

机器人辅助步态训练联合综合康复治疗对下肢危重烧伤患者康复效果及膝关节功能的影响

靳岚, 叶婧琳, 居亭, 张瑞, 周琴

(空军军医大学第一附属医院全军烧伤中心 陕西 西安 710032)

摘要 **目的:** 探讨机器人辅助步态训练联合综合康复治疗对下肢危重烧伤患者康复效果及膝关节功能的影响。**方法:** 选取 2018 年 2 月—2023 年 2 月于空军军医大学第一附属医院治疗的下肢危重烧伤患者 106 例, 以随机数表法分为对照组 (53 例, 常规护理) 和研究组 (53 例, 机器人辅助步态训练联合综合康复治疗), 比较关节活动度、步行能力、生活质量和恢复情况。**结果:** 与护理前比较, 两组患者护理后主动、被动关节活动度 (ROM) 均升高, 且与对照组比较, 研究组主动、被动 ROM 更高 ($P<0.05$)。与护理前比较, 两组患者护理后 6 min 步行试验 (6MWD) 步行距离增长, 10 m 步行测试用时缩短, 且与对照组比较, 研究组 6MWD 步行距离更长, 10 m 步行测试用时更短 ($P<0.05$)。与护理前比较, 两组患者护理后烧伤专用健康量表 (BSHS-A) 各维度评分均升高, 且与对照组比较, 研究组 BSHS-A 各维度评分更高 ($P<0.05$)。与对照组比较, 研究组的住院时间和康复时间更短 ($P<0.05$)。**结论:** 机器人辅助步态训练联合综合康复治疗应用于下肢危重烧伤患者, 可以改善患者关节活动度, 恢复膝关节功能, 提高步行能力和生活质量, 促进患者加速康复。

关键词 危重烧伤; 机器人辅助步态训练; 综合康复治疗; 膝关节功能

中图分类号 R644 R493 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 06-1100-05

Effect of robot-assisted gait training combined with comprehensive rehabilitation therapy on the rehabilitation and knee joint function of patients with critically burned lower limbs

JIN Lan, YE Jinglin, JU Ting, ZHANG Rui, ZHOU Qin

(Army Burn Center, the First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University,
Xi'an 710032, China)

Abstract **Objective:** To explore the effect of robot-assisted gait training combined with comprehensive rehabilitation therapy on the rehabilitation and knee joint function of patients with critically burned lower limbs. **Methods:** 106 patients with critically burned lower limbs treated in the First Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University from February 2018 to February 2023 were selected. They were divided into the control group ($n=53$) and the study group ($n=53$) using a random number table. The control group received routine care, while the study group received robot-assisted gait training combined with comprehensive rehabilitation therapy. The joint mobility, walking ability, quality of life, and recovery conditions of patients in the two groups were compared. **Results:** The ROM of patients in the two groups were all increased after nursing

收稿日期: 2024-01-10 录用日期: 2024-01-26

Received Date: 2024-01-10 Accepted Date: 2024-01-26

基金项目: 陕西省重点研发计划项目 (2023-YBSF-578)

Foundation Item: Key R&D Plan Project of Shaanxi Province(2023-YBSF-578)

通讯作者: 周琴, Email: zhouqin@163.com

Corresponding Author: ZHOU Qin, Email: zhouqin@163.com

引用格式: 靳岚, 叶婧琳, 居亭, 等. 机器人辅助步态训练联合综合康复治疗对下肢危重烧伤患者康复效果及膝关节功能的影响 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (6): 1100-1104.

Citation: JIN L, YE J L, JU T, et al. Effect of robot-assisted gait training combined with comprehensive rehabilitation therapy on the rehabilitation and knee joint function of patients with critically burned lower limbs [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(6): 1100-1104.

intervention compared with that before intervention, and the active and passive ROMs of patients in the study group were higher than those in the control group ($P<0.05$). Compared with that before intervention, the 6-minute Walk Test (6MWD) walking distance increased and the 10-m walk test time was shorter in the two groups after intervention. Compared with the control group, the 6MWD walking distance was longer and the 10-m walk test time was shorter in the study group ($P<0.05$). Compared with that before intervention, all dimensions of the Burn Specific Health Scale-A (BSHS-A) scores were improved in the two groups after intervention, and the BSHS-A scores for all dimensions were higher in the study group than those in control group ($P<0.05$). Length of hospital stay and rehabilitation time were shorter in the study group than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Application of robot-assisted gait training combined with comprehensive rehabilitation therapy in patients with critically burned lower limbs can improve patients' joint mobility, restore knee joint function, improve walking ability and quality of life, and enhance accelerated recovery after surgery.

Key words Critical Burn; Robot-assisted Gait Training; Comprehensive Rehabilitation Therapy; Knee Joint Function

下肢危重烧伤是一种严重的创伤，不仅会给患者带来身体上的痛苦，还会对其心理和社会生活产生深远的影响^[1]。在康复过程中，步态训练是至关重要的环节，它有助于恢复患者的自主行走能力，提高生活质量。然而，单纯的步态训练往往不足以满足患者的康复需求，需要借助其他手段进行联合治疗^[2-3]。近年来，机器人辅助技术逐渐应用于康复医学领域，为患者提供了更加科学、高效的康复治疗方法。综合康复治疗是一种多维度的治疗方法，包括物理治疗、心理治疗、职业治疗等，旨在全面提高患者的身体和心理状态^[4-5]。将机器人辅助步态训练与综合康复治疗相结合，可以为患者提供更加全面、个性化的治疗方案。基于此，本研究旨在探讨该联合治疗方法对下肢危重烧伤患者康复效果及膝关节功能的影响，以期为临床实践提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年2月—2023年2月于空军军医大学第一附属医院治疗的下肢危重烧伤患者106例。纳入标准：①烧伤至入院诊治时间 <48 h；②年龄18~60岁；③下肢烧伤面积达到31%~50%，或下肢Ⅲ度烧伤面积达到10%~20%，或下肢的烧伤面积 $<31\%$ ，但伴有休克/全身情况严重/复合伤，且对膝关节产生影响；④中重度吸入性损伤；⑤在医院签署知情同意书。排除标准：①严重心肺方面的疾病者；②发生骨髓炎者；③膝关节发生化脓性的关节炎者；④伴有膝关节结核者。患者以随机数表法分为对照组(53例,常规护理)和研究组(53例，

机器人辅助步态训练联合综合康复治疗)，两组患者基线资料比较，差异无统计学意义($P>0.05$)，具有可比性，见表1。本研究获得医学伦理委员会的审核与批准。

1.2 方法 对照组采用常规护理。①补液治疗：烧伤会导致患者大量液体流失，需要及时补液治疗，以预防休克，应遵医嘱使用氯化钠注射液、葡萄糖注射液等药物进行补液治疗。②创面处理：应及时通过清创术处理皮肤破损，并在术后使用碘伏、过氧化氢溶液等药物进行消毒处理，以防止感染。③营养支持：在创面愈合期间，患者需要及时补充营养，以促进伤口的愈合。建议多吃高蛋白的食物，如鸡蛋、牛奶等，以及富含维生素的食物，如苹果、橙子等。④心理护理：烧伤患者可能会因为疼痛、焦虑等原因导致精神过度紧张，建议患者多与家人、朋友沟通，缓解紧张的情绪，也可以尝试听一些舒缓的音乐以放松心情。⑤疼痛管理：应遵医嘱使用镇痛药物缓解患者疼痛，如布洛芬缓释胶囊、塞来昔布胶囊等，同时也可以通过按摩等方式缓解疼痛。⑥皮肤清洁与保护：烧伤后的创面在愈合期间容易感染，因此需要注意皮肤清洁卫生。可以使用中性清洁剂清洗创面，避免使用刺激性强的化学品。同时，应指导患者避免过早下地活动，以减少对烧伤处的压力，防止瘢痕增生。⑦瘢痕康复治疗：烧伤后往往会产生瘢痕，需要坚持进行瘢痕康复治疗，包括使用抗瘢痕药物、压力套保护等，以减少瘢痕的形成和充血。⑧活动与休息：患者需要定期翻身，防止皮肤压疮，并适当活动四肢，特别是双下肢，以预防下肢深静脉血栓

表 1 两组患者基线资料比较 [$\bar{x} \pm s$, $n(\%)$]

Table 1 Comparison of baseline data between the two groups of patients [$\bar{x} \pm s$, $n(\%)$]

组别	年龄 (岁)	性别		BMI (kg/m^2)	烧伤至入院诊 治时间 (h)	烧伤面积 (%)	Ⅲ度烧伤面积 (%)
		男	女				
研究组 ($n=53$)	46.04 ± 8.79	36 (67.92)	17 (32.08)	25.67 ± 2.43	25.23 ± 5.32	40.34 ± 3.28	15.53 ± 2.08
对照组 ($n=53$)	46.83 ± 9.48	35 (66.04)	18 (33.96)	25.54 ± 1.83	24.70 ± 5.40	40.92 ± 3.32	15.81 ± 1.94
t/χ^2 值	-0.446	0.043		0.316	0.507	-0.912	-0.724
P 值	0.656	0.836		0.753	0.613	0.364	0.471

形成。如果病情允许,应建议患者适当下地活动,以防止肠粘连和胃肠功能出现障碍。

研究组采用机器人辅助步态训练联合综合康复治疗,具体方法如下。①创面护理:下肢烧伤后需要保持创面的清洁和干燥,避免感染。应定期更换敷料,观察创面愈合情况,若发生感染或异常情况,及时告知医生。②肢体功能锻炼:指导患者进行足部锻炼,包括踝关节屈伸、旋转运动及趾关节外展、内收运动等。在仰卧及俯卧位时,辅助患者进行足部背屈后伸及旋转运动,每次 15~30 min,避免关节僵硬。锻炼时需注意关节酸痛、皮肤破损及小创面出血等情况,及时对症处理。膝关节锻炼则采用局部按摩疗法,先用轻手按压,后逐渐增加推、揉、捏等综合手法,按摩前涂液体石蜡油以减少摩擦力,手法应柔和缓慢,避免损伤新生皮肤。若出现水泡,应适当减少活动量,防止破溃。③疼痛管理:下肢烧伤后,患者可能会感到剧烈的疼痛,应使用止痛药和镇静药来缓解疼痛,也可以采取其他疼痛管理方法,如分散注意力、放松技巧等。④心理支持:下肢危重烧伤对患者来说是一种严重的身体和心理创伤,需要进行心理支持和治疗。护理人员和家人应给予患者足够的关心和支持,帮助患者克服心理障碍,积极面对生活。⑤机器人辅助步态训练:采用 XYKXZFK-9 型智能下肢反馈康复训练机器人进行机器人辅助步态训练,可锻炼患者下肢肌肉,恢复行走功能。开机自检后,患肢固定,选择训练程序,阻力 0~30 Nm,速度 15~30 r/min,根据恢复情况调整阻力。若发生痉挛应先缓解,再调整方向。每次训练 30 min,每天 2 次,每周 5 d,持续 8 周。训练结束,松开机器人,关

闭开关,拔除电源。⑥健康宣教:向患者及家属宣传烧伤预防和护理知识,提高其健康意识和自我保护能力。

1.3 观察指标 ①关节活动度:于护理前后采用量角器测量患者主动和被动关节活动度(Range of Motion, ROM)。②步行能力:于护理前后采用 6 min 步行试验(6-minute Walk Test, 6MWD)测量患者 6 min 步行距离,距离越远表示步行能力越好;测量患者 10 m 步行时间,用时越短表示步行能力越好。③生活质量:于护理前后采用烧伤专用健康量表(Burn Specific Health Scale-A, BSHS-A)^[6]评估患者生活质量,包括一般健康、心理功能、躯体功能、社会功能 4 项,分数越高生活质量越好。④恢复情况:记录并比较两组患者住院时间及康复时间。

1.4 统计学方法 所有数据均采用 SPSS 22.0 进行统计学分析。计数资料表示为例数(百分比)[$n(\%)$]的形式,组与组之间行 χ^2 检验;计量资料表示为均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)的形式,组与组之间行 t 检验。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 关节活动度 两组患者护理前 ROM 比较,差异无统计学意义($P>0.05$);与护理前比较,两组患者护理后主动、被动 ROM 均升高,且与对照组比较,研究组主动、被动 ROM 更高,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

2.2 步行能力 两组患者护理前 6MWD 步行距离及 10 m 步行测试用时比较,差异无统计学意义($P>0.05$);与护理前比较,两组患者护理后 6MWD 步行距离增长,10 m 步行测试用时缩短,且与对照组比较,研究组 6MWD 步行距离

更长，10 m 步行测试用时更短，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表 3。

2.3 生活质量 两组患者护理前 BSHS-A 各维度评分比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）；与护理前比较，两组患者护理后 BSHS-A 各维度评分均升高，且与对照组比较，研究组 BSHS-A 各维度评分更高，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ），见表 4。

2.4 恢复情况 与对照组比较，研究组的住院时间〔（ 25.79 ± 4.44 ）d Vs（ 18.73 ± 3.75 ）d〕和康复时间〔（ 465.86 ± 41.28 ）d Vs（ 369.26 ± 40.26 ）d〕更短，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）。

3 讨论

下肢危重烧伤是指下肢受到深度较深、范围较大的烧伤，导致皮肤、肌肉、神经、骨骼等组织受到严重损伤^[7-9]。对于下肢危重烧伤患者来说，康复护理在烧伤患者的康复过程中起着非常重要的作用^[10]。机器人辅助步态训练是一种使用机器人技术辅助患者进行步态训练的方式。这种训练通常用于下肢运动功能障碍的患者，例如脊髓损伤、脑卒中或下肢骨折等^[11-12]。通过使用机器人辅助步态训练，可以帮助患者恢复正常的步态模式，提高行走能力，增强下

表 2 两组患者 ROM 比较（°， $\bar{x} \pm s$ ）
Table 2 Comparison of ROM between the two groups of patients（°， $\bar{x} \pm s$ ）

组别	主动 ROM		被动 ROM	
	护理前	护理后	护理前	护理后
研究组（ $n=53$ ）	60.13±3.62	87.72±6.73 ^a	71.87±5.79	109.83±8.91 ^a
对照组（ $n=53$ ）	59.36±2.57	76.66±6.74 ^a	70.64±4.70	98.96±8.87 ^a
t 值	1.270	8.454	1.197	6.294
P 值	0.207	<0.001	0.234	<0.001

注：与护理前比较，^a $P<0.05$

表 3 两组患者步行能力比较（ $\bar{x} \pm s$ ）
Table 3 Comparison of walking ability between the two groups of patients（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	6MWD（m）		10m 步行测试（s）	
	护理前	护理后	护理前	护理后
研究组（ $n=53$ ）	202.85±55.70	314.31±44.31 ^a	20.68±3.94	11.36±2.00 ^a
对照组（ $n=53$ ）	211.22±54.97	269.23±55.88 ^a	20.55±3.88	14.83±2.69 ^a
t 值	-0.779	4.602	0.174	-7.544
P 值	0.438	<0.001	0.862	<0.001

注：与护理前比较，^a $P<0.05$

表 4 两组患者 BSHS-A 评分比较（分， $\bar{x} \pm s$ ）
Table 4 Comparison of BSHS-A scores between the two groups of patients（score， $\bar{x} \pm s$ ）

组别	社会		躯体		心理		一般健康	
	护理前	护理后	护理前	护理后	护理前	护理后	护理前	护理后
研究组 （ $n=53$ ）	60.75± 3.61	82.81± 2.87 ^a	59.25± 3.36	80.66± 2.75 ^a	64.28± 2.33	86.64± 2.57 ^a	50.81± 3.19	72.32± 3.53 ^a
对照组 （ $n=53$ ）	60.49± 3.56	71.77± 3.77 ^a	58.60± 3.35	64.58± 4.96 ^a	63.75± 2.62	70.60± 3.59 ^a	50.45± 3.65	54.70± 3.68 ^a
t 值	0.380	16.974	0.984	20.647	1.098	26.429	0.539	25.173
P 值	0.705	<0.001	0.327	<0.001	0.275	<0.001	0.591	<0.001

注：与护理前比较，^a $P<0.05$

肢肌肉力量和耐力, 进而提高生活质量。

本研究结果显示, 研究组主动及被动 ROM、6MWD 步行距离、10 m 步行测试用时、BSHS-A 评分、住院时间和康复时间优于对照组, 提示机器人辅助步态训练联合综合康复治疗应用于下肢危重烧伤患者, 可促进膝关节功能恢复, 提高步行能力和生活质量, 促进患者加速康复。分析原因为, 机器人辅助步态训练能够精确评估患者的步态和关节活动度, 并根据患者的具体情况制定个性化的训练方案^[13-17]。采用 XYKXZFK-9 型智能下肢反馈康复训练机器人进行步态训练, 能够对患者下肢肌肉进行有针对性的锻炼, 精确控制阻力和速度, 根据患者恢复情况调整训练强度, 从而更有效地促进膝关节功能恢复, 提高步行能力。综合康复治疗通过指导患者进行踝关节屈伸、旋转运动及趾关节外展、内收运动等足部锻炼, 增强患者下肢肌肉的力量和灵活性, 从而间接促进膝关节功能恢复。同时, 膝关节局部按摩疗法能够改善关节血液循环, 减轻肌肉僵硬和疼痛, 对膝关节功能恢复有直接作用。向患者及家属宣传烧伤的预防和护理知识, 可以提高其健康意识和自我保护能力, 能够在日常生活中做好自我护理, 避免再次受伤, 从而促进康复进程。

综上所述, 常规护理通常只包括基本的护理措施和简单的康复训练, 对于下肢危重烧伤患者的关节活动度改善效果有限。而机器人辅助步态训练联合综合康复治疗应用于下肢危重烧伤患者, 可以更加全面地解决患者面临的各种问题, 改善患者关节活动度, 恢复膝关节功能, 提高步行能力和生活质量, 从而有利于患者加速康复^[18-21]。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 靳岚负责设计论文框架, 起草论文; 叶婧琳负责实验操作, 研究过程的实施; 居亭、张瑞负责数据收集, 统计学分析, 绘制图表; 周琴负责拟定写作思路, 指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] 李晓莉, 张芬, 张涛, 等. 基于气动驱动器的烧伤患者护理用肢体康复训练装置设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2022, (1): 234-237. DOI: 10.14016/j.cnki.1001-9227.2022.01.234.
- [2] 杨瑞雪, 王佳, 李坚, 等. 机器人辅助步态训练对完全性脊髓损伤患者功能状态, 行走和生活质量的影响[J]. 颈腰痛杂志, 2022, 43(6): 885-887.
- [3] 田苗, 许济, 游芳, 等. 机器人辅助步态训练对卒中后患者大脑功能重组及下肢功能影响的研究[J]. 中国医学装备, 2023, 20(10): 128-132.
- [4] 史娜, 金晓燕, 赵凯平, 等. 基于家庭远程康复平台的延续性康复改善手烧伤患者抗瘢痕治疗的疗效[J]. 中国医科大学学报, 2023, 52(9): 810-814.
- [5] 张玲玲, 郑瑞平, 张晓艳, 等. 1 例特重度烧伤患者的康复护理[J]. 现代临床护理, 2022, 21(5): 82-86.
- [6] 冯苹, 李恒宇, 陆健, 等. 中文版精简烧伤健康量表的信度和效度[J]. 解放军护理杂志, 2011, 28(7): 1-4.
- [7] 任虹. 舒适护理配合康复锻炼在手部烧伤整形患者治疗中的效果分析[J]. 贵州医药, 2022, 46(12): 2005-2006.
- [8] 马惠珍, 张娟, 柴雪珺, 等. 烧伤患者病房康复训练延伸指导路径的建立与应用研究[J]. 上海护理, 2022, 22(4): 44-48.
- [9] 唐景洁, 王密芳, 何小玲, 等. 基于 PDCA 循环护理模式预防 ICU 危重患者并发下肢深静脉血栓形成的研究[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2022, 29(4): 462-465.
- [10] 刘秀娟, 张婷, 姚敏. 系统性护理干预在颜面部烧伤患者护理中的应用效果分析[J]. 贵州医药, 2022, 46(1): 168-169.
- [11] 张小青, 王良梅, 张青. 排尿功能训练对机器人辅助原位新膀胱术后患者排尿功能的影响[J]. 国际泌尿系统杂志, 2023, 43(5): 782-785.
- [12] 王开, 刘倩, 金爱萍, 等. 国内外卒中患者机器人辅助步态训练文献的可视化分析[J]. 护士进修杂志, 2022, 37(14): 1262-1268.
- [13] 史娜, 赵春月, 杨磊, 等. 基于家庭远程康复平台的手功能康复训练对手烧伤病人手功能及生活质量的影响[J]. 护理研究, 2023, 37(20): 3766-3770.
- [14] 王成, 卞婧, 沈余明. 烧伤患者治疗中局部使用复方抗生素制剂分析[J]. 临床军医杂志, 2022, 50(6): 612-615.
- [15] 冯健, 张林, 杨威. 烧伤合并吸入性肺损伤患者应用间歇性有氧运动和交互式训练的临床研究[J]. 临床肺科杂志, 2022, 27(2): 208-212.
- [16] Nomoto A, Shimizu A, Ohno T, et al. Poor oral health and anorexia in older rehabilitation patients[J]. Gerodontology, 2022, 39(1): 59-66.
- [17] 锥甜甜, 徐秀瑛, 甘华松, 等. 机器人辅助步态训练对脑卒中患者步态影响的 Meta 分析[J]. 现代临床护理, 2023, 22(3): 66-77.
- [18] Seebacher B, Helmlinger B, Pinter D, et al. Effects of actual and imagined music-cued gait training on motor functioning and brain activity in people with multiple sclerosis: protocol of a randomised parallel multicentre trial[J]. BMJ open, 2022, 12(2): e056666.
- [19] Joo M C, Jung K M, Kim J H, et al. Robot-assisted therapy combined with trunk restraint in acute stroke patients: a randomized controlled study[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2022, 31(5): 106330.
- [20] Milandri G, Sivarasu S. A randomized controlled trial of eccentric versus concentric cycling for anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation[J]. Am J Sports Med, 2021, 49(1): 626-636.
- [21] Ji E K, Wang H H, Jung S J, et al. Graded motor imagery training as a home exercise program for upper limb motor function in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(3): e24351.

编辑: 张笑嫣