训练。训练模式与具体训练参数根据患者功能情况, 参照之前所评估的平均肌电幅值进行选择, 如患者因手屈伸肌力弱而无法采集平均肌电幅值则进行完全被动活动, 若可以采集则将表面肌电触发阈值设定为最大平均肌电幅值的 50%, 然后开始肌电驱动模式训练, 每日训练 1 次, 每次训练 30 min(先进行被动模式训练 10 min, 再进行肌电驱动模式训练 20 min), 每周治疗 5 d, 连续治疗 4 周。

三、疗效评定标准

2 组患者均于治疗前和治疗 4 周后(治疗后)进行运动功能、痉挛程度和肌力评估。评估均由一名不知晓实验训练分组方案的康复医师于单盲状态下完成。

1. 运动功能评分: 采用 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)进行评分, 主要评估手腕和手指运动功能, 共有 12 个项目, 分级为 3 级(0~2 分), 总分为 24 分, 记录手腕、手指及两项总分, 得分越高则运动功能越好^[15]。

2. 痉挛程度评估: 采用改良的 Ashworth 评定(modified Ashworth scale, MAS), 该评定分为 6 级, 分别将 0 级、I 级、I+级、II 级、III 级、IV 级记为 0 分、1 分、1.5 分、2 分、3 分、4 分, 主要评价偏瘫手除拇指外四指(示指、中指、环指、小指)的屈肌张力, 得分越高则肌张力越高^[16]。

3. 肌力评估: 采用 A5 型肌电触发康复机器人自带的表面肌电信号评估系统, 收集患手指浅屈肌、示指伸肌、拇长伸肌、拇长屈肌最大自主收缩时的平均肌电幅值, 主要反映四指、拇指以及全指屈、伸肌收缩时肌电信号的强弱, 采集范围为 0~100 μV , 采集间隔时间为 500 μs , 目标肌肉收缩强度越大时, 对应的平均肌电幅值越大。在评估过程中嘱患者尽最大力量进行收缩。

四、统计学分析

采用 SPSS 16.0 版软件包进行统计学分析, 计数资料采用 χ^2 检验, 符合正态分布的计量资料采用 t 检验, 若不符合正态分布则采用秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后 FMA 评分比较

治疗前, 2 组患者腕、手以及总 FMA 评分组间比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后, 2 组患者的腕、手以及总 FMA 评分与组内治疗前比较, 差异均有统计学意义($P < 0.01$), 且治疗后试验组的腕、手以及总 FMA 评分均显著优于对照组治疗后, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后腕、手以及总 FMA 评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手腕	
		治疗前	治疗后
对照组	15	3.07±0.64	6.53±0.52 ^a
试验组	15	3.67±0.55	8.93±0.61 ^{ab}
组别	例数	手指	
		治疗前	治疗后
对照组	15	2.27±0.48	5.6±0.96 ^a
试验组	15	1.73±0.3	7.73±0.84 ^{ab}
组别	例数	总分	
		治疗前	治疗后
对照组	15	5.33±0.97	12.13±1.24 ^a
试验组	15	5.4±0.81	16.67±1.16 ^{ab}

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.01$; 与对照组治疗后比较, ^b $P < 0.05$

二、2 组患者治疗前、后 MAS 评分比较

治疗前, 2 组患者四指屈肌 MAS 评分组间比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 试验组患者四指屈肌 MAS 评分较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 而对照组治疗前、后比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前、后四指屈肌 MAS 评分情况(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗后
对照组	15	1.17±0.14	1.23±0.11
试验组	15	0.97±0.15	0.47±0.13 ^{ab}

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与对照组治疗后比较, ^b $P < 0.05$

三、2 组患者治疗前、后平均肌电幅值比较

在平均肌电幅值数据收集过程中, 对照组有 2 例患者拒绝采集, 2 例患者无法采集到肌电信号; 试验组有 1 例患者未采集到肌电信号, 最终纳入本研究试验组有 14 例, 对照组有 11 例。治疗前, 2 组患者四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值组间比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值较组内治疗前均显著改善, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 且试验组治疗后四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值与对照组治疗后比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 详见表 4。

表 4 2 组患者治疗前、后四指、拇指和全指伸肌、屈肌最大自主收缩时的平均肌电幅值比较(μV , $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	四指		拇指		全指	
		指浅屈肌	伸指肌	拇长屈肌	拇长伸肌	指浅屈肌+拇长屈肌	伸指肌+拇长伸肌
对照组							
治疗前	11	8.55 \pm 1.55	7.81 \pm 2.08	15.18 \pm 2.41	10.55 \pm 3.13	16.30 \pm 1.78	9.40 \pm 2.09
治疗后	11	19.09 \pm 3.90 ^a	16.27 \pm 3.92 ^a	24.09 \pm 4.16 ^a	21.45 \pm 5.45 ^a	27.90 \pm 4.59 ^a	24.30 \pm 4.38 ^a
试验组							
治疗前	14	8.07 \pm 2.27	7.07 \pm 1.93	15.93 \pm 5.55	9.16 \pm 3.03	15.64 \pm 3.76	9.00 \pm 2.45
治疗后	14	31.5 \pm 4.47 ^{ab}	29.00 \pm 7.00 ^{ab}	43.64 \pm 8.70 ^{ab}	26.71 \pm 6.50 ^{ab}	56.57 \pm 8.66 ^{ab}	38.42 \pm 7.24 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

讨 论

本研究结果显示,机电触发康复机器人可提高早期脑卒中患者患手运动功能,对脑卒中早期患者手功能康复治疗有一定的参考意义。以往康复机器人主要关注患者大关节的康复,如肩、肘关节等^[5],随着康复机器人技术应用的逐步成熟,目前发展出了多种类型的针对手功能康复的机器辅助训练装置^[2],每种类型的康复机器辅助训练装置均可促进患者手运动功能的恢复^[6]。然而这些系统偏向于对患者偏瘫手进行单纯被动或者单纯主动运动训练,不能针对性地根据患者实际的功能情况进行反馈性训练,即主、被动结合的康复训练。因此,研究可以提供神经康复所需的被动活动、主动辅助、主动拮抗等训练方法的机器人,通过情境模拟以及限制关节过度活动等,可帮助患者建立正常的运动模式,使动作更加协调,促进手功能的改善势在必行。

本研究所采用的手功能康复机器人除可以提供被动活动以外,还需要患者主动收缩相关肌肉,当肌电信号达到所设定的阈值后才能触发机器人的活动,通过任务导向性的虚拟游戏训练(如:抓水果,钓鱼)帮助患者主动参与,提高患者积极性。由于康复机器人主要训练的是手腕及手指,而 FMA 评分可以较敏感地体现出运动功能的提高,因此,在评估中本课题组选取了评估手腕及手指运动功能部分,使得疗效评估更具针对性。治疗后,试验组的手腕、手指及总 FMA 评分均优于对照组治疗后,提示机电触发的康复机器人可以较好地促进患手分离运动的产生,改善运动模式。训练过程中,由于患者需要先自主收缩目标肌肉才能驱动机器人完成任务,所以利用机电触发的康复机器人可以避免患者在训练过程中通过代偿完成任务,有利于改善运动模式,使动作更加协调。同时机器人的外骨骼设计能够有效限制关节运动幅度和速度,促进感觉输入,可以保证患者在完成特定任务的过程中,以尽可能接近正常的运动模式进行运动,动作完成质量较高,因此,更有利

于患者手运动功能的改善。

本研究结果显示,治试验组患者四指 MAS 评分较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$),而对照组治疗前、后比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。该结果提示,手功能康复机器人可明显改善脑卒中患者手屈肌痉挛状态。偏瘫患者手部痉挛是由于上运动神经元损伤后脊髓反射性活动增强引起的,且主要表现为屈肌痉挛,会严重影响患者手功能的恢复和生活质量,因此痉挛的降低在康复训练中是一个重要环节^[18]。本研究中,试验组患者在使用机器人主动活动前会进行 10 min 的被动活动,再进行机电触发训练,通过主被动结合的训练方式,等速、等张地牵拉手指和腕关节部位痉挛的肌肉从而降低肌张力。在临床上,一般需要治疗师对患者进行等速等张的被动活动以降低肌张力,通过机器人可以弥补治疗师难以把握等速等张的不足,提供重复、高强度的训练,训练方式更为稳定、平滑,有利于缓解手指屈肌痉挛。Hu 等^[5]对 10 例慢性脑卒中患者使用表面机电驱动的机械手训练 20 次后,患者手、腕的运动功能和痉挛程度均有显著改善,提示康复机器人通过等速、等张的训练方式可改善患者屈肌张力,这与本实验结果一致。

本研究使用的手功能康复机器人是采用表面肌电信号采集技术,通过治疗前对患者功能的评估做出反馈,提供完全被动训练以及肌电信号触发的多种训练模式,模拟人体手指与手腕运动规律提供训练,同时该机器人还加入虚拟游戏功能,患者可在机械手的帮助下,在计算机虚拟环境中进行康复训练。目前已有研究采用表面肌电信号反馈用于观察患者运动意图^[1,10,18],辅助康复训练,促进运动功能恢复,疗效肯定。应用了上述原理的机器人,通过机电触发的设定以观察患者是否主动参与训练,可避免在训练过程中出现影响患者主观能动性的情况。在训练过程中由于肌电信号容易受到干扰^[5],因此,本研究采用的机电触发康复机器人通过将患肢前臂以中立位固定在底座上,可减少肌电信号受到其他肌肉

收缩的干扰,使训练过程更加容易进行。表面肌电生物反馈系统将收集到的微弱肌电信号放大,触发机器人辅助患手进行训练。有报道指出,这种训练方式可更有利于激活中枢潜在的突触连接,增加患者脑的可塑性^[19]。在康复治疗中,患者的主动参与和有控制性的运动训练是中枢神经损伤后有效的训练方法,不仅可以促进大脑功能重组,还可以激活一些原本封闭的神经通路,替代受损的神经功能,重建新的神经网络^[9]。有研究表明,脑卒中后的手运动功能恢复很大程度上取决于大脑发生持续的可塑性改变,而只有特定的任务训练可促进有利的神经可塑性^[20]。Takahashi 等^[21]观察到对脑卒中慢性期患者应用腕、手机器辅助进行特定的抓握训练后,通过功能性磁共振观察,患侧大脑运动功能区会发生功能性重组。同时,早期脑卒中患者被动运动也可以激活相关脑区,促进大脑功能重组^[22]。因此,本实验所观察到的主被动结合康复机器人疗效的机制可能与损伤后的大脑组织发生有利的功能和结构重组有关。

本研究在使用常规的 FMA 和 MAS 量表评估患者手运动功能的同时,还采用了康复机器人自带的肌力评估系统,主要评估手指屈肌与伸肌最大收缩时的平均肌电幅值。其原理是通过每 500 μs 采集一次原始的肌电信号,并对该信号进行放大处理,计算该时间段内的平均肌电幅值。当患者肌肉收缩的力量越大时,对应的平均肌电幅值越高,以此来评价患者肌肉收缩力变化的情况^[23]。治疗后,2 组患者四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P < 0.05$),且试验组治疗后四指、拇指、全指屈伸肌的平均肌电幅值与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。该结果提示,肌电触发机器人可改善脑卒中早期患者患手的肌力。

综上所述,肌电触发康复机器人联合常规康复可改善早期脑卒中患者患手的运动功能、痉挛程度和肌力。本研究仍有以下不足:①病例数较少,这可能与本实验入组标准相对比较严格有关;②缺乏定量的评估指标,虽然本研究所选择的 FMA 和 MAS 评分量表均有较好的信度和效度,但均属于半定量评估指标,应增加更多基于机器人帮助脑卒中患者恢复机理的定量评估指标;③本实验应该设计安慰剂组,以排除机器人的安慰剂效应。本课题组希望在将来的研究中可弥补以上不足,从更深层次探索手功能康复机器人对脑卒中患者手运动功能的康复疗效及其机制,以期建立规范化的康复机器人临床诊疗方案。

参 考 文 献

- [1] Mehrholz J, Pohl M, Platz T, et al. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015 (11): D6876. DOI: 10.1002/14651858.CD006876.pub4.
- [2] Orihuela-Espina F, Roldán G F, Sánchez-Villavicencio I, et al. Robot training for hand motor recovery in subacute stroke patients: a randomized controlled trial [J]. *J Hand Ther*, 2016, 29(1): 51-57. DOI: 10.1016/j.jht.2015.11.006.
- [3] 姜荣荣,陈艳,潘翠环. 脑卒中后上肢和手运动功能康复评定的研究进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2015(10): 1173-1177. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.10.011.
- [4] 牛博真,田恺,张向宇. 脑卒中后手功能障碍治疗研究进展 [J]. *针灸临床杂志*, 2014(1): 67-69. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0779.2014.01.029.
- [5] Hu XL, Tong KY, Wei XJ, et al. The effects of post-stroke upper-limb training with an electromyography (EMG)-driven hand robot [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2013, 23(5): 1065-1074. DOI: 10.1016/j.jelekin.2013.07.007.
- [6] 万一群,黄真. 脑卒中患者上肢康复机器人辅助治疗效果的循证分析 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36(12): 963-966. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424, 2014.012.020.
- [7] Norouzi-Gheidari N, Archambault PS, Fung J. Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: systematic review and meta-analysis of the literature [J]. *J Rehabil Res Dev*, 2012, 49(4): 479-496. DOI: 10.1682/JRRD.2010.10.0210.
- [8] Susanto EA, Tong RK, Ockenfeld C, et al. Efficacy of robot-assisted fingers training in chronic stroke survivors: a pilot randomized-controlled trial [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12(1). DOI: 10.1186/s12984-015-0033-5.
- [9] 侯红,范亚蓓,吴玉霞,等. 康复机器人辅助训练对偏瘫患者上肢功能及日常生活活动能力的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2015(10): 1013-1016. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2015.10.007.
- [10] Sale P, Franceschini M, Mazzoleni S, et al. Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2014, 11: 104. DOI: 10.1186/1743-0003-11-104.
- [11] Hu XL, Tong KY, Li R, et al. The effects of electromechanical wrist robot assistive system with neuromuscular electrical stimulation for stroke rehabilitation [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2012, 22(3): 431-439. DOI: 10.1016/j.jelekin.2011.12.010.
- [12] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2014) [J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(6): 435-444. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2015.06.002.
- [13] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014 [J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(4): 246-257. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2015.04.002.
- [14] 周小炫. 中文版简易智能精神状态检查量表在脑卒中患者中的信效度初步研究 [D]. 福建:福建中医药大学, 2015. DOI: 10.7666/d.Y2807907.
- [15] 寇程,刘小曼,毕胜. 四种上肢功能评定量表用于脑卒中患者的信度研究 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2013, 35(4): 269-272. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.04.007.

- [16] 郭铁成, 卫小梅, 陈小红. 改良 Ashworth 量表用于痉挛评定的信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(10): 906-909. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2008.10.013.
- [17] Ho N S, Tong K Y, Hu X L, et al. An EMG-driven exoskeleton hand robotic training device on chronic stroke subjects: task training system for stroke rehabilitation [J]. IEEE Int Conf Rehabil Robot, 2011, 2011: 5975340. DOI: 10.1109/ICORR.2011.5975340.
- [18] 熊英琼, 潘婕, 吴晓牧, 等. 肌电触发生物反馈治疗脑梗死患者早期偏瘫的临床疗效评价[J]. 吉林大学学报(医学版), 2015(01): 156-159. DOI: 10.13481/j.1671-587x.20150130.
- [19] 江征, 蔡素芳, 王辉, 等. 肌电触发电刺激疗法对脑卒中患者手功能的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2013(01): 60-62. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2013.01.016.
- [20] 付桢, 胡楠, 潘翠环, 等. 脑卒中患者手运动功能康复的功能磁共振成像研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2015(11): 1277-1281. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.11.009.
- [21] Takahashi C D, Der-Yeghiaian L, Le V, et al. Robot-based hand motor therapy after stroke [J]. Brain, 2008, 131(2): 425-437. DOI: 10.1093/brain/awm311.
- [22] 蔡伟森, 吴毅, 吴军发, 等. 缺血性脑卒中患者患手主动运动及被动运动时的功能性磁共振研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(4): 270-273. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.04.007.
- [23] 方又方, 喻洪流, 官龙, 等. 基于肌电触发的上肢康复训练机器人的实现 [J]. 上海理工大学学报, 2015(4): 355-361. DOI: 10.13255/j.cnki.jusst.2015.04.010.

(修回日期: 2018-01-01)

(本文编辑: 阮仕衡)

· 外刊撷英 ·

Multiple versus single hyaluronic acid injections

BACKGROUND AND OBJECTIVE For patients with osteoarthritis (OA) of the knee, common, nonoperative therapies include non-steroidal anti-inflammatory drugs, physical therapy, analgesics and intra-articular injections. Recommendations of the major medical societies, including the American Academy of Orthopedic Surgeons, the American College of Rheumatology and the American Medical Society for Sports Medicine, differ in their recommendations for the use of intra-articular hyaluronic acid. This meta-analysis was designed to better understand the effect of single versus multiple injections of hyaluronic acid for the treatment of OA of the knee.

METHODS A comprehensive literature search was conducted for articles assessing the efficacy of hyaluronic acid injections for patients with OA of the knee, with outcomes including pain, function and adverse events. Relevant articles were reviewed and included in the meta-analysis.

RESULTS Studies included were 26, double-blind, randomized, controlled trials and four, single-blind, randomized, controlled trials involving a total of 5,848 patients. Low molecular weight hyaluronic acid was the most frequently used treatment (47%), followed by high molecular weight hyaluronic acid (43%) and moderate weight hyaluronic acid (10%). Compared with intra-articular saline, two to four injections of HA produced the largest reduction in pain at three ($P < 0.00001$) and six ($P = 0.008$) months. Treatments involving five or more injections were correlated with significant improvement in pain at six months.

CONCLUSION This meta-analysis of randomized, controlled trials involving hyaluronic acid for the treatment of osteoarthritis of the knee found that a series of two to four injections resulted in better outcomes than did single injections, or placebo.

【摘自: Concoff A, Sancheti P, Niazi F, et al. Efficacy of multiple versus single hyaluronic acid injections: a systematic review and meta-analysis. BMC Musculoskel Dis, 2017, 18: 542.】