

下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统对胸腰段脊髓损伤患者的康复效果研究

袁旭芳, 杜晓泽, 雷磊, 张洁, 杨磊

(陕西省康复医院脊髓损伤康复科 陕西 西安 710000)

摘要 **目的:** 探究下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统对胸腰段脊髓损伤患者康复效果的影响。**方法:** 选取2020年4月—2024年4月陕西省康复医院收治的100例胸腰段脊髓损伤患者作为研究对象,按照随机数表法将其分为研究组(50例,下肢康复机器人与动态等速肌力训练)和对照组(50例,常规护理)。两组患者均治疗3个月,比较其美国脊髓损伤协会(ASIA)分级、平衡能力、综合活动功能能力、下肢肌力及下肢步行能力的差异。**结果:** 相较于治疗前,治疗3个月后两组ASIA分级均改善,且研究组优于对照组($P<0.05$)。两组脊髓功能独立性(SCIM)评分和Berg平衡量表(BBS)评分的时点、组间、交互比较,差异有统计学意义($P<0.05$),相较于治疗前,两组患者治疗1个月和3个月后SCIM评分和BBS评分均升高,且研究组高于对照组($P<0.05$)。相较于治疗前,两组患者治疗3个月后伸肌群和屈肌群的峰力矩及力矩加速能、腓绳肌和股四头肌肌力比例、臀大肌肌力均升高,且研究组高于对照组($P<0.05$)。相较于治疗前,两组患者治疗3个月后脊髓损伤步行指数(WISCI)II和6 min步行测试结果均提升,10 m步行测试用时均降低,且研究组均优于对照组($P<0.05$)。**结论:** 下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统应用于胸腰段脊髓损伤患者,对其康复具有较好的效果,可有效改善ASIA脊髓损伤,提高下肢肌力与下肢步行能力。

关键词 胸腰段脊髓损伤; 下肢康复机器人; 动态等速肌力训练系统

中图分类号 R651.2 R493 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2025)03-0392-06

Application effect of lower limb rehabilitation robot combined with dynamic isokinetic muscle strength training system in the rehabilitation of patients with thoracolumbar spinal cord injury

YUAN Xufang, DU Xiaoze, LEI Lei, ZHANG Jie, YANG Lei

(Department of Spinal Cord Injury Rehabilitation, Shaanxi KangFu Hospital, Xi'an 710000, China)

Abstract **Objective:** To explore the effect of applying lower limb rehabilitation robot combined with dynamic isokinetic muscle strength training system in the rehabilitation of patients with thoracolumbar spinal cord injury. **Methods:** 100 patients with thoracolumbar spinal cord injury Who were treated in Shaanxi KangFu Hospital from April 2020 to April 2024 were selected. They were divided into the study group (lower limb rehabilitation robot combined with dynamic isokinetic muscle strength training system, $n=50$) and the control group (conventional nursing, $n=50$) using a random number table. Both groups were treated for 3 months, and the differences in ASIA spinal cord injury grading, balance ability, comprehensive motor function ability, lower limb muscle strength, and walking ability were compared. **Results:** Compared with that before treatment, the ASIA grading in both groups was improved after 3 months of treatment, and it was better in the study group than that in the control group ($P<0.05$). There were significant differences in the time, inter-group, and interaction of SCIM scores and BBS scores between the two groups ($P<0.05$). Compared with that before treatment, the SCIM scores and BBS scores of the two groups were increased after 1 month and 3 months of treatment, and they were higher in the study group than those in the control group ($P<0.05$). The peak moment and moment acceleration energy of extensor and flexor muscles, the proportion of hamstring and quadriceps muscle strength, and gluteus maximus muscle strength were increased in both groups after 3 months of treatment, and they were higher in the study group than those in the control group ($P<0.05$). The results of the WISCI II and 6-min walk test were elevated, and

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC2002300)

Foundation Item: National Key R&D Plan Project(2018YFC2002300)

引用格式: 袁旭芳, 杜晓泽, 雷磊, 等. 下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统对胸腰段脊髓损伤患者的康复效果研究[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2025, 6(3): 392-397.

Citation: YUAN X F, DU X Z, LEI L, et al. Application effect of lower limb rehabilitation robot combined with dynamic isokinetic muscle strength training system in the rehabilitation of patients with thoracolumbar spinal cord injury [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(3): 392-397.

通讯作者 (Corresponding Author): 杨磊 (YANG Lei), Email: 5815780@163.com

the 10-m walking time was reduced in both groups after 3 months of treatment, and the they were better in study group than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** The application of lower limb rehabilitation robot combined with dynamic isokinetic muscle strength training system in patients with thoracolumbar spinal cord injury has a good effect on their rehabilitation, which can effectively improve ASIA grading, enhance limb muscle strength and lower limb walking ability.

Key words Thoracolumbar Spinal Cord Injury; Lower Limb Rehabilitation Robot; Dynamic Isokinetic Muscle Strength Training System

随着医疗科技的飞速发展，脊髓损伤患者的康复治疗手段也在不断丰富和完善。胸腰段脊髓损伤作为脊髓损伤的一种常见类型，可能导致患者下肢运动功能严重受损，影响患者的日常生活和社会参与能力^[1-2]。传统的康复治疗方法虽能在一定程度上改善患者的运动功能，但效果有限，难以满足患者对于更高生活质量的追求。因此，探索更加高效、科学的康复治疗方法显得尤为重要。下肢康复机器人和动态等速肌力训练系统作为现代康复医学的两大创新技术，近年来在脊髓损伤患者的康复治疗中逐渐得到应用和推广^[3]。下肢康复机器人通过模拟人体自然步态，为患者提供精确、可重复的步态训练，有助于激活受损神经组织的可塑性，促进下肢运动功能的恢复^[4-5]。而动态等速肌力训练系统则能够在等速条件下对患者的肌肉力量进行针对性训练，增强肌肉力量和耐力，提高患者的运动控制能力^[6]。将二者联合应用，有望通过两者的优势互补实现更加全面、高效的康复效果。因此，本研究旨在探讨下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统联合应用对胸腰段脊髓损伤患者康复效果的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 4 月—2024 年 4 月陕西省康复医院收治的 100 例胸腰段脊髓损伤患者作为研究对象。纳入标准：①符合胸腰段脊髓损伤相关诊断标准^[7]，T12~L3 节段损伤；②年龄 18~60 岁；③患者及家属均知情同意。排除标准：①伴有下肢骨折者；②存在重要脏器功能不全者；③存在心脑血管

血管疾病者；④存在深静脉血栓者；⑤存在原发性精神疾病、意识障碍者；⑥严重颅脑外伤者；⑦脊柱不稳者；⑧存在严重感染者；⑨合并恶性肿瘤者。按照随机数表法将患者分为研究组（50 例，下肢康复机器人与动态等速肌力训练）和对照组（50 例，常规护理），两组患者一般资料，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），具有可比性（见表 1）。本方案已经过伦理委员会审批。

1.2 方法 对照组实施常规护理，具体方法如下。①体位与翻身：患者卧于有垫褥的硬板床上，身体保持正确位置，以防止挛缩畸形。肢体安放在与挛缩倾向相反方向的位置上，且瘫痪肢体不要受压；翻身时要保持脊柱呈直线的滚筒式翻身，防止脊柱扭曲、旋转造成脊髓再次损伤。一般每隔 2 h 翻身 1 次，以保持皮肤清洁和防止褥疮发生。②皮肤护理：经常为患者清洗皮肤，保持皮肤清洁干燥，避免身体局部长时间受压；使用气垫床或定期更换体位来减轻局部压力，预防褥疮发生。对于已经出现的褥疮，应及时处理，促进愈合。③泌尿系统护理：受伤后两周内一般需给患者留置导尿，保持导尿管持续开放，防止膀胱过度膨胀。待 2~3 周后，改为定时开放引流，以促使膀胱得到充盈及进行排空训练。导尿时严格执行无菌操作，定时更换导尿管，并鼓励患者多饮水，增加排尿量，以冲洗膀胱，预防感染。

研究组采用下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统进行训练。①使用 Aiwalker 下肢康复机器人系统。先使用悬吊减重装置支撑患者部分体重，固定患者腰腿部，同时配置多个传感器、驱动

表 1 两组患者一般资料比较 [$\bar{x} \pm s$, $n(\%)$]
Table 1 Comparison of general data between the two groups of patients [$\bar{x} \pm s$, $n(\%)$]

组别	性别（男 / 女）	年龄（岁）	病程（d）	脊髓损伤节段		
				T12	L1	L2~L3
研究组（ $n=50$ ）	36/14	52.67 ± 4.22	58.28 ± 8.6	17（34.00）	20（40.00）	13（26.00）
对照组（ $n=50$ ）	38/12	52.86 ± 4.21	58.58 ± 8.45	16（32.00）	22（44.00）	12（24.00）
t/χ^2 值	0.208	0.157	0.123	0.045	0.164	0.053
P 值	0.648	0.876	0.903	0.832	0.685	0.817

器及控制器,借助悬吊承力杆两侧纵向滑竿进行下肢步行训练。使用足部升降带固定患者双侧踝关节于中立位,当患者迈步时,可被动诱发踝关节背屈动作。全部训练过程注意循序渐进,从体重支持30%~50%、机械臂引导力80%~100%开始并逐步降低,初始步行速度0.9~1.0 km/h,而后逐步增加^[8]。训练时长30分钟/次,1次/天,5天/周,持续训练4周。②使用美国BIODEX等速肌力评估训练系统System 4进行双膝关节屈、伸肌群等速训练,1次/天,训练运动速度为60°/s、90°/s、120°/s,各训练5 min,双膝共30 min,5天/周,持续治疗4周^[9]。

1.3 观察指标 ①美国脊髓损伤协会(American Spinal Cord Injury Association, ASIA)分级^[10]:用于评估患者脊髓损伤程度。共分为A~E五级,A级为完全性损伤,感觉和运动功能完全丧失;B~D级为不完全性损伤,根据感觉和运动功能的保留程度逐级递增;E级为正常,感觉和运动功能均未受损。分级越高,表明脊髓损伤程度越低,功能保留越多。②Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)^[11]:用于评估患者平衡能力和协调能力。共包含14个项目,每项记分0~4分,总分56分。患者根据指令完成动作,评分者根据完成情况打分。得分越高,表明患者平衡能力越强,跌倒风险越低。③脊髓功能独立性评分(Spinal Cord Independence Measure, SCIM)^[12]:用于评估患者综合功能能力,特别是日常生活活动能力。评估标准包括自理能力、呼吸和括约肌管理、移动能力等方面,总分100分。分值越高,表明患者独立生活及移动能力越强。④下肢肌力:使用美国BIODEX等速肌力评估训练系统System 4检测患者伸肌群和屈肌群的力矩加速能及峰力矩、腓绳肌和股四头肌肌力比例;徒手肌力检查用于评估臀大

肌的功能和力量,根据患者对抗阻力的能力,将臀大肌肌力分为0~5级,分别代表0~5分。分数越高,表示臀大肌的肌力越强。⑤采用脊髓损伤步行指数Ⅱ(Walking Index for Spinal Cord Injury, WISCI Ⅱ)、10 m步行时间测试和6 min步行测试评估患者的下肢步行能力。WISCI Ⅱ^[13]:主要用于评估患者步行能力。通过量化患者在接受帮助或使用辅助工具后的步行表现来评分,总分21分。分值越高,表明患者步行能力越好。10 m步行时间测试^[14]:在平地划出10 m直线,患者以最快速度步行通过并记录用时。6 min步行测试^[15]:在平地划出30 m直线,患者在其间往返活动,按自身体能决定步行速度。治疗师报时2分钟/次,若患者体力不支可暂时休息,休息时间记录在内,6 min后统计步行距离。

1.4 统计学方法 所有数据采用SPSS 22.0进行统计分析。计数资料用例数(百分比)[n (%)]表示,行 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,行 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 ASIA 分级 与治疗前相比,治疗3个月后两组患者的ASIA分级均改善,且研究组患者ASIA分级优于对照组($P < 0.05$),见表2。

2.2 SCIM 与 BBS 评分 两组患者SCIM与BBS评分的时点、组间、交互效应比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),相较于治疗前,治疗1个月和3个月后两组患者的SCIM与BBS评分均升高($P < 0.05$),且研究组均高于对照组($P < 0.05$),见表3。

2.3 下肢肌力 与治疗前相比,治疗3个月后两组患者的伸肌群和屈肌群的峰力矩及力矩加速能、腓绳肌和股四头肌肌力比例、臀大肌肌力均升高($P < 0.05$),

表2 两组患者ASIA分级比较 [n (%)]

Table 2 Comparison of ASIA grading between two groups of patients [n (%)]

组别	治疗前			治疗3个月		
	C级	D级	E级	C级	D级	E级
研究组($n=50$)	42(84.00)	8(16.00)	0(0.00)	22(44.00) ^a	14(28.00) ^a	14(28.00) ^a
对照组($n=50$)	40(80.00)	10(20.00)	0(0.00)	30(60.00) ^a	15(30.00) ^a	5(10.00) ^a
Z/χ^2 值		0.518			2.045	
P 值		0.795			0.042	

注:与同组治疗前相比,^a $P < 0.05$

且研究组均高于对照组 ($P<0.05$)，见表 4。

2.4 下肢步行能力 与治疗前相比，治疗 3 个月后两组患者 WISCI II 评分和 6 min 步行测试结果均提升，10 m 步行测试用时均降低 ($P<0.05$)，且研究组均优于对照组 ($P<0.05$)，见表 5。

3 讨论

胸腰段脊髓损伤是指由于外伤、脊柱骨折、肿瘤、神经系统疾病等多种原因导致胸段和腰段脊髓的损害^[16-17]。这种损伤可能引起神经传导功能障碍，进而影响患者损伤平面以下的感觉、运动和自主神

表 3 两组患者 SCIM 与 BBS 评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of SCIM and BBS scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	SCIM 评分			BBS 评分		
	治疗前	治疗 1 个月	治疗 3 个月	治疗前	治疗 1 个月	治疗 3 个月
研究组 ($n=50$)	56.72 $\pm$ 4.91	67.32 $\pm$ 5.30 ^a	76.70 $\pm$ 6.85 ^a	15.72 $\pm$ 3.49	27.34 $\pm$ 3.35 ^a	39.08 $\pm$ 4.24 ^a
对照组 ($n=50$)	56.26 $\pm$ 4.84	63.22 $\pm$ 5.15 ^a	69.20 $\pm$ 5.96 ^a	15.70 $\pm$ 3.54	23.56 $\pm$ 3.70 ^a	33.24 $\pm$ 4.90 ^a
t 值	0.472	3.921	5.845	0.028	5.349	6.374
P 值	0.638	<0.001	<0.001	0.997	<0.001	<0.001

注：SCIM 评分 $F_{\text{时点}}=892.241$ 、 $F_{\text{组间}}=18.434$ 、 $F_{\text{交互}}=40.804$ ， $P_{\text{时点}}<0.001$ 、 $P_{\text{组间}}<0.001$ 、 $P_{\text{交互}}<0.001$ ；BBS 评分 $F_{\text{时点}}=2201.137$ 、 $F_{\text{组间}}=25.644$ 、 $F_{\text{交互}}=44.570$ ， $P_{\text{时点}}<0.001$ 、 $P_{\text{组间}}<0.001$ 、 $P_{\text{交互}}<0.001$ ；与同组治疗前比较，^a $P<0.05$

表 4 两组患者下肢肌力比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of lower limb muscle strength between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

指标	时间	研究组 ($n=50$)	对照组 ($n=50$)	t 值	P 值
屈肌群峰力矩 (N/m)	治疗前	26.07 $\pm$ 2.53	25.95 $\pm$ 2.48	0.239	0.811
	治疗 3 个月	62.24 $\pm$ 6.27 ^a	48.90 $\pm$ 4.15 ^a	12.545	<0.001
屈肌群力矩加速能 (J)	治疗前	7.85 $\pm$ 0.87	7.79 $\pm$ 0.84	0.351	8.549
	治疗 3 个月	12.41 $\pm$ 1.50 ^a	10.27 $\pm$ 0.94 ^a	0.726	<0.001
腘绳肌和股四头肌肌力比例	治疗前	41.22 $\pm$ 4.26	41.26 $\pm$ 4.32	0.047	0.963
	治疗 3 个月	62.36 $\pm$ 6.43 ^a	48.60 $\pm$ 4.93 ^a	12.009	<0.001
伸肌群峰力矩 (N/m)	治疗前	10.60 $\pm$ 1.48	10.46 $\pm$ 1.35	0.494	0.622
	治疗 3 个月	37.87 $\pm$ 3.43 ^a	25.78 $\pm$ 2.31 ^a	20.675	<0.001
伸肌群力矩加速能 (J)	治疗前	3.30 $\pm$ 0.43	3.29 $\pm$ 0.39	0.122	0.903
	治疗 3 个月	6.41 $\pm$ 0.71 ^a	5.25 $\pm$ 0.54 ^a	9.198	<0.001
臀大肌肌力评分 (分)	治疗前	1.81 $\pm$ 0.37	1.77 $\pm$ 0.32	0.578	0.564
	治疗 3 个月	2.98 $\pm$ 0.48 ^a	2.54 $\pm$ 0.37 ^a	5.139	<0.001

注：与同组治疗前比较，^a $P<0.05$

表 5 两组患者下肢步行能力比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 5 Comparison of lower limb walking ability between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	WISCI II 评分		6 min 步行测试 (m)		10 m 步行时间测试 (s)	
	治疗前	治疗 3 个月	治疗前	治疗 3 个月	治疗前	治疗 3 个月
研究组 ($n=50$)	8.76 $\pm$ 1.33	12.30 $\pm$ 1.74 ^a	56.15 $\pm$ 5.17	197.43 $\pm$ 14.87 ^a	31.52 $\pm$ 8.38	15.58 $\pm$ 3.37 ^a
对照组 ($n=50$)	8.64 $\pm$ 1.43	10.78 $\pm$ 1.61 ^a	56.43 $\pm$ 5.13	154.93 $\pm$ 12.14 ^a	30.64 $\pm$ 8.99	22.58 $\pm$ 5.17 ^a
t 值	0.435	4.536	0.268	15.659	0.483	8.029
P 值	0.665	<0.001	0.789	<0.001	0.630	<0.001

注：与同组治疗前比较，^a $P<0.05$

经功能。因此,及时、有效的治疗和康复对于减轻患者的痛苦、提高生活质量具有重要意义。下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统作为近年来康复医学领域的创新技术,在促进患者运动功能恢复方面展现出了独特的优势。下肢康复机器人通过模拟人体正常行走姿态,结合减重支持系统,能够为患者提供大量重复性、有针对性的步态训练,激活受损神经传导通路,促进大脑行走功能区域的连接与重组^[18-19]。动态等速肌力训练系统通过精准控制和量化分析,对肌力、肌张力及关节活动能力进行全面检测与训练,帮助患者恢复肌肉力量和关节灵活性。因此,本研究主要分析二者联合在胸腰段脊髓损伤患者中的应用效果,目前已取得一定的成效。

本研究结果显示,与治疗前相比,治疗3个月后两组患者ASIA分级均改善,且研究组ASIA分级优于对照组;与治疗前相比,两组治疗1、3个月后SCIM评分和BBS评分均升高,且研究组高于对照组,表明下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统应用于脊髓损伤患者,对其康复具有较好的效果,可有效改善脊髓损伤,提高患者早期平衡能力,这与潘冉等人^[20]研究结果相符。分析原因可能为下肢康复机器人能够精准模拟正常步态周期中的下肢关节运动轨迹,为患者提供精确的步态训练,且其常与减重训练相结合,提供稳定的步行支持,同时促进患者主动运动参与度的提升^[21]。动态等速肌力训练系统能够对肌力、肌张力和关节活动能力进行精确的检测和评估,发现和确定存在的问题,并制订科学、有效、安全的治疗和训练方案^[22]。对于脊髓损伤患者而言,等速肌力训练能够针对性地改善下肢肌群的肌力,为患者步行能力的恢复奠定基础。下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统的综合应用,能够全面促进脊髓损伤患者的神经功能恢复,通过重复性的步态训练和针对性的肌力训练,患者的运动能力和功能得到逐步恢复,从而改善ASIA脊髓损伤分级,提高早期步行能力和平衡能力。

本研究结果显示,与治疗前比较,两组治疗3个月后伸肌群和屈肌群的峰力矩及力矩加速能、腓绳肌和股四头肌肌力比例、臀大肌肌力均升高,且研究组高于对照组,表明下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统可提高脊髓损伤患者下肢肌力,与热迪娜·亚生等人^[23]研究结果具有相似性。下肢康复机器人通过大量的重复性步态训练和有目标导向的步

态训练,能够显著提高患者的下肢运动能力和功能,这种高效的训练方式能够使患者在短时间内取得显著的康复效果^[24-25]。动态等速肌力训练系统不仅能够对肌肉和关节活动范围进行高效率的主被动训练,还能在训练中保持恒定的速度和力量,确保训练的全面性和有效性。这种全面的训练方式有助于提升患者的整体下肢肌力^[26]。下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统结合使用,可以产生协同效应。机器人训练为患者提供了步态训练和平衡训练的机会,而等速肌力训练则针对患者的肌力进行精确训练。两者优势互补,共同提高了患者的下肢肌力。

此外,研究还发现,与治疗前相比,两组治疗3个月后WISCI II评分和6 min步行测试结果均提升,10 m步行测试用时均降低,且研究组优于对照组,表明下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统应用于脊髓损伤患者可有效提高下肢步行能力。究其原因,机器人训练具有高强度和重复性的特点,可以确保患者在安全的环境下进行长时间训练。这种训练方式有助于增强肌肉的耐力和力量,促进肌肉纤维的增生和肥大,进而提升步行能力^[27-28]。动态等速肌力训练系统则能够对训练效果进行量化分析,提供详细的训练数据。治疗师可以根据这些数据及时调整训练方案,确保训练效果的最优化。这种精准的训练和调整有助于患者恢复步行能力^[29-30]。相比常规护理,下肢康复机器人和动态等速肌力训练系统更具趣味性和互动性,患者可以在训练过程中积极参与,从而提高训练效果,加速步行能力的恢复。

综上所述,下肢康复机器人与动态等速肌力训练系统应用于胸腰段脊髓损伤患者,对其康复具有较好的效果,可有效改善脊髓损伤,提高下肢肌力与下肢步行能力。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 袁旭芳、杜晓泽、雷磊、张洁、杨磊负责设计论文框架,起草论文,论文修改;袁旭芳、张洁、杨磊负责实验操作,研究过程的实施;袁旭芳、雷磊、张洁、杨磊负责数据收集,统计学分析,绘制图表;袁旭芳、杜晓泽、杨磊负责拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] Eli I, Lerner D P, Ghogawala Z. Acute traumatic spinal cord injury[J]. *Neurol Clin*, 2021, 39(2): 471-488.
- [2] Jug M, Komadina R, Wendt K, et al. Thoracolumbar spinal cord injury: management, techniques, timing [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2024, 50(5): 1969-1975.

- [3] 李勇强, 张霞, 邱怀德, 等. 下肢康复机器人用于治疗中枢神经损伤的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(7): 1012-1016.
- [4] MA T T, ZHANG Q, ZHOU T T, et al. Effects of robotic-assisted gait training on motor function and walking ability in children with thoracolumbar incomplete spinal cord injury[J]. NeuroRehabilitation, 2022, 51(3): 499-508.
- [5] 汪君, 孙海红, 曾樊莉, 等. 下肢康复机器人及等速肌力训练对胸腰段脊髓损伤患者康复效果的影响[J]. 国际护理学杂志, 2024, 43(19): 3522-3526.
- [6] 赵冬梅, 李鹏程, 曾贞, 等. 等速肌力训练对腰段不完全脊髓损伤患者下肢肌力与步行能力的影响[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2018, 21(5): 544-548.
- [7] 美国脊柱损伤协会, 李建军, 周红俊, 等. 脊髓损伤神经学分类国际标准(第6版, 2006)[J]. 中国康复理论与实践, 2007, 13(1): 1-6.
- [8] 张子英, 刘恒, 赵静, 等. 肌电生物反馈联合下肢康复机器人训练对脊髓损伤患者下肢功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(12): 1075-1077.
- [9] 杨等, 王寒明, 姜军, 等. 等速肌力训练对胸腰段脊髓损伤患者下肢肌力影响[J]. 临床军医杂志, 2018, 46(9): 1103-1104.
- [10] 赵红卫, 许涛, 方煌, 等. 美国脊髓损伤协会损伤分级与脊髓运动损伤程度的相关性研究[J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(4): 282-283.
- [11] Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review[J]. Phys Ther, 2008, 88(5): 559-566.
- [12] 韩韶华, 郭正成. 脊髓损伤患者功能独立性问答式评估及其与观察法的比较[J]. 国外医学(物理医学与康复学分册), 2003, 23(3): 135-137.
- [13] Dittuno P L, Dittuno J F Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision[J]. Spinal Cord, 2001, 39(12): 654-656.
- [14] 肖乐, 刘超, 欧阳松, 等. 等速肌力康复训练对阿尔茨海默病患者认知功能及运动功能的影响[J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(22): 4330-4333.
- [15] 唐虹, 王其红, 覃渝茜, 等. 智能电刺激运动机器人在胸腰段不完全性脊髓损伤患者中的应用效果[J]. 山东医药, 2017, 57(29): 57-59.
- [16] 石芝喜, 蔡朋, 刘明检, 等. 下肢步行机器人对脊髓损伤后日常生活能力及步行能力的影响[J]. 中国康复, 2018, 33(3): 211-214.
- [17] Jindal R, Bansal P, Gupta S, et al. Quality of life after traumatic thoracolumbar spinal cord injury: a North Indian perspective[J]. Spinal Cord, 2023, 61(7): 374-382.
- [18] 魏聪惠, 郭坤, 马凤领, 等. 下肢康复机器人康复实践的研究进展[J]. 山东医药, 2023, 63(10): 95-98.
- [19] 黄露, 韩杉, 罗丽莉, 等. 下肢康复机器人联合 VR 技术在脊髓损伤患者中的应用[J]. 贵州医药, 2024, 48(7): 1087-1089.
- [20] 潘冉, 王颖. 截瘫三联针法联合等速肌力训练治疗胸腰段脊髓损伤[J]. 中医学报, 2021, 36(8): 1786-1788.
- [21] 杨杰, 王凤双, 潘化杰. 下肢康复机器人联合康复训练对脊髓损伤截瘫患者的影响[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(6): 1094-1099.
- [22] 赵会哲, 魏艳霞, 张文华. 等速肌力训练联合悬吊运动训练在不完全性脊髓损伤患者中的应用效果[J]. 中国民康医学, 2024, 36(1): 85-87, 91.
- [23] 热迪娜·亚生, 再努热·阿不拉汗, 阿依努尔·艾尼, 等. 重复经颅磁刺激联合等速肌力训练对不完全性脊髓损伤患者神经电生理指标、下肢肌力和脊髓功能独立性的影响[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(19): 3719-3722, 3732.
- [24] 周捷, 汪红亮, 王刚, 等. 下肢康复机器人在脊髓损伤康复中运用的研究进展[J]. 重庆医学, 2023, 52(S01): 162-163.
- [25] 张建梅, 李娜, 朱亮, 等. 盆底生物反馈电刺激联合下肢康复机器人训练对脊髓损伤患者肠道功能的影响[J]. 脑与神经疾病杂志, 2021, 29(1): 53-57.
- [26] 王毅. 等速肌力训练对脊髓损伤患者肌力和肌耐力的影响观察[J]. 当代医学, 2020, 26(9): 105-108.
- [27] 向小娜, 宗慧燕, 何红晨. 下肢外骨骼康复机器人对脊髓损伤患者步行能力改善的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(1): 119-122.
- [28] 腾明辉, 郑幼珍, 蒙爱逊. 下肢智能康复机器人联合 PNF 技术在不完全性截瘫脊髓损伤患者中的应用价值研究[J]. 反射疗法与康复医学, 2022, 3(2): 41-44, 48.
- [29] 热迪娜·亚生, 阿依努尔·艾尼, 谢荣. 激光联合等速训练对脊髓损伤患者神经功能及肌肉力量的影响[J]. 脑与神经疾病杂志, 2020, 28(11): 661-664.
- [30] 郝红颜. 丹参注射液联合等速肌力训练对康复期脊髓损伤患者肢体功能、细胞因子分泌的影响[J]. 实用中西医结合临床, 2021, 21(3): 41-42.

收稿日期: 2024-08-22

编辑: 崔明瑞

(上接 391 页)

- [17] Mitzman B, WANG X C, Haaland B, et al. Trends and factors affecting approach choice to pulmonary resection[J]. Journal of surgical oncology, 2022, 126(3): 599-608.
- [18] 谢冬, 陈昶, 姜格宁. 肺癌外科手术切口的演变与发展趋势[J]. 中国肺癌杂志, 2016, 19(6): 343-346.
- [19] 王述民, 汪诚凤. 浅谈达芬奇机器人手术系统与电视胸腔镜系统在胸外科肺叶切除术中优劣[J]. 临床军医杂志, 2016, 44(6): 551-555.
- [20] Numajiri K, Matsuura N, Igai H, et al. Uniportal thoracoscopic pulmonary segmentectomy provides good perioperative results and early postoperative recovery[J]. Journal of thoracic disease, 2022, 14(8): 2908-2916.
- [21] Veronesi G, Galetta D, Maisonneuve P, et al. Four-arm robotic lobectomy for the treatment of early-stage lung cancer[J]. Journal of thoracic and cardiovascular surgery, 2010, 140(1): 19-25.
- [22] 杨德松, 周勇, 王文祥, 等. 全胸腔镜支气管袖式/成形肺叶切除治疗中央型肺癌 120 例[J]. 中国微创外科杂志, 2020, 20(5): 401-404.
- [23] Kaur M N, XIE F, Shiwharan A, et al. Robotic versus video-assisted thoracoscopic lung resection during early program development[J]. The Annals of Thoracic Surgery, 2018, 105(4): 1050-1057.
- [24] 张斯渊, 董信春, 苟云久, 等. 达芬奇机器人辅助支气管袖式肺叶切除术的围术期疗效和安全性分析[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(10): 1145-1149.
- [25] 徐昊, 张临友. 单孔全胸腔镜肺叶切除术 30 例临床体会[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2016, 50(1): 75-77.
- [26] 倪恒, 陆豪健, 王一青, 等. 机器人与胸腔镜袖式肺叶切除术治疗非小细胞肺癌的比较研究[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2022, 3(1): 15-21.
- [27] NING Y, CHEN Z G, ZHANG W T, et al. Short-term outcomes of uniportal robotic-assisted thoracic surgery anatomic pulmonary resections: experience of Shanghai Pulmonary Hospital[J]. Annals of cardiothoracic surgery, 2023, 12(2): 117-125.
- [28] 胡志亮, 姜波, 李震, 等. 单操作孔胸腔镜下支气管袖式切除肺癌根治术 5 例报告[J]. 中国微创外科杂志, 2016, 16(5): 414-417.
- [29] 陈世雄, 陈胜家, 陈恺, 等. 单孔胸腔镜支气管袖式肺叶切除术临床经验[J]. 中国微创外科杂志, 2022, 22(9): 739-742.
- [30] 代锋, 许世广, 徐惟, 等. 达芬奇机器人与电视胸腔镜辅助非小细胞肺癌根治术近期疗效配对的病例对照研究[J]. 中国肺癌杂志, 2018, 21(3): 206-211.

收稿日期: 2024-03-04

编辑: 魏新珂