·康复护理·
·论　著·

胸腰段椎管内肿瘤患者术后运动康复方案构建及应用

何磊[1]，王芳[2]，狄恒丹[2]，柏晓燕[2]，季翠玲[2]，张珍[2]，赵春霞[3]，陈璐[2]

摘要：目的 构建胸腰段椎管内肿瘤患者术后运动康复方案，并评价其应用效果。**方法** 采用前瞻性非同期对照试验设计，将 80 例胸腰段椎管内肿瘤患者按照入院时间分为对照组与干预组各 40 例。对照组实施常规康复护理，干预组构建并实施胸腰椎管内患者术后运动康复方案。**结果** 干预后，干预组日本骨科协会评估疗效量表（JOA）评分显著高于对照组，焦虑、抑郁和疼痛评分显著低于对照组（均 $P<0.05$）。**结论** 胸腰椎管内患者运动康复方案的应用，有利于加快神经恢复、增强活动能力、减轻疼痛、缓解负性情绪，促进患者康复。

关键词：椎管内肿瘤；　脊髓肿瘤；　脊髓损伤；　运动障碍；　运动康复；　神经功能；　康复护理
中图分类号：R473.6；R493　**文献标识码：**A　**DOI：**10.3870/j.issn.1001-4152.2022.24.071

Construction and application of postoperative exercise rehabilitation program for patients with thoracolumbar intraspinal tumor

He Lei, Wang Fang, Di Hengdan, Bai Xiaoyan, Ji Cuiling, Zhang Zhen, Zhao Chunxia, Chen Lu. Department of Nursing, Gulou Clinical Medical College, Jiangsu University, Nanjing 210008, *China*

Abstract: Objective To construct an exercise rehabilitation program for patients with thoracolumbar intraspinal tumor and to evaluate its application effect. **Methods** A prospective non-contemporary experimental design was used. A total of 80 patients with thoracolumbar intraspinal tumor were evenly divided according to either of the 2 periods they were admitted. The control group received routine exercise rehabilitation training, while the intervention group was subjected to an exercise rehabilitation program particularly built for patients with thoracolumbar intraspinal tumor. **Results** After intervention, the intervention group had higher JOA scores, and lower anxiety, depression and pain scores, than the control group (all $P<0.05$). **Conclusion** The application of exercise rehabilitation program in patients with thoracolumbar spinal canal is beneficial to accelerate nerve recovery, enhance mobility, relieve pain and negative emotions, thus boosting recovery of patients.

Key words: intraspinal tumor;　spinal tumor;　spinal cord injury;　movement disorders;　exercise rehabilitation;　nerve function;　rehabilitation nursing

椎管内肿瘤即脊髓肿瘤，占中枢神经系统肿瘤的 14.3%～26.0%[1]。肿瘤可发生于脊髓任何节段，其中胸腰段最常见，分别为 51.4%和 25.5%[2]。该病起病隐匿，早期无特异性症状，随疾病进展会出现运动障碍、神经根性疼痛、感觉异常，甚至瘫痪。研究显示，50%患者发生运动障碍，55%患者发生疼痛[3]。椎管内肿瘤切除术是目前治疗的首选手段，然而手术直接或间接破坏棘上韧带、棘间韧带，使脊柱结构的稳定性下降[4]。除此之外，因椎管空间狭窄，脊髓神经相对集中，手术视野受限，极易牵拉到神经根造成继发性脊髓损伤。为维持术后脊柱稳定性，患者一般卧床时间延长，导致术后并发症发生率高、康复延迟问题显著。研究报道，椎管内肿瘤切除术后并发症总发生率约 62.3%[2]，而并发症的发生可能导致住院时间延长，功能恢复减慢。鉴此，本研究构建胸腰段椎管内肿瘤患者术后运动康复方案并评价其应用效果，旨在为临床护理人员对患者开展运动康复提供参考。

作者单位：1.江苏大学鼓楼临床医学院护理系（江苏 南京，210008）；2.南京大学医学院附属鼓楼医院神经外科；3.南京大学医学院附属鼓楼医院康复医学科
何磊：女，硕士在读，学生
通信作者：陈璐，gycc2011@126.com
科研项目：江苏省研究生科研与实践创新计划项目（SJCX21-1881）；江苏省医院协会医院管理研究中心创新研究课题项目（JSYGY-3-2021-190）；南京市医学科技发展项目一般性课题（YKK21104）
收稿：2022-06-20；修回：2022-08-28

1　资料与方法

1.1　一般资料

采用前瞻性非同期对照试验设计，选取南京市某三级甲等医院神经外科收治的 80 例行胸腰段椎管内肿瘤切除术患者为研究对象。纳入标准：①经磁共振影像、CT 确诊为原发性椎管内肿瘤；②首次手术；③年龄≥18 岁；④美国脊髓损伤协会分级（American Spinal Injury Association，ASIA）B～D 级[5]；⑤术后生命体征平稳，能够理解配合。排除标准：①并存其他影响肢体活动或感觉的疾病，如重症肌无力、多发性周围神经疾病、周围性低血钾等；②并存严重心肺等脏器功能障碍；③意识不清或认知障碍。将 2021 年 11 月至 2022 年 2 月收治的 40 例患者设为对照组，2022 年 3～6 月收治的 40 例患者设为干预组，研究期间对照组脱落 3 例（1 例转院，2 例改为保守治疗），干预组脱落 1 例（改为保守治疗），最终纳入 76 例患者。本研究已通过医院伦理委员会审查（2022-047-01）。两组患者一般资料比较，见表 1。

1.2　干预方法

对照组实施常规护理。①术前。责任护士入院指导患者及家属观看“317 护”平台健康手册相关内容，包括疾病基本知识、术后翻身训练、踝泵练习、直

腿抬高和床上排便排尿等注意事项。②术后卧床期间。轴线翻身，次/2 h；踝泵运动，5 min/次，3～5 次/d；双下肢气压治疗，1 h/次，1 次/d；穿弹力袜。③下床期间。佩戴护具，保持上半身直立，忌弯腰。④出院期间。术后 1 个月内卧硬板床，1 个月后门诊复查；术后 3 个月内禁止弯腰负重。干预组在此基础上制订并实施运动康复方案，具体如下。

表 1　两组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄	婚姻状况(例)		文化程度(例)			月平均收入(例)			
		男	女	(岁，$\bar{x}\pm s$)	已婚	单身*	小学及以下	中学	大专及以上	<1000 元	1000～元	3000～元	>5000 元
对照组	37	17	20	51.38±16.84	34	3	11	21	5	5	13	11	8
干预组	39	12	27	53.56±12.32	36	3	13	18	8	6	11	8	14
统计量		$\chi^2=1.853$		$t=0.648$	$\chi^2=0.000$		$Z=0.148$			$Z=0.756$			
P		0.173		0.519	1.000		0.882			0.450			

组别	例数	肿瘤病理类型(例)						肿瘤直径(例)			内固定	手术时长
		神经鞘瘤	脊膜瘤	室管膜瘤	囊肿	胶质瘤	血管瘤	<1 cm	1～5 cm	>5 cm	(例)	(min，$\bar{x}\pm s$)
对照组	37	16	8	1	3	2	7	11	25	1	16	193.05±67.75
干预组	39	20	10	3	4	0	2	6	31	2	10	172.05±59.41
统计量		—						$Z=1.530$			$\chi^2=2.164$	$t=0.570$
P		0.286						0.126			0.106	0.154

注：* 包括未婚、离异、丧偶。

1.2.1　组建运动康复小组　成立以护士为主导的椎管内肿瘤患者运动康复小组，成员包括神经外科医生 1 名，神经外科护士长 2 名，康复治疗师 1 名，护理研究生 1 名及神经外科责任护士 5 名。其中神经外科医生负责病情评估和判断；护士长负责研究方案制订的组织管理、质量监督；康复治疗师提供运动康复方案的咨询，并负责实施过程中的行为纠正与查阅文献、收集资料；神经外科护士负责运动康复方案的实施。

1.2.2　制订运动康复方案　依据“6S”证据模型[6]，检索国内外相关文献并进行质量评价，汇总归纳证据，初步形成运动康复方案。并选取 20 例行胸腰段椎管内肿瘤手术患者开展预试验，检验方案的安全性与可行性。在研究者组织下，由 2 名神经外科主任医师/主治医师、6 名主管护师/副主任护师、1 名康复治疗师对运动康复方案初稿进行审阅讨论，并结合自身临床实践经验提出修改意见，最终形成运动康复方案，包括呼吸训练操、关节活动操、肌肉激活操、强脊锻炼操 4 个部分。

1.2.3　实施运动康复方案

1.2.3.1　集中培训　由护士长和康复治疗师对研究人员进行 2 次线上和线下教学，30 min/次。培训内容包括运动康复开始指征、暂停/终止标准、运动康复方案具体实施流程与操作及评估工具的使用，培训结束后进行考核至全员达标。

1.2.3.2　运动开始指征　由运动康复小组共同完成对患者病情和运动指征的评估：①视觉模拟疼痛评分(Visual Analogue Scale，VAS)<4 分。②Borg 疲劳评分<2 分。③术后生命体征平稳，切口无渗血、渗液。④引流管固定妥当，无活动性出血。⑤患者意识清醒。符合上述条件者，从入院 24 h 内至术后第 7 天，实施运动康复方案训练。

1.2.3.3　运动康复内容　患者卧床在佩戴运动手环监护下进行康复运动，每次训练由责任护士详细记录生命体征数据，实施过程中采用依从性管理方案以提高患者配合程度，即健康宣教时强调运动康复的重要性、关键点和注意事项。①呼吸训练操。缩唇呼吸：患者闭口经鼻深吸气后，将嘴噘起模仿吹口哨动作，经口缓慢呼气，吸气末屏气 1～2 s，缓慢呼气 4～6 s，保证吸气与呼气时间之比 1∶3～1∶4。腹式呼吸：患者双手放置腹部，经鼻吸气，吸气时胸部不动，腹部尽量向外扩张；经口呼气，呼气时，胸部不动，腹部尽量向内收缩，可用双手力量挤压腹部，促进膈肌上抬。训练过程中，责任护士可通过手感判断患者胸腹活动是否符合要求。②关节活动操。仰卧屈肘：患者双手用力握拳，抬起前臂，朝头侧弯曲。握拳直抬：患者双手置身体两侧，双手伸展，缓慢并拢弯曲，用力握紧，腕、肘、肩三关节呈一条直线，缓慢上举至两侧耳朵。仰卧屈髋：患者仰卧床面，双足平放床面，屈膝屈髋。仰卧旋髋：患者仰卧床面，一侧屈膝足跟紧贴床面，膝关节内侧旋转，还原中立位，膝关节外旋至最大幅度。③肌肉激活操。收腹屈腿：患者仰卧床面，屈膝屈髋 90°，悬空地面，手臂伸直，垂直地面，收腹，对侧腿与一侧手臂同时向头尾侧伸展，尽量靠近床面，维持 6～10 s，对侧重复。神经滑移：患者仰卧床面，双腿弯曲，屈曲一侧髋关节，双手合十握紧膝关节后方，向头侧轻度回拉固定，伸直膝关节，大腿后侧有牵拉感，保持 6～10 s。仰卧提臀：患者仰卧床面，双手置于臀部，用力收紧，抬臀，维持 3～5 s。责任护士可通过手感判断相应肌肉是否有紧张感。④强脊锻炼操。仰卧旋胸：患者侧卧床面，轻度屈髋屈膝，下侧腿伸直，双臂伸展，双手合十，上侧臂带动上半身缓慢向对侧转体，持续 6～10 s。仰卧后伸：患者仰卧床面，屈膝屈髋，握拳肘屈 90°，垂直床面，抬起胸部，头、肘、臀紧贴床面，腰部放松，维持 3～5 s。⑤运动强度。入院当日至术前 1 d：责任护士指导患者练习并掌握呼吸训练操、关节活动操、肌肉激活操、强脊锻炼操，10 次/组，3 组/d。术后第 1 天：呼吸训练操、关节活动操，10 次/组，2 组/d。术后第 2 天：呼吸训练操、关节活动操、肌肉激活操，10 次/组，3 组/d。术后第 3～4 天：呼吸训练操、关节活动操、肌肉激活操，10 次/组，3 组/d。术后

第 5～6 天：呼吸训练操、关节活动操、肌肉激活操，10 次/组，3 组/d；强脊锻炼操，2 次/组，2 组/d。术后第 7 天：呼吸训练操、关节活动操、肌肉激活操，10 次/组，3 组/d；强脊锻炼操，3 次/组，2 组/d。

1.2.3.4 运动暂停指征 患者一旦出现以下任一情况立即暂缓活动，适当休息，并评估是否继续原定运动方案，若症状持续存在，应立即启动团队前期制订的相关应急预案，并在 12～24 h 重新评估，以判断是否需要终止活动。①VAS 疼痛评分≥4 分。②Borg 疲劳评分≥2 分。③血压上升或下降超过患者基础血压的 20%。④心率达到患者运动靶心率，运动靶心率=[(220－年龄)－安静心率]×(50%～60%)＋安静心率。⑤血氧饱和度下降超过 4%，出现头晕、心悸、气短或出冷汗。⑥活动过程中出现活动性出血、脑脊液漏或肢体局部充血肿胀等症状。

1.3 质量控制 ①纳入对象手术均由同一组医生实施。②研究负责人定期抽查数据完整性。③运动康复视频统一上传至“317 护”平台，供研究对象观看学习。④运动过程中，将运动康复方案打印后粘贴在病房，以确保责任护士及时化、标准化执行方案。⑤监督责任护士每日填写胸腰段椎管内肿瘤患者运动康复项目核对表。⑥每月月底团队成员召开讨论会，评价分析方案实施情况及存在问题，探讨改进措施。

1.4 评价方法 责任护士在入院时(干预前)和术后第 7 天(干预后)对患者进行评估并收集资料。①日本骨科协会评估疗效量表(Japanese Orthopaedic Association Scores，JOA)[7]。包括主观症状和日常活动、临床体征和膀胱功能 4 个方面，总分 29 分，得分越高表明功能越好。②VAS 疼痛评分[8]。为 0～10 分，0 表示正常无痛，10 表示剧痛，入院时及术后第 1、3、5、7 天评估。③汉密尔顿焦虑量表(Hamilton Anxiety Scale，HAMA)[9]。包含 14 个条目。0 分，无症状；1 分，轻度；2 分，中度；3 分，重度；4 分，极重度。总分 0～56 分，分数越高，焦虑状态越严重。④汉密尔顿抑郁量表(Hamilton Depression Scale，HAMD)[9]。包含 17 个条目。＜7 分无抑郁，7～17 分轻度抑郁，18～24 分中度抑郁，＞24 分重度抑郁。分数越高，抑郁状态越严重。

1.5 统计学方法 数据经双人核对无误后，录入系统并进行分析，采用 SPSS27.0 软件行 χ^2 检验、Fisher 精确概率法、t 检验和非参数秩和检验，检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 两组干预前后 JOA 评分比较 见表 2。

表 2 两组干预前后 JOA 评分比较

分，$M(P_{25},P_{75})$

组别	例数	干预前	干预后
对照组	37	16(8.5,19.0)	20(15.5,21.5)
干预组	39	15(12.0,20.0)	25(24.0,26.0)
Z		0.302	5.770
P		0.703	＜0.001

2.2 两组干预前后焦虑、抑郁评分比较 见表 3。

表 3 两组干预前后焦虑、抑郁评分比较

分，$M(P_{25},P_{75})$

组别	例数	HAMA		HAMD	
		入院时	术后第 7 日	入院时	术后第 7 日
对照组	37	11.0(8.5,13.0)	10.0(6.5,11.5)	9.0(6.5,14.0)	8.0(5.0,11.0)
干预组	39	9.0(5.0,13.0)	5.0(3.0,9.0)	6.0(4.0,11.0)	4.0(3.0,7.0)
Z		－1.824	－3.064	1.286	－3.078
P		0.068	0.002	0.073	0.002

2.3 两组干预前后疼痛评分比较 见表 4。

表 4 两组干预前后疼痛评分比较

分，$\bar{x}\pm s$

组别	例数	入院时	术后第 1 天	术后第 3 天	术后第 5 天	术后第 7 天
对照组	37	3.84±1.64	2.59 ± 0.83^{a}	2.43 ± 0.84^{a}	2.46 ± 1.12^{a}	2.43 ± 1.12^{a}
干预组	39	3.95±1.91	2.08 ± 0.84^{a}	1.72 ± 0.69^{a}	1.54 ± 1.19^{a}	1.46 ± 0.56^{ab}
t		0.076	7.485	16.967	12.418	23.208
P		0.783	0.006	＜0.001	＜0.001	＜0.001

注：与入院时比较，$^{a}P<0.05$；与术后第 1 日比较，$^{b}P<0.05$。

3 讨论

3.1 术后运动康复方案具有安全性和可行性 椎管内肿瘤是脊柱脊髓神经外科常见病，手术是治疗该病种的有效手段，但仍存在一定的并发症[10]，因此术后并发症的防治及功能恢复非常关键。本研究综合文献研究、预试验及专家会议科学制订运动康复方案，遵循循序渐进原则，为保证患者安全性，研究团队制订了应急预案，确保可能出现不良事件时能立即处理。本研究中患者均未出现跌倒、引流管滑脱、脑脊液漏等重大不良事件，表明本团队构建的方案不会增加潜在风险，临床实施安全可行。

3.2 术后运动康复有助于改善功能障碍，提高活动能力 调查显示，椎管内肿瘤患者伴随着高症状负担，其中近 72%患者经历因功能障碍导致活动能力受限的困扰[11]。而脊髓周围丰富的血供和神经支配增加手术难度，术中直接或间接损害组织，胸腰段又为人体活动和承重主要部位，为保障椎管内肿瘤患者的安全、舒适和脊柱稳定性，常认为其术后不宜活动，但长期不活动会造成肌肉蛋白质合成减少和尿氮排泄增加，进而快速导致肌萎缩和功能失调，增加下肢血栓、炎症、感染等并发症发生[12-13]。术后早期运动康复可有效加快血液循环，减轻脊髓神经根周围组织水肿，以防神经根粘连，进而增强腰背肌和韧带力量，加固脊柱稳定性，提高活动能力[14]。本研究结果显示，干预后干预组 JOA 评分显著高于对照组($P<0.05$)，表明对干预组椎管内肿瘤患者实施运动康复方案，促进神经传导，患者在主观症状和日常活动、临床体征和膀胱功能方面恢复效果良好。究其机制可能为：运

动训练可诱导脊髓损伤局部、远端皮质神经再生微环境中相关因子表达，促进神经再生。神经再生微环境可通过骨骼肌到运动神经逆向传导通路调控[15]。而国内外相关研究亦证实，开展早期运动可激活肌纤维，提高肌张力，强化机体功能[16-17]，与本研究结果一致。

3.3　术后运动康复方案有助于减轻疼痛不适感，缓解负性情绪　胸腰段椎管内肿瘤患者易出现腰背部胀痛、卧位根性疼痛等症状，呈进行性加重，对患者的日常生活造成极大影响[18]。专家共识建议[19]，针对存在神经病理性疼痛的脊髓损伤患者，运动康复可作为替代疗法，其在改善疼痛强度方面比常规治疗效果显著。相关研究亦证实，一定强度和时长的运动训练能从不同方面减轻或逆转脊髓神经可塑性的变化，进而诱导镇痛效应[20]。鉴于此，本研究针对胸腰段椎管内肿瘤患者的呼吸、四肢肌力及腰背肌功能实施强化训练，结果显示，干预组术后疼痛评分显著低于对照组（$P<0.05$），提示对患者实施运动康复疗法短期内能有效减轻疼痛不适感。围手术期运动不仅有助于提高术后恢复质量，还能缓解负性情绪[21]。患者的心理障碍与躯体症状呈双向关系、互相刺激，而运动能显著增加机体β-内啡肽水平，同时又刺激机体分泌大量肾上腺素，从而使人产生愉悦感，树立信心，减少疾病困扰，重返家庭和社会，由此产生的积极效应反馈疾病本身，让患者达到心理、身体和社会层面的三重康复效果[22]。本研究结果显示，干预后两组焦虑、抑郁评分比较，差异有统计学意义（均 $P<0.05$），与Kim 等[23]研究结果一致。也证实运动康复干预能有效降低焦虑、抑郁的风险或发生。

综上所述，本研究构建的胸腰段椎管内肿瘤患者术后运动康复方案在临床实践中安全可行，可促进患者术后功能恢复，提高活动能力，减轻疼痛不良体验，缓解负性情绪。通过将方案分为不同模块及阶段，可较为全面地考虑患者运动康复过程中面临的共性和个性问题，同时体现循序渐进、动态化、个体化原则。但本研究仅开展单中心、短时间、小样本的实证研究，后续需不断关注胸腰段椎管内肿瘤患者运动康复的相关研究进展，筛选和总结新的证据，并进行多中心、长期随访、大样本的研究，以进一步验证和完善该方案。

参考文献：

[1]　郝帅，宋启民. 多模式电生理监测在腰骶段椎管内肿瘤显微切除手术中的应用探讨[J]. 中华神经医学杂志，2018，17(8)：819-824.

[2]　Tsai C Y, Tsai T H, Su Y F. Surgical treatment of intraspinal tumors in Southern Taiwan：the 30-year experience of a single institution[J]. J Clin Neurosci，2020，75(5)：52-54.

[3]　Santos Júnior E C, Dantas F, Caires A C V, et al. Evaluation of surgically treated primary spinal cord tumors in a single Brazilian institution：a case series study of 104 patients[J]. Cureus，2022，14(3)：e23408.

[4]　王群涛，赵晓生，杨恬甜，等. 椎板切除术治疗椎管内神经鞘瘤及对患者术后脊柱稳定性的影响研究[J]. 中国全科医学，2019，22(S1)：42-44.

[5]　美国脊髓损伤协会，国际脊髓损伤学会，李建军，等. 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)：963-971.

[6]　Dicenso A, Bayley L, Haynes R B. Accessing preappraised evidence：fine-tuning the 5S model into a 6S model[J]. Evid Based Nurs，2009，12(4)：99-101.

[7]　Kaneda K. Evaluation of the international academic activities of members of the Japanese Orthopaedic Association (JOA)[J]. J Orthop Sci，1998，3(1)：1-2.

[8]　Vishwanathan K, Braithwaite I. Comparative responsiveness of four visual analogue scales in microdiscectomy for lumbar disc herniation[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol，2019，29(6)：1199-1204.

[9]　Zigmond A S, Snaith R P. The Hospital Anxiety and Depression Scale[J]. Acta Psychiatrscand，1983，67：361-370.

[10]　秦德芳，李丽，张泽舜，等. 补阳还五汤加快椎管内肿瘤术后功能恢复随机对照研究[J]. 中国中西医结合杂志，2021，41(9)：1073-1079.

[11]　Rogers J L, Vera E, Acquaye A, et al. Living with a central nervous system (CNS) tumor：findings on long-term survivorship from the NIH natural history study [J]. Neurooncol Pract，2021，8(4)：460-474.

[12]　王小琴，梁红梅，裴传凤，等. 急性心肌梗死心源性休克患者渐进式早期康复训练[J]. 护理学杂志，2019，34(23)：72-74.

[13]　孙烯辉，杨丽，黄德斌，等. 床上脚踏车运动在住院卧床患者中应用的研究现状[J]. 中国护理管理，2020，20(1)：151-155.

[14]　钱宇章，王楠，董煜祺，等. 腰椎间盘突出症椎间孔镜术后疼痛的治疗进展[J]. 颈腰痛杂志，2021，42(4)：579-581.

[15]　王彤，李向哲. 运动对脊髓损伤功能恢复影响机制的国内研究现状[J]. 中国康复医学杂志，2017，32(12)：1322-1325.

[16]　王小刚，杨彬，王亚寒，等. 前路减压融合内固定术联合分阶段康复干预对脊髓损伤患者运动功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志，2022，44(1)：62-64.

[17]　Kose N, Muezzinoglu O, Bilgin S, et al. Early rehabilitation improves neurofunctional outcome after surgery in children with spinal tumors[J]. Neural Regen Res，2014，9(2)：129.

[18]　朱双芳，黄学良，林雨聪，等. 230 例椎管内肿瘤的诊断及手术治疗经验[J]. 中国矫形外科杂志，2019，27(3)：230-234.

[19]　Zhang Y H, Hu H Y, Xiong Y C, et al. Exercise for neuropathic pain：a systematic review and expert consensus[J]. Front Med (Lausanne)，2021，8：756940.

[20]　徐子涵，尤浩军. 运动诱发的镇痛效应：脊髓、皮层下和皮层机制[J]. 生物化学与生物物理进展，2022，49(3)：481-491.

[21]　杨洁，冯竞，居馨星，等. 基于患者健康参与模型的肺癌手术患者运动康复方案构建和初步应用[J]. 护理学杂志，2022，37(7)：1-5.

[22]　Pilozzi A, Carro C, Huang X. Roles of β-endorphin in stress, behavior, neuroinflammation, and brain energy metabolism[J]. Int J Mol Sci，2021，22(1)：338.

[23]　Kim D, Lee J, Park H, et al. The relationship between physical activity levels and mental health in individuals with spinal cord injury in South Korea[J]. Int J Environ Res Public Health，2020，17(12)：4423.

（本文编辑　丁迎春）

智能负重机器人在前交叉韧带重建患者康复训练的应用

温雅婷[1],潘咏薇[1],徐云[2],孙延山[2],秦德春[3],孙国堃[4],刘庆君[2],耿荣星[4]

摘要:目的 探讨下肢智能负重机器人用于前交叉韧带重建患者康复训练的效果。**方法** 选取行前交叉韧带重建的96例患者作为研究对象,按照入院时间顺序分为对照组和干预组各48例。对照组实施常规康复训练,干预组实施下肢智能负复机器人康复训练,比较两组的干预效果。**结果** 干预后,干预组膝关节活动度、膝关节功能评分显著优于对照组,疼痛评分显著低于对照组,日常生活活动能力评分显著高于对照组(均 $P<0.05$)。**结论** 智能负重机器人应用于前交叉韧带重建术患者康复训练,能有效改善患者膝关节功能,减轻训练疼痛,有助于提高其日常生活活动能力。

关键词:前交叉韧带损伤; 前交叉韧带重建术; 机器人; 膝关节功能; 膝关节活动度; 疼痛; 日常生活活动能力; 康复护理

中图分类号:R473.6;R493 **文献标识码:**A **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2022.24.075

Application of intelligent weight-bearing rehabilitation robot in rehabilitation training of patients receiving anterior cruciate ligament reconstruction *Wen Yating, Pan Yongwei, Xu Yun, Sun Yanshan, Qin Dechun, Sun Guokun, Liu Qingjun, Geng Rongxing. School of Nursing, Weifang Medical College, Weifang 261053, China*

Abstract:Objective To explore the effect of applying a lower limb intelligent weight-bearing rehabilitation robot in rehabilitation training of patients receiving anterior cruciate ligament reconstruction. **Methods** Ninety-six patients were evenly divided according to either of the 2 periods they were admitted. The control group received conventional rehabilitation training, while the intervention group used a lower limb intelligent weight-bearing rehabilitation robot to assist in training. The intervention effect was compared between the two groups. **Results** The intervention group had better range of motion of the knee joint and knee function scores, lower pain scores, and higher activities of daily living scores, than the control group (all $P<0.05$). **Conclusion** Application of the intelligent weight-bearing rehabilitation robot in rehabilitation training of patients receiving anterior cruciate ligament reconstruction can improve the function of the knee joint, reduce pain level in training and improve activities of daily living of patients.

Key words: anterior cruciate ligament injury; anterior cruciate ligament reconstruction; robot; function of the knee joint; range of motion of the knee joint; pain; activities of daily living; rehabilitation nursing

前交叉韧带损伤是常见和最具破坏性的运动损伤之一,据统计,全球每年发生200多万例前交叉韧带损伤,且大多都是中青年甚至是青少年[1-2]。前交叉韧带损伤的治疗有非手术治疗和前交叉韧带重建手术治疗,无论何种治疗方案,均需要系统的康复护理以避免术后出现韧带粘连、膝关节功能障碍等并发症。下肢智能负重机器人康复训练相比于传统的康复训练形式,能够实现人机互动,更加准确地掌握术后负重康复训练度,将量化指令更好地反馈给患者,使其可视自己的踩踏力度,科学逐步负重[3]。目前国内康复机器人主要应用在脑卒中、偏瘫、全膝关节置换等领域[4]。由于骨科手术的特殊性,患者会因术后疼痛而拒绝早期康复训练,加之前交叉韧带损伤患者整体年龄较小,相较于行关节置换手术的中老年患者,其出院后重返运动的需求更高。而前交叉韧带重建术后下肢早期科学负重时间窗的选择与应用目前尚没有统一标准[5]。本研究将下肢智能负重机器人应用于前交叉韧带损伤患者术后康复训练,旨在提高患者康复效果,报告如下。

作者单位:1.潍坊医学院护理学院(山东 潍坊,261053);潍坊市人民医院 2.关节外科 3.护理部 4.重症医学科
温雅婷:女,硕士在读,学生
通信作者:秦德春,qindechun@souhu.com
科研项目:山东省卫生健康委科研计划项目(2016WS0660);潍坊市卫生健康委科研计划项目(WFWSJK-2020-034)
收稿:2022-07-21;修回:2022-09-02

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2019年4月至2021年10月在潍坊市人民医院骨科就诊患者作为研究对象。纳入标准:年龄>18岁;经MRI确诊为前交叉韧带损伤或断裂,均行前交叉韧带重建手术治疗;患者知情同意自愿参加本研究。排除标准:合并半月板损伤或骨折、严重骨质疏松或下肢深静脉血栓;感染性疾病;有精神疾病史。入选患者100例,将2019年4月至2020年4月住院的患者50例设为对照组,2020年5月至2021年10月住院的患者50例设为干预组。干预过程中干预组2例失访,对照组2例转院治疗,共96例完成研究。两组患者一般资料比较,见表1。本研究经过医院伦理委员会批准(KY-LL20220825-7)。

1.2 干预方法

两组均在全身麻醉下实施关节镜韧带重建术,重建材料为同侧自体腘绳肌腱。对照组实施常规围术期功能训练,即由责任护士采用口头与发放宣教手册的方式向患者及家属进行健康教育,常规使用间歇加压充气装置、冰袋冷敷、红外线治疗仪辅助治疗,同

时，指导和协助患者分步骤行踝泵锻炼、直腿抬高、拐杖辅助下负重训练等[6-12]。干预组应用下肢智能负重机器人进行康复训练，具体如下。

表 1　两组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄	BMI	手术侧(例)		文化程度(例)			创伤程度(例)		发病时期(例)	
		男	女	(岁，$\bar{x}\pm s$)	($\bar{x}\pm s$)	左	右	初中及以下	高中及中专	大专以上	完全断裂	部分断裂	急性期	亚急性期
对照组	48	37	11	28.92±7.74	23.99±2.93	25	23	0	8	40	15	33	22	26
干预组	48	35	13	29.21±6.80	24.33±2.20	30	18	4	6	38	18	30	29	19
统计量		$\chi^2=0.222$		$t=0.641$	$t=0.222$	$\chi^2=1.064$		$Z=0.691$			$\chi^2=0.416$		$\chi^2=2.050$	
P		0.637		0.523	0.637	0.302		0.490			0.519		0.152	

1.2.1　组建康复团队　团队成员共 12 人，包括关节外科主任 1 名、主治医师 2 名、护士长 1 名，康复医学科及关节外科责任护士各 2 名、康复师 1 名、机器人厂家工程师 2 名、护理研究生 1 名。由科主任及护士长负责研究的整体管理和协调；小组成员共同制订和实施患者术后个性化康复训练计划；康复师帮助患者了解智能负重机器人并指导使用；工程师负责机器人的参数调节及安装、运行、保养与维护；护理研究生负责数据收集整理。由护士长组织团队成员进行培训，内容包括关节镜韧带重建术的康复训练方法，智能负重机器人的原理、构造、使用及注意事项，共 3 个学时。

1.2.2　实施康复训练

1.2.2.1　评估与教育　康复团队成员对患者进行评估，了解患者对术后康复训练的认知、能力及应用智能负重机器人的意向和条件，患者家庭和社会支持状况等，主治医师、康复师、责任护士共同结合患者病情制订个体化康复训练计划和目标，并采用健康教育手册、App、小视频等途径进行针对性健康教育，包括术后功能训练的目的、必要性，智能负重机器人的优点、使用方法及注意事项。责任护士做好日常健康管理，帮助患者克服不良生活及行为习惯，如吸烟、饮酒、熬夜等。

1.2.2.2　康复训练　采用法罗适(上海)公司生产的法智迈下肢智能负重机器人进行康复训练，包括人机交互界面、助行支架、康复鞋三大部分，通过无线蓝牙技术进行数据传输。①使用前主治医师、康复师、责任护士再次向患者说明使用目的及方法，教会患者在使用过程中自我监测心率、脉搏及膝关节适应性，若出现膝关节的异响、红肿、刺痛、出血或不间断增强的不适症状应及时告知。②首次使用负重机器人时由责任护士帮助患者进行注册，输入个人基本信息，绑定主治医师与康复师信息，选择个性化康复训练计划，连接能够调节大小的康复鞋，设置负重参数，即可开始训练。每次下床训练前，分别卧位、坐位、直立位各 30 s，无头晕不适方可开始。③术后第 1 天在医护人员帮助下先下地站立 3～5 min，患者无任何不适后应用智能负重康复机器人进行部分负重行走，指导患者躯干略微前倾，增肌腘绳肌收缩来减少前交叉韧带的负荷，双手抓紧两侧的助行器，支具屈伸锁定 0°，当患者踩康复鞋时，页面指针会根据设定的负重力度变动，指针变动到绿色区域，记为 1 次有效。指针变动到红色区域时会有相对应的消息提示，提示患者不要用力太大。使用机器人训练过程中根据患者当天情况进行个性化调节，首次负重设置为不超过本人体质量的 1/3，循序渐进调整。负重量按患者体质量 15%～30% 逐步增加，干预频次为 15～30 min/次，2 次/d，直至出院，在出院当天至少达到患膝负重 50% 体质量。④患者训练完成后数据由云平台上传至电子病历，在每次锻炼开始前主治医师或康复师查看前 1 d 患者训练计划与实际完成水平，对数据进行追踪。按照内置评估量表对患者训练情况进行评估，包括训练次数、时长、负重力度等，对于未能达标的患者提出警示和重复教育，督促患者落实。训练期间责任护士依据患者喜好选择背景音乐和调节音量，密切观察患者训练过程中的主诉，每日总步数不作硬性规定，以患者当天的耐受情况、疼痛评分、患侧肢体肿胀程度、锻炼依从性等适当增加或减少。评估患膝肿胀和疼痛(疼痛视觉模拟量表<5 分)下实施渐进性负重，每次训练完成后用冰袋进行冷敷消肿。

1.3　评价方法　①美国特种外科医院膝关节评分(Hospital for Special Surgery Knee Score，HSS)。该量表包含 7 个项目，其中疼痛 30 分，运动功能 22 分，活动度 18 分，肌力 10 分，屈曲畸形 10 分，稳定性 10 分，还包括部分减分项目如内外翻、单拐杖、伸直障碍等。该量表总分为 100 分，由骨科专科护士观察并询问患者的膝关节功能恢复情况，分数越高代表患者膝关节功能越好[13]。②主动关节活动度(Range of Motion，ROM)。患者坐位状态下自然放松，将医用量角器的轴心置于患者股骨外侧髁，然后将固定臂置于股骨中线，与股骨大转子保持同一水平，将测量臂置于腓骨中线处，与患者外踝中线方向对齐，将量尺固定于患肢，同时让患者膝关节在自然状态下最大限度地屈伸并进行测量，取 3 次测量的平均值。③视觉模拟评分(Visual Analogue Scale，VAS)。评分 0～10 分，≤3 分为无或轻微疼痛，4～6 分为中度疼痛，7～10 分为重度疼痛。④改良 Barthel 指数评定量表(Modified Barthel Index，MBI)。包括进食、步行、洗澡、穿衣、上下楼等共 10 个项目，总分为 0～100 分，得分越高表明患者日常生活自我管理能力越好[14]。由康复小组于干预前(入院当天)后(出院当天)进行数据收集，VAS 在患者住院当天及术后 24 h、48 h 测量。

1.4 统计学方法 使用SPSS23.0软件进行数据分析。计数资料使用频数、百分比(%)描述,计量资料使用($\bar{x}\pm s$)表示,行两独立样本t检验、χ^2检验、Wilcoxon秩和检验、重复测量的方差分析。检验水准$\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 两组干预前后HSS评分和ROM比较 见表2。

表2 两组干预前后HSS评分和ROM比较 $\bar{x}\pm s$

组别	例数	干预前		干预后	
		HSS(分)	ROM(°)	HSS(分)	ROM(°)
对照组	48	43.71±4.14	40.63±3.52	54.40±4.36	49.69±5.20
干预组	48	43.17±3.78	41.35±5.99	60.04±3.40	56.27±5.35
t		−0.670	0.727	7.083	6.116
P		0.505	0.469	<0.001	<0.001

2.2 两组不同时间疼痛评分比较 见表3。

表3 两组不同时间疼痛评分比较 分,$\bar{x}\pm s$

组别	例数	入院当天	术后24 h	术后48 h
对照组	48	3.17±0.38	3.94±0.93	3.08±0.65
干预组	48	3.31±0.72	3.50±0.97	2.38±0.49
t		1.244	−2.256	−6.051
P		0.216	0.026	<0.001

注:$F_{时间}=132.790$,$F_{组间}=16.731$,$F_{交互}=8.795$,均$P<0.001$。

2.3 两组日常活动能力得分比较 干预前对照组、干预组日常活动能力得分分别为53.56±8.23、56.21±6.89,两组比较,$t=1.708$、$P=0.091$。干预后分别为78.77±6.33、82.21±4.33,两组比较,$t=3.105$、$P=0.003$。

3 讨论

3.1 实施下肢智能负重机器人康复训练能提高患者关节活动度,改善膝关节功能 前交叉韧带重建术后早期正确负重的优点是营养软骨,促进愈合期间的胶原蛋白重组,使膝关节的骨骼和软组织恢复正常生理负荷[15]。但部分患者因恐惧术后疼痛而出现延迟负重、下床时患侧肢体肌群不敢或不能正确用力导致患肢肿胀等问题,是临床康复护理的难点。本研究结果显示,干预组干预后膝关节功能评分、主动膝关节活动度显著优于对照组(均$P<0.05$),提示实施机器人康复训练能有效提高患者关节活动度,改善膝关节功能,与相关的研究结果[16]一致。分析可能的原因为:首先,康复师、主治医师和责任护士根据患者耐力情况与病情评估制订的功能训练方案具有个体化、渐进性特点,患者按步骤循序渐进实施,接受度高;其次,机器人根据患者下肢运动能力选择不同的负重引导力,如果偏离最佳的力量与位置,系统做出相应的引导与提示,患者更容易理解,改变了以往医护人员灌输式讲解、针对性差等弊端。机器人内置应力与步态传感器可根据提前预置的负重大小帮助患者进行锻炼,改变了传统模式凭借主观判断、不能量化的缺点。当患者的发力点、负重重量、步态错误时会通过惯性测量单元与压敏传感器识别并出现红色警示,帮助患者进行股四头肌训练,通过腘绳肌与股四头肌的共同收缩减少胫骨股骨剪切力,加强膝关节周围的肌肉组织力量。且每天的训练目标与实际情况由蓝牙传输,帮助主治医师和康复师进行量化评估和调整,保证了康复训练的效果。

3.2 实施下肢智能负重机器人康复训练能减轻患者术后疼痛,提高日常生活活动能力 本研究结果显示,干预组干预后疼痛评分显著低于对照组,日常生活活动能力得分显著高于对照组(均$P<0.05$)。究其原因在于:干预组在训练过程中医护人员可对训练计划与目标进行追踪,对于疼痛耐受度低的患者及时调整负重力度和训练时间,责任护士根据患者喜好放送背景音乐等非药物镇痛措施,分散患者注意力;机器人主屏幕还能根据患者需求进行虚拟的互动场景提示,增加患者负重训练过程中的趣味性,从而减轻了患者早期训练的疼痛程度。机器人康复训练使患者在术后第1天开始进行渐进式与被动式部分负重活动,包括部分负重站立训练、部分负重站立位下感觉训练、步态(步幅)训练等,有针对性地改善早期膝关节功能,促进了患者日常生活活动能力的提升,与相关研究的结果[17-18]一致。

4 小结

下肢智能负重机器人在前交叉韧带重建患者康复训练中的应用,能改善膝关节功能,促进患者日常生活活动能力的提升。本研究的局限性在于:样本量较少,且集中于同一所医院,也未进行长期的追踪与随访;实施过程中部分参数的调节还有待完善,将在临床中进一步应用和完善。

参考文献:

[1] Renstrom P A. Eight clinical conundrums relating to anterior cruciate ligament (ACL) injury in sport:recent evidence and a personal reflection[J]. Br J Sports Med, 2013,47(6):367-372.

[2] 秦爽,钱菁华.前交叉韧带损伤康复的研究进展[J].中国运动医学杂志,2017,36(9):834-839.

[3] 沈祚.便携式膝关节康复机器人的研究[D].太原:中北大学机械工程学院,2020.

[4] 何娜娜,潘丽英,洪宗元,等.关节镜下膝关节前交叉韧带重建术后下床负重训练时间窗研究[J].护理学杂志,2018,33(7):36-38.

[5] 石男强,刘刚峰,郑天骄,等.下肢康复机器人的研究进展与临床应用[J].信息与控制,2021,50(1):43-53.

[6] 张灵丽,陈东阳,李昕华,等.基于循证构建前交叉韧带重建术患者的康复锻炼方案及实证研究[J].中国实用护理杂志,2021,37(10):750-755.

[7] Gomes C F, Lima F X, Vianna K B, et al. Eccentric training combined to neuromuscular electrical stimulation is not superior to eccentric training alone for quadriceps strengthening in healthy subjects:a randomized controlled