

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

杨杰, 王凤双, 潘化杰

(首都医科大学附属北京康复医院康复诊疗中心 北京 100144)

摘要 **目的:** 探讨下肢康复机器人联合康复训练对神经外科脊髓损伤截瘫患者膀胱尿道功能、平衡能力及步行功能的影响。**方法:** 选取 2022 年 12 月—2023 年 12 月于首都医科大学附属北京康复医院收治的脊髓损伤截瘫患者 100 例作为研究对象, 以随机数字表法分为对照组 ($n=50$, 采用康复训练) 与观察组 ($n=50$, 采用下肢康复机器人联合康复训练), 比较两组患者膀胱尿道功能 (膀胱容量、残余尿量、最大排尿量), 尿动力学指标 [逼尿肌压 (Pdet)、膀胱顺应性 (BC)、膀胱压 (Pves)], 平衡功能 [Berg 平衡量表 (BBS)], 下肢运动功能 [简化的下肢 Fugl-Meyer 运动功能量表 (FMA-LE)], 步行功能 [功能性步行分级 (FAC)]。**结果:** 训练前, 两组患者膀胱尿道功能对比, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 训练后, 两组患者较训练前均有改善, 且观察组膀胱容量、最大排尿量比对照组多, 残余尿量比对照组少, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。训练前, 两组患者尿动力学指标对比, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 训练后, 两组患者较训练前均改善, 且观察组患者 Pdet、Pves 比对照组低, BC 比对照组高, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。训练前, 两组患者 BBS、FMA-LE 评分对比, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 训练后, 两组患者较训练前均提高, 且观察组患者评分比对照组高, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。训练前, 两组患者 FAC 分级情况对比, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 训练后, 观察组患者分级情况比对照组优, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论:** 对神经外科脊髓损伤截瘫患者采用下肢康复机器人联合康复训练方案, 更能改善患者的膀胱尿道功能, 提高平衡能力与步行功能。

关键词 下肢康复机器人; 脊髓损伤; 截瘫; 膀胱尿道功能; 平衡能力

中图分类号 R493 R683.2 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 06-1094-06

Effect of lower limb rehabilitation robot combined with rehabilitation training on spinal cord injury-induced paraplegic patients

YANG Jie, WANG Fengshuang, PAN Huajie

(Rehabilitation Diagnosis and Treatment Center, Beijing Rehabilitation Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100144, China)

Abstract **Objective:** To explore the effect of lower limb rehabilitation robot combined with rehabilitation training on bladder urethral function, balance and walking function in spinal cord injury-induced paraplegic patients. **Methods:** 100 spinal cord injury-induced paraplegic patients who admitted to Beijing Rehabilitation Hospital Affiliated to Capital Medical University from December 2022 to December 2023 were selected as the research subjects. They were randomly divided into the control group and observation group using a random number table, with 50 cases in each group. The control group received rehabilitation training, while the observation group were treated with lower limb rehabilitation robot combined with rehabilitation training. The bladder urethral function (bladder volume, residual urine volume, maximum urination volume), urodynamic indicators such as

收稿日期: 2024-05-22 录用日期: 2024-06-27

Received Date: 2024-05-22 Accepted Date: 2024-06-27

基金项目: 国家重点研发计划课题任务书 (2020YFC2004303)

Foundation Item: National Key R & D Plan Project(2020YFC2004303)

通讯作者: 杨杰, Email: fmj198912028@163.com

Corresponding Author: YANG Jie, Email: fmj198912028@163.com

引用格式: 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.

Citation: YANG J, WANG F S, PAN H J. Effect of lower limb rehabilitation robot combined with rehabilitation training on spinal cord injury-induced paraplegic patients[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(6): 1094-1099.

detrusor pressure (Pdet), bladder compliance (BC), bladder pressure (Pves), Berg balance scale (BBS), Fugl-Meyer assessment of lower extremity (FMA-LE), and functional ambulation category (FAC) were compared between the two groups. **Results:** Before training, there was no statistically significant difference in bladder urethral function between the two groups ($P>0.05$). After training, bladder urethral function of the two groups was both improved compared with that before training, but the bladder volume and maximum urination volume in the observation group were higher than those in the control group, while the residual urine output in the observation group was less than that in the control group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Before training, there was no statistically significant difference in urodynamic indicators between the two groups ($P>0.05$). After training, urodynamic indicators of the two groups were both improved compared with those before training, and the observation group had lower Pdet and Pves than the control group, while the BC was higher in the observation group than that in the control group, with statistical significance ($P<0.05$). Before training, there was no statistically significant difference in BBS and FMA scores between the two groups ($P>0.05$). After training, BBS and FMA scores in the two groups were both improved compared with those before training, and they were higher in the observation group than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). Before training, there was no statistically significant difference in FAC grading between the two groups ($P>0.05$). After training, the FAC grading in the observation group was better than that in the control group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion:** Application of lower limb rehabilitation robot combined rehabilitation training in spinal cord injury-induced paraplegic patients can better improve their bladder and urethral function, balance ability, and walking function.

Key words Lower Limb Rehabilitation Robot; Spinal Cord Injury; Paraplegia; Bladder Urethral Function; Balance Ability

脊髓损伤患者有并发症多、致残率高、预后差等特点，是医学研究的重点与难点^[1]。截瘫为脊髓损伤患者最主要的一种并发症，一项调查显示，618名脊髓损伤患者中截瘫发生率高达58.70%^[2]。脊髓损伤截瘫患者常伴有下肢运动功能障碍，对其家庭及社会带来了沉重的负担。康复训练为常用的干预方法，通过主动、被动的训练方法，能在一定程度上改善患者的运动功能、膀胱功能，改善其生存质量^[3]。但常规康复训练的周期长，患者及家属往往缺乏耐心，患者也缺乏主观能动性，导致康复训练效果并不理想。故及时寻求一种更安全有效、简单易行的康复训练方式非常必要。近年来，机器人技术迅猛发展，康复机器人系统在临床患者的康复训练中逐渐被应用，下肢康复机器人是专为步行障碍患者服务的一种尖端康复设备，该设备具有符合人体生理特征的步态模式，能提供特定的训练任务，还能不断加大训练量及训练强度，可提高患者参与性与积极性，加快康复进程，促进正常步行功能恢复^[4]。李希等人^[5]报道指出下肢康复机器人能改善偏瘫患者的下肢运动功能、步行功能，在运动障碍患者中应用有潜在价值及可行性。目前有关下肢康复机器人联合康复训练对神经外科脊髓损伤截瘫患者膀胱尿道功能、平衡能力及步行功能的影响

临床鲜见报道。基于此，本研究选取脊髓损伤截瘫患者为研究对象，进一步探讨下肢康复机器人联合康复训练对其的影响。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年12月—2023年12月于首都医科大学附属北京康复医院收治的脊髓损伤截瘫患者100例作为研究对象，以随机数字表法分为对照组($n=50$ ，采用康复训练)与观察组($n=50$ ，采用下肢康复机器人联合康复训练)。两组患者一般资料对比，差异无统计学意义($P>0.05$)，见表1。纳入标准：①参考《脊髓损伤神经学分类国际标准(2011年修订)》^[6]诊断标准，经MRI、CT确诊为脊髓损伤截瘫；②病程<3个月；③脊髓损伤分级A~D级；④损伤前肢体、步行功能正常；⑤患者能积极配合康复治疗；⑥患者或家属已签署同意书。排除标准：①存在严重脏器功能障碍；②强直性脊柱炎、脊柱稳定性较差者；③合并下肢骨折、挛缩、骨质疏松者；④有髋关节手术史；⑤存在认知、沟通障碍；⑥有精神类疾病或病史。本研究已通过医院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 对照组 采用康复训练。

1.2.1.1 急性期(脊髓损伤后1个月内)：此阶

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 [$\bar{x} \pm s$, $n(\%)$]

指标	对照组 ($n=50$)	观察组 ($n=50$)	χ^2/t 值	P 值
性别			0.386	0.534
男	30 (60.00)	33 (66.00)		
女	20 (40.00)	17 (34.00)		
年龄 (岁)	43.52 ± 6.20	44.10 ± 6.25	0.466	0.642
损伤类型			0.407	0.523
腰髓损伤	18 (36.00)	15 (30.00)		
胸髓损伤	20 (40.00)	22 (44.00)		
颈髓损伤	12 (24.00)	13 (26.00)		
病程 (月)	2.56 ± 0.23	2.60 ± 0.20	0.928	0.356

段患者生命体征平稳、病情基本稳定,即可开始康复训练。①体位的摆放。患者卧床时,确保肢体为功能体位,即踝、膝、髋关节均行良肢位摆放。②关节被动运动。对截瘫肢体行被动运动训练,每个关节各轴向运动20次,2次/天,避免关节畸形或挛缩,训练中保持缓慢轻柔,不可超过最大生理活动范围。③体位改变。每2 h 更换1次体位。④早期坐立训练。对脊柱稳定性较好的患者,指导坐立训练,最初抬高床头30°,若无不适症状,每日升高15%,最终增加至90°即可,30分钟/次,2次/天。⑤站立训练。经坐立训练后,若患者未出现体位性低血压,则开始站立训练,佩戴胸腰椎矫形器(确保脊柱稳定性),使患者立于床上,最初倾斜20°即可,15分钟/次,2次/天,若无不适,每次可增加10°,时间增加5 min,在两周之内可达到直立位。⑥呼吸、排痰训练。若患者有呼吸肌麻痹,指导进行腹式呼吸、排痰训练,以改善呼吸功能。

1.2.1.2 恢复期(脊髓损伤后3~6个月): ①肌力增强训练。a. 受累肌群。若肌力分级为0级,行被动运动;肌力分级为1~3级,行主动助力运动;肌力分级为4~5级,行抗阻运动。每次负荷重量(RM)为10,每次递增500 g,10个/组,20分钟/次,2次/天。b. 未受累肌群。每天每组递增2个RM,增加到每组20个时,计算耐受量,再从最初RM训练,20分钟/次,2次/天。②功能性动作训练。主要有坐位支撑转移、坐位平衡、坐起与躺下、坐起支撑、体位变化、

肌肉牵伸练习,训练20分钟/次,1次/天。③转移练习。练习床到轮椅的转移、轮椅到坐便器的转移,1次/天。④轮椅应用练习。练习轮椅上下台阶、狭窄场所抬前轮、转换方向等方法,20分钟/次,1次/天。⑤步行、站立练习。在平行杆内佩戴胸腰椎支具情况下进行站立、步行练习,30分钟/次,2次/天。⑥膀胱功能练习。a. 手法排尿。指导患者将左手放于右手背上,加压排尿,待尿不再外流时松手,再加压1次,至尿排尽。b. 采用盆底肌生电反馈训练。20分钟/次,1次/天。持续训练1个月。

1.2.2 观察组 在患者进行常规康复训练之后,再采用下肢康复机器人辅助训练。下肢康复机器人[厂家:漫步者(天津)康复设备有限公司,型号:GR-A1型],电源电压220 V,50/60 Hz,功率400 VA。指导并协助患者采取坐位,选择型号大小适宜的“靴子”,穿戴在患者的足-踝-小腿部位,将“靴子”的护套固定好,再利用“靴子”将患者的下肢固定在康复机器人上,固定安全带至患者的骨盆、双侧髋关节的位置,采用悬吊系统,逐渐使患者站立在运动平板上,使患者的髋关节、膝关节得到充分的伸展,且可支撑自身的体重。再对护套、安全套进行仔细检查,确保患者的安全。将初始的坡度设置为0°,速度设置为1 km/h,依据患者的体重、舒适度、耐受度,对减重量进行针对性调整,并依据步行功能的改善情况,逐级增加每次的训练强度。训练时间为40分钟/次,1次/天,持续训练1个月。

1.3 观察指标

1.3.1 膀胱尿道功能 在训练前后分别评估两组患者膀胱尿道功能。①膀胱容量：叮嘱患者长时间憋尿，用B超检测具体膀胱内的尿量。②残余尿量：用B超检测膀胱的前径、后径、上下径，准确测定残余尿量。③最大排尿量：充分憋尿的情况下，B超测定膀胱里的液体量。

1.3.2 尿动力学指标 在训练前后分别用Laborie尿动力学检查仪（莱博瑞医疗技术有限公司，型号：GBS002）对患者的逼尿肌压（Detrusor Muscle Pressure, Pdet）、膀胱顺应性（Bladder Compliance, BC）、膀胱压（Bladder Pressure, Pves）进行测定。

1.3.3 平衡功能与下肢运动功能 于训练前后分别评估两组患者的平衡功能、下肢运动功能。

①平衡功能：用Berg平衡量表（Berg Balance Scale, BBS）评估，主要包括14个项目，每个项目5级制（0~4分）评分，0代表无法完成，4代表可正常完成，总分0~56分，得分越高，平衡能力越好^[7]。②下肢运动功能：用简化的下肢Fugl-Meyer运动功能量表（Fugl-Meyer Assessment Scale of Lower Extremity, FMA-LE）评价，主要包括7个维度，17个条目，每个条目0~2分，总分0~34分，得分越高，肢体运动功能越好^[8]。

1.3.4 步行功能 于训练前后分别采用功能性步行量表（Functional Ambulation Category, FAC）评定两组患者的步行功能。0级：患者无法行走，或在2人帮助下行走；1级：需在1人连续扶持下减重并维持平衡；2级：需在1人持续或间断扶持下行走；3级：无需他人直接扶持，

需在监督下行走；4级：可在平坦地上独立行走，不平坦的路上需他人帮助；5级：可独立行走^[9]。

1.4 统计学方法 所有数据均采用SPSS 22.0软件进行统计学分析，计数资料以例数（百分比） $[n(\%)]$ 表示，行正态性检验。若符合正态分布，理论数 $T \geq 5$ ，总样本量 $n \geq 40$ ，用 χ^2 检验，若理论 $1 \leq T < 5$ ，总样本量 $n \geq 40$ ，用连续校正的 χ^2 检验。计量资料用均数 \pm 标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，服从正态分布采用独立样本 t 检验，非正态分布的数据用 $M(P25, P75)$ 表示，行Mann-Whitney U检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 膀胱尿道功能 训练前，两组患者膀胱尿道功能比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；训练后，两组患者均有改善，且与对照组比较，观察组患者膀胱容量、最大排尿量更多，残余尿量更少，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表2。

2.2 尿动力学指标 训练前，两组患者尿动力学指标比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；训练后，两组患者均有改善，且与对照组比较，观察组患者Pdet、Pves更低，BC更高，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表3。

2.3 平衡功能与下肢运动功能 训练前，两组患者BBS、FMA-LE评分比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；训练后，两组患者评分均提高，且与对照组相比，观察组评分均更高，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表4。

2.4 步行功能 训练前，两组患者FAC分级情况比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；训练后，观察组患者分级情况比对照组优，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表5。

表2 两组患者膀胱尿道功能比较（ $\bar{x} \pm s$, mL）

Table 2 Comparison of bladder urethral function between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, mL)

指标	对照组 (n=50)		观察组 (n=50)		t值	P值
	训练前	训练后	训练前	训练后		
膀胱容量	215.65 ± 36.45	348.50 ± 40.50 ^a	218.50 ± 35.95	418.95 ± 42.35 ^a	8.501	<0.001
残余尿量	130.15 ± 30.20	90.60 ± 15.35 ^a	131.85 ± 31.60	60.45 ± 14.20 ^a	10.195	<0.001
最大排尿量	140.45 ± 30.35	225.40 ± 17.60 ^a	141.95 ± 31.20	334.90 ± 20.12 ^a	28.965	<0.001

注：与本组训练前比较，^a $P < 0.001$

3 讨论

脊髓损伤为全球高发的一种中枢神经损伤性疾病, 每年新增患者约 80 万, 极易造成截瘫, 对患者感觉、运动及自主神经功能造成影响^[10-11]。下肢康复机器人在医学康复领域的逐渐应用, 使脊髓损伤截瘫患者恢复行走有一定的可能性^[12]。1994 年, Lokomat 设计将减重步行训练、机器人步态矫形器相结合, 用于下肢的新型康复机器人有了爆发式增长^[13]。2017 年 3 月, 中国发布下肢外骨骼机器人 Fourier X1。2018 年, 国内知名高校联合研发的布法罗机器人完成了临床试验。下肢康复机器人对传统康复治疗进行了有效补充, 不仅提供了单独、持续的身体支撑, 还能帮助患者进行标准化、高强度、科学化的训练。《下肢康复机器人临床应用专家共识》^[14]指出

下肢康复机器人辅助步态训练, 能改善下肢功能、粗大运动、步态、步行速度、耐力及平衡能力。

李勇强等人^[15]报道了下肢康复机器人在步行功能障碍患者中的应用有多种独特优势, 可进行有针对性、重复性的康复训练。本研究数据显示, 训练后, 两组患者膀胱尿道功能、尿动力学指标均有改善, 且观察组改善更明显, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 表明下肢康复机器人联合康复训练更能改善患者的膀胱尿道功能。分析原因为康复训练中, 通过对患者进行被动、肌力及功能训练, 能使其盆底肌群、腹部肌群、膀胱括约肌等肌群得到充分的收缩, 经阴部神经传入纤维, 从而可降低骶髓逼尿肌核神经元的兴奋阈值, 进而可抑制逼尿肌不自主收缩, 改善尿动力学指标及膀胱功能。下肢康复机器

表 3 两组患者尿动力学指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of urodynamic indicators between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

指标	对照组 (n=50)		观察组 (n=50)		t 值	P 值
	训练前	训练后	训练前	训练后		
Pdet (cmH ₂ O)	54.12 ± 6.68	46.10 ± 7.10 ^a	54.20 ± 6.60	40.20 ± 6.80 ^a	4.244	<0.001
BC (mL/cmH ₂ O)	2.35 ± 0.42	3.70 ± 0.60 ^a	2.40 ± 0.45	4.45 ± 0.65 ^a	5.995	<0.001
Pves (cmH ₂ O)	68.12 ± 10.30	57.65 ± 8.20 ^a	68.20 ± 10.28	45.20 ± 7.25 ^a	8.043	<0.001

注: 与本组训练前比较, ^a $P < 0.001$

表 4 两组患者平衡功能、下肢运动功能比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 4 Comparison of balance function and lower limb motor function between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)

指标	对照组 (n=50)		观察组 (n=50)		t 值	P 值
	训练前	训练后	训练前	训练后		
BBS	14.35 ± 3.30	20.15 ± 4.65 ^a	14.40 ± 3.28	35.20 ± 5.10 ^a	15.419	<0.001
FMA-LE	8.20 ± 2.10	15.60 ± 3.25 ^a	8.22 ± 2.08	20.25 ± 3.30 ^a	7.099	<0.001

注: 与本组训练前比较, ^a $P < 0.001$

表 5 两组患者步行功能比较 [n (%)]

Table 5 Comparison of walking function between the two groups of patients [n (%)]

组别	训练前						训练后					
	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
对照组 (n=50)	12 (24.00)	18 (36.00)	13 (26.00)	6 (12.00)	1 (2.00)	0 (0.00)	9 (18.00)	14 (28.00)	15 (30.00)	7 (14.00)	4 (8.00)	1 (2.00)
观察组 (n=50)	14 (28.00)	16 (32.00)	14 (28.00)	4 (8.00)	2 (4.00)	0 (0.00)	5 (10.00)	7 (14.00)	9 (18.00)	13 (26.00)	14 (28.00)	2 (4.00)
z 值	0.041						-3.200					
P 值	0.966						0.001					

人的应用可进一步对患者进行针对性训练,使其充分发挥残存肌力移动身体,使各个肌群得到充分收缩,盆底肌群规律收缩,促进有效排尿,减少膀胱的残余尿量,改善膀胱尿道功能^[16]。

脊髓损伤患者的感觉功能、运动功能、行走功能丧失,降低了患者生活质量,对其身体及心理造成了严重的伤害^[17-18]。本研究发现,训练后,两组患者的BBS、FMA-LE评分均有提高,且观察组比对照组高,观察组步行功能分级也优于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),认为联合应用下肢康复机器人,能进一步改善患者的平衡能力、下肢功能及运动功能。分析原因为下肢康复机器人具备减重系统,能对患者双足间距、足内外翻、踝关节屈伸角度进行针对性调整,发挥个性化、精准治疗的效果,且减重后降低了步行耗能,患者能坚持完成训练,提高训练效果,促进肢体功能及运动功能恢复^[19]。此外,下肢康复机器人的步行矫正系统还能设置运动速度、步态偏角度、足间距,从而对患者的异常步态进行有效抑制,使患者保持接近正常生理步态的训练,可提高步行的稳定性,建立正常的步行模式,改善步行功能,对于患者的膀胱尿道功能也有辅助改善作用。下肢康复机器人的负荷刺激、感觉输入系统,还能对患者的下肢髌、膝、踝等关节本体感受器进行一定的刺激,使下肢感觉输入得到强化,促进正常运动模式的建立,进而有益于下肢运动功能的改善。

综上,对神经外科脊髓损伤截瘫患者采用下肢康复机器人联合康复训练方案,能改善膀胱尿道功能,增强平衡能力,改善下肢运动功能及步行功能,有可推广性。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 杨杰负责设计论文框架,拟定写作思路,起草论文,论文修改,指导撰写文章并最后定稿;王凤双负责实践操作,研究过程的实施;潘化杰负责数据收集,统计学分析,绘制图表。

参考文献

- [1] 贺宝荣,郑博隆.中国脊髓损伤规范化治疗和修复机制研究概况[J].中华创伤杂志,2020,36(4):289-292.
- [2] Faleiros F, Marcossi M, Ribeiro O, et al. Epidemiological profile of spinal cord injury in Brazil[J]. J Spinal Cord Med, 2023, 46(1): 75-82.
- [3] 邢政伟,邢松伟.系统运动康复训练对腰椎爆裂骨折所致不完全性截瘫患者的影响[J].创伤外科杂志,2019,21(10):758-760.
- [4] 林专,鲍敏,江先志.下肢康复机器人系统设计与协调控制算法[J].计算机系统应用,2020,29(4):48-57.
- [5] 李希,王秉翔,李娜,等.下肢外骨骼机器人康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动的影响[J].山东大学学报(医学版),2023,61(3):121-126,133.
- [6] 李建军,王方永.脊髓损伤神经学分类国际标准(2011年修订)[J].中国康复理论与实践,2011,17(10):963-972.
- [7] 王路,陈艳,苏久龙,等.三维运动平台训练对脑卒中患者平衡与步行功能的效果[J].中国康复理论与实践,2023,29(4):485-490.
- [8] 夏晓味,蒋孝翠,赵秦,等.序贯应用全身振动训练和下肢康复机器人训练对不完全性脊髓损伤患者下肢功能的影响[J].江苏医药,2022,48(8):801-804.
- [9] 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.
- [10] Chay W, Kirshblum S. Predicting outcomes after spinal cord injury[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2020, 31(3): 331-343.
- [11] 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.
- [12] 刘二宁,邹任玲,卢旭华,等.脊髓损伤患者步行功能康复设备的研究进展[J].生物医学工程研究,2020,39(1):100-103.
- [13] Bhardwaj S, Khan A A, Muzammil M, et al. Lower limb rehabilitation robotics: The current understanding and -technology[J]. Work, 2021, 69(3): 775-793.
- [14] 张立新,白定群,白玉龙,等.下肢康复机器人临床应用专家共识[J].康复学报,2023,33(5):383-396.
- [15] 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.
- [16] 李京泽,邢靖松,吕福现,等.下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响[J].机器人外科学杂志(中英文),2023,4(6):512-516.
- [17] 吴金玲,杜宁,石秀秀,等.截瘫步行器 Walkabout 与 ARGO 对脊髓损伤患者平衡及日常生活能力的干预效果[J].临床与病理杂志,2019,39(11):2496-2500.
- [18] 王培申,王耸,刘学彬,等.1395例脊髓损伤患者的病因及临床特征分析[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2020,15(3):340-344.
- [19] 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.

编辑:赵敏

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎指导