

# 上肢机器人对肩袖损伤术后患者的疗效观察

李响, 周人龙, 张洪蕊, 刘陵鑫, 徐海东, 朱保亮, 张强

**【摘要】** 目的: 观察上肢机器人训练对改善肩袖损伤术后患者的疗效。方法: 60例肩袖损伤术后患者随机分成对照组和观察组各30例。所有患者均给予常规物理因子和运动疗法治疗, 观察组给予上肢机器人辅助下运动训练。2组患者分别于治疗前、治疗6周后应用肩关节位置重现偏差角度、肩关节被动活动范围(PROM)、疼痛视觉模拟评分法(VAS)、关节Constant-Murley量表(CMS)、功能独立性量表(FIM)对患者进行评估。结果: 治疗6周后, 2组患者肩关节位置重现偏差角度、VAS较前降低( $P < 0.05$ ), PROM、CMS、FIM均较治疗前提高( $P < 0.05$ ); 观察组肩关节位置重现偏差角度、PROM、VAS、CMS、FIM改善优于对照组( $P < 0.05$ )。结论: 对于肩袖损伤术后患者, 常规运动疗法结合上肢机器人训练能更加有效地改善患者肩部本体感觉及上肢运动功能, 减轻疼痛, 值得临床推广应用。

**【关键词】** 上肢机器人; 肩袖损伤; 本体感觉; 运动功能

**【中图分类号】** R49; R686 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2022.07.006

**Efficacy of upper limb robot training for patients after rotator cuff tear repair surgery** Li Xiang, Zhou Renlong, Zhang Hongrui, et al. Affiliated Hospital of Jining Medical University, Shandong Jining, 272000, China

**【Abstract】 Objective:** To explore the efficacy of upper limb robot training in patients after rotator cuff tear repair surgery. **Methods:** A total of 60 patients after rotator cuff tear repair surgery were randomized into either the control group ( $n=30$ ) or the observation group ( $n=30$ ). All of them were given conventional physiotherapy and kinesiotherapy, and the patients in the observation group were given upper limb robot-assisted exercise training additionally. Shoulder joint position recurrence deviation angle, passive range of motion (PROM), visual analogue scale (VAS), the Constant-Murley scale (CMS) and functional independence measurement (FIM) were adopted to assess the proprioception and upper limb motor function of all patients before and 6 weeks after the treatment. **Results:** After 6 weeks of treatment, the recurrence deviation angle of shoulder joint position and VAS in two groups were decreased, and PROM, CMS and FIM were improved, with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). The changes of the indicators in the observation group were more significant than those in the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** For patients after rotator cuff tear repair surgery, conventional physiotherapy and kinesiotherapy combined with upper limb robot training can more effectively improve the patient's shoulder proprioception and upper limb motor function, and it is worthy of clinical application.

**【Key words】** upper limb robot; rotator cuff tear; proprioception; motor function

肩袖损伤是常见的肌肉骨骼功能障碍, 研究表明在50~70岁左右的人群中肩袖损伤发病率显著增加<sup>[1]</sup>。肩袖损伤患者主要表现为疼痛、关节活动范围减小与肌力减退等, 这些躯体功能的降低直接导致生活质量下降。本体感觉减退是肩袖损伤后常见的功能障碍之一, 直接影响患者肩部乃至上肢的运动表现<sup>[2-3]</sup>, 提高肩部本体感觉将对肩袖损伤患者上肢运动功能起到明显的改善作用<sup>[4]</sup>。上肢机器人可有效改善上肢本体感觉与运动功能<sup>[5]</sup>, 但其对肩袖损伤术后

患者肩部功能训练中的治疗效果尚不明确, 本研究对肩袖损伤术后患者进行上肢机器人训练, 探讨上肢机器人对肩袖损伤术后的临床疗效。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 病例选自2019年8月~2021年6月在济宁医学院附属医院门诊及住院患者60例, 按随机数字表法分为对照组和观察组各30例。入选标准: 根据2010版美国骨科医师协会《肩袖疾病临床实践指南》中症状、体征和影像学检查三方面的诊断确诊为肩袖损伤<sup>[6]</sup>; 成功进行肩关节镜下肩袖修补术; 年龄24~56岁; 术后 $\geq 14$ d; 患侧肩关节前屈角度 $\geq 90^\circ$ ; 肩周肌群肌力 $\geq 2$ 级。排除标准: 认知功能障碍无法配合评估; 肩关节严重疼痛影响治疗; 合并肩关节骨折、脱位

基金项目: 济宁医学院附属医院“苗圃”科研课题(MP-MS-2019-005)

收稿日期: 2022-01-18

作者单位: 济宁医学院附属医院康复医学科, 山东 济宁 272000

作者简介: 李响(1971-), 男, 副主任医师, 主要从事神经与运动损伤康复方面的临床研究。

通讯作者: 周人龙, 395742616@qq.com

等不稳定情况;皮肤完整性破坏影响固定者;伴有严重脏器功能障碍;妊娠和哺乳期患者。入组患者均自愿参与并签署知情同意书,2组患者的一般资料比较差异均无统计学意义,见表1。

1.2 方法 所有患者均给予常规物理因子和运动疗法治疗,对照组每日进行运动疗法45min,观察组每日同样进行运动疗法45min,其中包含上肢机器人辅助下运动训练15min,2组患者训练均每周6d,持续6周。

1.2.1 常规物理因子和运动疗法 物理因子治疗包括蜡疗、超声波疗法、超短波疗法与电子生物反馈疗法等;运动疗法包括肩关节松动术、肌力耐力训练以及器械训练(上下肢主被动训练等),肩关节松动术主要进行前后向滑动改善肩前屈与内旋、后前向滑动改善肩后伸与外旋、外展向足侧滑动改善肩外展、侧方滑动改善水平内收、内旋摆动改善内旋、外旋摆动改善外旋等多项操作以改善肩关节各组成部分的关节活动范围;肌力耐力训练通过对上述训练维度从不同角度下对肩周肌群进行等长、等张收缩训练,训练中采用被动、助动、主动与抗阻等不同强度增强肌力与耐力以改善肩关节的主动运动能力,矫正用力姿势防止代偿等,同时包括任务导向性上肢功能训练<sup>[7]</sup>。

1.2.2 上肢机器人治疗 观察组的上肢机器人训练应用上肢机器人 Tecnobody(MJS403,意大利)进行,患者坐于仪器座椅上,根据患者身体形态数据调节座椅和脚踏的高度,然后根据训练所需的不同助力方向(前屈后伸、内收外展、内外旋)调节气泵,治疗前首先把前臂和手固定在手柄上,询问患者是否固定牢固,根据患者患肩方向调整机械臂的方向,评估并设定机械臂轴向及活动范围,包括主动活动范围和被动活动范围,评估中要求患者避免出现躯干代偿的前提下尽可能达到最大活动范围,接下来根据患者基础肌力及治疗目标选择治疗模式,治疗模式包括等速训练、助力训练、主动训练、抗阻训练等,治疗模式选定后对活动轨迹、力量保护、摩擦力或阻力值进行设置,然后开始训练任务,训练中治疗人员对上肢机器人机械臂进行保护性控制,防止气泵反作用下出现反弹现象,将关节活动超出设置范围造成损伤。根据每日治疗结果调节相关参数,待患者可以轻松完成本阶段训练任务时上调

训练强度或难度,训练过程中防止患者出现明显疼痛。

根据本研究中纳入患者基础功能情况,本研究上肢机器人初步设定训练参数方案如下:第一阶段(第0~3周)肩关节活动角度设置为前屈120°、后伸40°、外展90°、内外旋60°,减重气泵设置为3档;第二阶段(第4~6周)肩关节活动角度设置为前屈150°、后伸50°、外展120°、内外旋75°,减重气泵设置为2档;第三阶段(6周后)肩关节各方向活动正常范围,减重气泵设置为1档或无减重。在研究进行过程中根据患者不同耐受及功能进展及时调整相关参数以获得最佳训练效果。

1.3 评定标准 在治疗前和治疗6周后分别对患者进行评估。

1.3.1 本体感觉评定 测定方法参考相关文献<sup>[2,8]</sup>并进行适当改进,测定工具应用训练中所使用的MJS403系统完成。患者取坐位,评估时对其视觉进行有效遮挡以消除对本体感觉的影响。本体感觉的评定采用被动定位被动复位(passive reproduction of passive positioning protocol, PRPP)的方法。将患者上肢在MJS上置于放松下垂位作为起始位置,对上肢做好充分固定后,根据患者功能状态给予不同的助力,以患者能够主动完成自身最大关节活动范围的运动为准,测试前首先将患者肩关节被动屈曲至30°、60°与90°三个位置并分别停留10s以便患者识记3个角度的关节位置信息,测试开始后,嘱患者主动完成肩前屈动作,患者感觉自身肩关节主动运动至3个目标角度时主动停下稍作停留,测定人员分别记录患者感知到的关节被动复位的实际角度,取测量值与目标值之差的绝对值,重复3次,取其平均值,差值越小,表示患者位置觉越好。

1.3.2 运动功能评估 ①肩关节被动活动范围(Passive Range of Motion, PROM)<sup>[9]</sup>:选取肩关节前屈、后伸、外展方向活动度,正常范围内角度越大,功能越好。②视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS):用以评估肩关节运动过程中疼痛程度,赋值范围0~10分,疼痛程度越高则评分越高。③Constant-Murley肩关节功能评分(Constant-Murley Scale, CMS)<sup>[9]</sup>:评估肩关节各项功能状况,该量表主要包括疼痛、日常生活、关节活动度以及肌力4个方面,满分

表1 2组患者一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	病程 (月, $\bar{x} \pm s$ )	损伤部位(例)		损伤程度(例)		损伤原因(例)	
		男	女			优势肩	非优势肩	部分损伤	中小型损伤	交通	职业
对照组	30	15	15	38.58±3.17	1.84±0.92	20	10	19	11	13	17
观察组	30	17	13	40.41±3.81	2.10±1.13	21	9	17	13	15	15

共计 100 分,得分越高表示相应肩关节功能越好。④功能独立性量表(Functional Independence Measurement, FIM)<sup>[10]</sup>:采用量表中的自理能力一项进行评定。表中自理能力包括进食、梳洗装饰、洗澡、穿裤子、穿上衣与上厕所六项。每项最高 7 分,最低 1 分,得分越高表明自理能力越好。

1.4 统计学方法 应用软件 SPSS 23.0 对数据进行统计学分析,计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示,组间比较采用两独立样本  $t$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

治疗后 2 组患者肩关节位置重现偏差角度与 VAS 评分较治疗前减小( $P < 0.05$ ),肩关节 PROM、CMS、FIM 较治疗前提高( $P < 0.05$ );观察组各评定指标改善优于对照组( $P < 0.05$ ),见表 2~4。

表 2 2 组患者治疗前后本体感觉比较  $^{\circ}, \bar{x} \pm s$

组别	n	时间	肩关节角度位置重现角度与各目标角度差值		
			30 $^{\circ}$	60 $^{\circ}$	90 $^{\circ}$
对照组	30	治疗前	5.48 $\pm$ 2.17	6.10 $\pm$ 2.48	4.83 $\pm$ 2.17
		治疗后	4.36 $\pm$ 2.04 <sup>a</sup>	4.85 $\pm$ 2.01 <sup>a</sup>	3.44 $\pm$ 1.78 <sup>a</sup>
观察组	30	治疗前	5.64 $\pm$ 2.21	6.15 $\pm$ 2.55	5.03 $\pm$ 2.42
		治疗后	3.42 $\pm$ 1.44 <sup>ab</sup>	3.81 $\pm$ 1.80 <sup>ab</sup>	2.49 $\pm$ 1.25 <sup>ab</sup>

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与对照组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

表 3 2 组患者治疗前后肩关节 PROM 比较  $^{\circ}, \bar{x} \pm s$

组别	n	时间	前屈	后伸	外展
			对照组	30	治疗前
		治疗后	126.87 $\pm$ 9.78 <sup>a</sup>	34.10 $\pm$ 7.14 <sup>a</sup>	96.70 $\pm$ 10.01 <sup>a</sup>
观察组	30	治疗前	99.80 $\pm$ 7.19	24.67 $\pm$ 6.64	58.67 $\pm$ 7.16
		治疗后	134.07 $\pm$ 9.99 <sup>ab</sup>	38.97 $\pm$ 6.68 <sup>ab</sup>	103.53 $\pm$ 9.85 <sup>ab</sup>

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与对照组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

表 4 2 组患者治疗前后 VAS、CMS、FIM 评分比较

组别	n	时间	分, $\bar{x} \pm s$		
			VAS	CMS	FIM
对照组	30	治疗前	3.60 $\pm$ 1.90	40.86 $\pm$ 9.87	19.67 $\pm$ 3.10
		治疗后	2.83 $\pm$ 1.72 <sup>a</sup>	53.00 $\pm$ 10.08 <sup>a</sup>	32.20 $\pm$ 3.59 <sup>a</sup>
观察组	30	治疗前	3.73 $\pm$ 1.80	39.83 $\pm$ 8.97	19.47 $\pm$ 2.92
		治疗后	1.93 $\pm$ 1.28 <sup>ab</sup>	57.40 $\pm$ 7.83 <sup>ab</sup>	38.10 $\pm$ 4.42 <sup>ab</sup>

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与对照组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

## 3 讨论

据统计,肩袖损伤在肩关节疾病中占比高达 17%~41%,且伴随发病率明显上升趋势<sup>[11]</sup>,随着国内关节镜等手术技术的成熟,肩袖损伤后修复手术已取得了良好的效果和患者满意度<sup>[12]</sup>,但在术后功能恢复过程中,大部分患者因疼痛、关节活动受限、肌力减退等因素长期处于相对制动状态,缺少正确运动感觉的输入将导致肩部本体感觉明显降低<sup>[13]</sup>。研究发现肩袖损伤程度与本体感觉减退程度呈现明显正相关

性<sup>[14]</sup>,积极有效的本体感觉训练可改善肩关节囊的张力和肩周肌群肌肉力量,对肩部本体感觉的神经-肌肉调控机制起到良好的改善作用<sup>[15]</sup>。

本研究结果显示,治疗前 2 组患者各观察指标之间对比无明显差异,经过 6 周治疗后 2 组患者的本体感觉、疼痛、运动与功能独立性均较前好转,究其原因是在两组患者在术后进行的综合常规康复治疗过程中,肩关节松动手术扩大了肩关节的活动范围,关节活动训练、肌力耐力训练等技术的强化下,比起治疗前患者可以进行更多的主动或抗阻运动,运动过程中各处的本体感受器能更多地接受机体运动时产生的刺激并将其传入大脑,使大脑神经元能够更好地感知运动器官的位置变化并将其处理后重新反馈到运动输出通路中,进一步强化了中枢与外周的运动控制系统。患者本体感觉的增强与运动功能的提高相辅相成,共同作用优化了肩关节乃至整个上肢的运动表现,提高了患者的功能<sup>[16]</sup>,加之对其进行的物理因子治疗如蜡疗、超短波等促进了肩关节处的血液与淋巴循环,改善了囊内炎症因子的吸收,减轻了疼痛,这与之前的研究结果一致<sup>[17]</sup>。同时,与 Baek 等<sup>[18]</sup>的研究结果类似的是,重复运动训练也改善了患者的神经肌肉反馈,提高肩关节稳定性,并减轻了肩部疼痛,进一步提高了患者的运动功能。

近年来,上肢康复机器人在康复医学领域中被广泛地应用,国内外研究发现上肢机器人训练可有效改善患者上肢本体感觉功能,提高上肢的运动表现<sup>[19]</sup>。本研究结果显示观察组患者整体本体感觉、疼痛与运动功能表现改善均优于对照组,分析原因主要有以下几个方面:首先,本研究所应用的上肢机器人可实时提供肩关节各个轴向的运动信息,弥补了患者本体感觉功能的不足,使患者可以在训练的过程中及时获取到自身肢体的位置信息,在运动启动阶段大脑可以前馈性地对自身的躯干和上肢运动作出预调整,加之在训练过程中不断的反馈输入与运动输出的过程加强了中枢-外周-中枢闭环控制机制<sup>[20]</sup>,因此观察组患者的上肢机器人训练对肢体的运动功能起到了更为良好的巩固与加强作用;其次,疼痛是影响肩袖损伤后康复训练效果及恢复进程的一大因素,在常规的运动训练中,由于患者配合不充分、治疗人员控制不够精准等因素通常导致患者在治疗中易出现非预期的锐痛或其它痛感,致使患者自我保护意识过强,肌纤维紧张程度增高,从生理和心理两方面均影响训练效果<sup>[21]</sup>,本研究中应用的上肢机器人可精准地对患者训练所需的助力或阻力进行调节并在训练中同质化的输出,减轻患者对非预期疼痛的恐惧,同时可通过观看电脑屏幕转移

其注意力,降低运动紧张程度,使其更有效地主动进行训练<sup>[22]</sup>,提高了训练效果;另外,本研究中应用上肢机器人对患者制定了全面、针对性的训练计划,该训练计划中对同一种训练采取多种训练措施,同时应用游戏、多媒体等因素辅助,有效增强了患者训练计划的依从性,充分地调动患者的训练积极性从而保障训练的完成度,达到每日康复治疗所需的强度与重复方面的要求,进一步提高了疗效<sup>[23]</sup>。

综上所述,上肢机器人训练结合常规综合康复治疗对于肩袖损伤术后患者的本体感觉与运动等功能有较为明显的改善作用,具有较为重要的临床方面意义,值得临床推广应用。但在上肢机器人的应用中同时凸显出其运动相比起正常上肢的复杂功能仍欠精准,体型较高或较矮患者应用不佳,躯干固定稍欠牢固等现象,同时本研究亦存在观察样本量较少,缺乏对干预患者在恢复后期各项指标的随访调查等不足,在今后研究工作中需进一步完善上述相关工作。

### 【参考文献】

- [1] Minagawa H, Yamamoto N, Abe H, et al. Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: From mass-screening in one village[J]. *Journal of Orthopaedics*, 2013, 10(1): 8-12.
- [2] Vittorio C, Stefano C, Stefano G. The Effects of Rotator Cuff Tear on Shoulder Proprioception[J]. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 2021, 30(7): e445-e445.
- [3] Gumina S, Camerota F, Celletti C, et al. The effects of rotator cuff tear on shoulder proprioception[J]. *International Orthopaedics*, 2019, 43(1): 229-235.
- [4] 柳方方,周敬杰,张明,等.本体感觉训练对肩袖损伤术后关节功能恢复的疗效观察[J]. *中国康复*, 2019, 34(3): 146-149.
- [5] 陈泽健,王纯,夏楠,等.上肢机器人在脑卒中上肢本体感觉评估中应用的研究进展[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(3): 280-284.
- [6] Tashjian RZ. AAOS clinical practice guideline: optimizing the management of rotator cuff problems[J]. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 2011, 19(6): 380-383.
- [7] 范虹,龚剑秋,吴月峰,等.基于上肢康复机器人的任务导向性训练对急性期脑卒中患者上肢本体感觉功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(8): 983-985.
- [8] Panics G, Tallay A, Pavlik A, et al. The effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2008, 42(6): 472-476.
- [9] 张振,赵甲军,左坦坦,等.分阶段康复干预对肩袖损伤术后患者肩关节功能恢复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(1): 66-69.
- [10] Douglas Chumney D, PT, Kristen Nollinger D, PT, Kristina Shesko D, PT, et al. Ability of Functional Independence Measure to accurately predict functional outcome of stroke-specific population: Systematic review[J]. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 2010, 47(1): 17-29.
- [11] 吴华,顾旭东,陈迎春,等.综合康复对老年肩袖损伤患者肩关节运动功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2010, 32(9): 660-661.
- [12] 周晓波,梁军波,陈忠义.关节镜下3种方式修补肩袖损伤的疗效分析[J]. *中国骨伤*, 2017, 30(8): 689-694.
- [13] Esra DH, Aksu YS, Muhammed K. Effect of sensory training of the posterior thigh on trunk control and upper extremity functions in stroke patients[J]. *Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 2017, 38(4): 651-657.
- [14] Rossignol S, Dubuc R, Gossard JP. Dynamic sensorimotor interactions in locomotion[J]. *Physiological Reviews*, 2006, 86(1): 89-154.
- [15] Huzmeli ED, Yildirim SA, Kilinc M. Effect of sensory training of the posterior thigh on trunk control and upper extremity functions in stroke patients[J]. *Neurological sciences*, 2017, 38(4): 651-657.
- [16] Findlater SE, Dukelow SP. Upper Extremity Proprioception After Stroke: Bridging the Gap Between Neuroscience and Rehabilitation[J]. *Journal of motor behavior*, 2017, 49(1/6): 27-34.
- [17] 王亮,王予彬,王惠芳.肩袖损伤疼痛机制及治疗[J]. *中国运动医学杂志*, 2011, 30(04): 379-382+396.
- [18] Baek J-H, Kim J-W, Kim S-Y, et al. Acute effect of repeated passive motion exercise on shoulder position sense in patients with hemiplegia: A pilot study[J]. *Neurorehabilitation*, 2009, 25(2): 101-106.
- [19] 孙亚,金敏敏,李岩,等.上肢机器人辅助训练对恢复期脑卒中患者肩关节本体感觉的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39(11): 806-810.
- [20] 贾杰.“中枢-外周-中枢”闭环康复——脑卒中后手功能康复新理念[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(11): 1180-1182.
- [21] 李沐,李静,姚冬英.分阶段康复训练对运动性肩袖损伤关节镜术后肩关节功能恢复及疼痛的影响[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(11): 1143-1145.
- [22] 陈钰昕,吕雪靖,胡理.主动运动和被动运动的镇痛效果及其镇痛机制[J]. *生物化学与生物物理进展*, 2020, 47(6): 498-509.
- [23] José B, Celedonia IC, Mari B, et al. The efficacy of virtual reality tools for total knee replacement rehabilitation: A systematic review[J]. *Physiotherapy Theory and Practice*, 2021, 37(6): 682-692.