

DOI: 10.19296/j.cnki.1008-2409.2024-06-015

· 论 著 ·

· ORIGINAL ARTICLE ·

## 神经肌肉激活技术在脊髓损伤患者术后肌肉、肌力康复中的应用

华征

(南阳市第一人民医院康复医学科, 南阳 473000)

**摘要** **目的** 观察神经肌肉激活技术训练对脊髓损伤患者术后康复情况的影响。**方法** 选取 105 例脊髓损伤患者, 随机分为常规组(52 例)和训练组(53 例), 两组均接受靶向肌肉神经重建术治疗, 常规组术后实施功能性电刺激治疗, 训练组采用神经肌肉激活技术训练联合功能性电刺激治疗。比较两组患者的肌力变化, 肌肉表面肌电信号, 康复进程及功能恢复情况。**结果** 在不同治疗方案下, 训练组的伸肌群峰力矩、伸肌群力矩加速能、屈肌群峰力矩、屈肌群力矩加速能均高于常规组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 训练组的腓肠肌、肱二头肌、肱四头肌、胫前肌肌电信号均高于常规组( $P < 0.05$ ); 训练组的下床时间、疼痛缓解时间、住院时间、椎体功能恢复时间均低于常规组( $P < 0.05$ ); 训练组随访第 3, 6, 12 个月时的 ASIA 运动评分均高于常规组, 感觉评分均高于常规组( $P < 0.05$ )。**结论** 神经肌肉激活技术训练能促进脊髓损伤患者术后肌力、肌肉表面肌电信号恢复, 有利于加快患者康复进程、改善脊髓功能。

**关键词:** 脊髓损伤; 神经肌肉激活技术; 表面肌电信号; 康复进程; 脊髓功能

中图分类号: R454.1

文献标志码: A

文章编号: 1008-2409(2024)06-0101-06

## Application of neuromuscular activation technology in the postoperative muscle and strength rehabilitation in the patients with the spinal cord injury

HUA Zheng

(Department of Rehabilitation Medicine, Nanyang First People's Hospital, Nanyang 473000, China)

**Abstract** **Objective** To observe the effect of neuromuscular activation technology training on the postoperative rehabilitation in the patients with the spinal cord injury. **Methods** 105 patients with the spinal cord injury were randomly divided into the conventional group(52 cases) and training group(53 cases). The patients in both groups were received targeted muscle and nerve reconstruction surgery. The patients in the conventional group were received functional electrical stimulation therapy after surgery, while the patients in the training group were received a combination of neuromuscular activation technology training and functional electrical stimulation therapy. The changes in muscle strength, surface electromyographic signals, rehabilitation process, and functional recovery were compared

基金项目: 河南省医学科技攻关联合共建项目(LHGJ2019020115)。

第一作者: 华征, 本科, 护师, 研究方向为脑卒中术后康复, huazhengz112@yeah.net。

between two groups patients. **Results** Under different treatment plans, the peak torque, acceleration energy, peak torque, and acceleration energy of the extensor muscle in the training group were higher than those in the control group, showing a statistically significant difference ( $P<0.05$ ). The electromyographic signals of the gastrocnemius, biceps, quadriceps and tibialis anterior muscles in the training group were higher than those in the control group ( $P<0.05$ ). The time for getting out of bed, pain relief, hospitalization, and vertebral function recovery in the training group were all lower than those in the control group ( $P<0.05$ ). The ASIA motor scores and sensory scores in the training group were higher than those in the control group at 3, 6 and 12 months of follow-up ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Neuromuscular activation technique training promotes the postoperative muscle strength and surface electromyographic signal recovery in the patients with the spinal cord injury, which has a positive significance in accelerating the patient's recovery process and improving spinal cord function.

**Keywords:** spinal cord injury; neuromuscular activation technology; surface electromyographic signals; rehabilitation process; spinal cord function

脊髓损伤为脊柱骨折或脱位患者的常见并发症,此类患者临床多伴有感觉、运动功能障碍甚至四肢瘫痪表现。对于发病 24 h 内的急性期患者,临床通常以维持呼吸通常、稳定血液循环为主要救治目标,待其病情、体征恢复平稳后,则会依据其损伤程度酌情实施保守治疗或手术治疗<sup>[1]</sup>。靶向肌肉神经重建术为治疗脊髓损伤的重要方法,通过兴奋神经并刺激肌肉能促使肌电信号产生,对重建受损肌群的神经联系病恢复神经、运动功能均有重要意义。但脊髓损伤患者术后康复周期普遍较长,在其术后恢复期辅以积极康复治疗有利于加快康复进程,并改善患者预后情况<sup>[2-3]</sup>。功能性电刺激为脊髓损伤患者常见物理康复疗法,此疗法能一定程度改善肌群功能,但在改善患者运动、感觉方面的效果并不理想<sup>[4]</sup>。神经肌肉激活技术训练是一种利用高水平神经肌肉刺激仪改善躯体正常感觉及运动模式的治疗方法,其主要包括诊断、治疗两个部分,前者用于评估躯体运动的薄弱环节,后者可用于增强局部关节活动及躯体核心力量<sup>[5]</sup>。本研究旨在观察神经肌肉激活技术训练对脊髓损伤患者术后康复情况的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究为前瞻性研究,研究对象为南阳市第一人民医院 2022 年 1 月至 2023 年 6 月收治的 105 例

脊髓损伤患者,应用电脑随机分组法将入组患者分为常规组(52 例)和训练组(53 例),常规组男 30 例,女 22 例;年龄 55~75 岁,平均(65.2±5.2)岁;病程 7~21(14.3±5.2)d;其中 32 例的美国脊髓损伤协会脊髓损伤分级系统(ASIA)分级<sup>[6]</sup>为 B 级、20 例为 C 级。训练组男 33 例,女 20 例;年龄 57~73 岁,平均(65.3±5.1)岁;病程 8~20(14.3±5.2)d;其中 30 例的 ASIA 分级为 B 级、23 例为 C 级。两组一般资料比较,无统计学差异( $P>0.05$ )。本研究已获得医院伦理委员会批准(文号:NY0363-2021)。

纳入标准:①入组患者经影像学检查均确认为脊髓损伤<sup>[7]</sup>;②入院时 ASIA 分级均为 B 级、C 级;③符合靶向肌肉神经重建术指征,且已接受相关手术治疗。

排除标准:①实验室检查提示存在严重骨质疏松症;②提示存在感染性疾病或免疫缺陷。③既往有脊柱外科手术史;④合并严重心脑血管疾病;⑤已知有凝血障碍或出血风险。

### 1.2 方法

常规组术后实施功能性电刺激治疗,治疗设备均为 KT-1 神经肌肉电刺激治疗仪(购自北京御健康医疗仪器有限公司),电刺激治疗主要包括热身、刺激、恢复等 3 个阶段,热身 5 min 后,以 8 Hz 持续刺激 8 s、2 Hz 持续刺激 2 s、18 Hz 持续刺激 10 s 为 1 个刺激程序,连续刺激 30 min 后恢复 5 min;电刺激治疗期间的电流强度应以患者肌肉强烈收缩且未觉

疼痛或不适感为宜,每周治疗 5 次,连续治疗 4 周。

训练组采用神经肌肉激活技术训练联合功能性电刺激治疗,神经肌肉激活技术训练设备均为 Y-5500X-E 悬吊运动康复训练系统(购自上海语路医疗科技有限公司)。首先通过腰椎中立位控制训练、膝立位腰部控制训练,训练 1 周后在上述训练基础上增加仰卧位搭桥训练和俯卧位搭桥训练,训练 1 周后在上述训练基础上增加侧卧位搭桥训练,若脊髓功能恢复至 B 级以上则增加晋级训练及髋关节屈伸、外展训练,其余功能性电刺激治疗方法与常规组一致,本组连续治疗 4 周。

### 1.3 观察指标

①采用 BR-KF 全方位等速肌力训练器等速训练系统(购自山东谨实医疗科技有限公司),检测两组伸肌群峰力矩、伸肌群力矩加速能、屈肌群峰力矩、屈肌群力矩加速能,检测时间为治疗开始前 1 d、治疗结束后次日。②采用 MyoMove-COW 表面肌电图仪(购自上海诺诚电气有限公司)检测两组腓肠肌、肱二头肌、肱四头肌、胫前肌的表面肌电信号,检测时间同上。③记录两组患者的下床时间、疼痛缓解时间、住院时间、椎体功能恢复时间,当 ASIA 分级为

D 级、E 级时即可判定为椎体功能恢复。④治疗结束后随访 1 年,采用 ASIA 运动评分、感觉评分评估两组患者的功能恢复情况,ASIA 运动评分需通过徒手肌力法测定,共包含 10 组关键肌,均按 0~10 分计分,满分 100 分;感觉功能需通过对 18 个感觉位点进行针刺刺激评估,各位点均按 0~7 分计分,满分 126 分,评估时间为治疗开始前 1 d、随访第 3 个月(3 m)、随访第 6 个月(6 m)、随访第 12 个月(12 m)。

### 1.4 统计学方法

数据均采用 SPSS 22.0 统计软件处理,计数资料以样本量  $n$ 、样本量占比(%)表示,用  $\chi^2$  检验;计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  表示,用  $t$  检验。 $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 肌力指标

治疗前,两组患者的肌力指标无统计学差异( $P > 0.05$ );治疗后,训练组的伸肌群峰力矩、伸肌群力矩加速能、屈肌群峰力矩、屈肌群力矩加速能均高于常规组( $P < 0.05$ ),结果如表 1 所示。

表 1 两组患者的肌力指标比较

组别	n/例数	伸肌群峰力矩/(N/m)		伸肌群力矩加速能/J		屈肌群峰力矩/(N/m)		屈肌群力矩加速能/J	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
训练组	53	35.23±5.29	60.45±10.22*	5.41±1.26	12.33±3.29*	21.22±5.31	35.44±5.28*	2.14±0.25	6.41±1.33*
常规组	52	35.16±5.33	55.48±10.24*	5.33±1.34	10.34±2.35*	21.25±5.15	32.29±5.42*	2.21±0.34	5.52±1.33*
$t$		0.068	2.489	0.315	3.561	0.029	3.017	1.204	3.428
$P$		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

注:与治疗前比较,\* $P < 0.05$ 。

### 2.2 表面肌电信号

治疗前,两组患者的表面肌电信号无统计学差异( $P > 0.05$ );治疗后,训练组的腓肠肌、肱二头肌、肱

四头肌、胫前肌肌电信号均高于常规组( $P < 0.05$ ),结果如表 2 所示。

表2 两组患者的表面肌电信号比较

组别	n/例	腓肠肌/ $\mu\text{V}$		肱二头肌/ $\mu\text{V}$		肱四头肌/ $\mu\text{V}$		胫前肌/ $\mu\text{V}$	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
训练组	53	65.23 $\pm$ 10.25	95.23 $\pm$ 10.44*	66.23 $\pm$ 10.27	105.25 $\pm$ 20.36*	80.66 $\pm$ 10.29	120.34 $\pm$ 20.21*	77.23 $\pm$ 10.25	110.45 $\pm$ 20.36*
常规组	52	64.31 $\pm$ 10.14	90.26 $\pm$ 10.28*	67.35 $\pm$ 10.13	91.13 $\pm$ 10.24*	81.45 $\pm$ 10.31	106.26 $\pm$ 20.39*	76.28 $\pm$ 10.42	96.44 $\pm$ 10.23*
<i>t</i>		0.462	2.458	0.563	4.476	0.393	3.554	0.471	4.442
<i>P</i>		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

注:与治疗前比较,\* $P<0.05$ 。

### 2.3 术后康复进程

在不同治疗方案下,训练组的下床时间、疼痛缓

解时间、住院时间、椎体功能恢复时间均低于常规组( $P<0.05$ ),结果如表3所示。

表3 两组患者的术后康复进程比较

组别	n/例	下床时间/d	疼痛缓解时间/d	住院时间/d	椎体功能恢复时间/月
训练组	53	25.33 $\pm$ 5.21	2.45 $\pm$ 0.36	14.25 $\pm$ 3.29	4.51 $\pm$ 1.28
常规组	52	28.85 $\pm$ 5.23	3.36 $\pm$ 0.27	16.28 $\pm$ 3.63	5.43 $\pm$ 1.41
<i>t</i>		3.455	14.632	3.004	3.502
<i>P</i>		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

### 2.4 功能恢复情况

治疗前,两组患者的ASIA评分无统计学差异( $P>0.05$ );训练组随访第3个月、6个月、12个月时

的ASIA运动评分及感觉评分均高于常规组( $P<0.05$ ),结果如表4所示。

表4 两组患者的功能恢复情况比较

组别	n/例	运动评分/分				感觉评分/分			
		治疗前	随访3 m	随访6 m	随访12 m	治疗前	随访3 m	随访6 m	随访12 m
训练组	53	42.15 $\pm$ 10.33	60.23 $\pm$ 10.45*	68.44 $\pm$ 10.29*	73.39 $\pm$ 10.27*	55.49 $\pm$ 10.23	72.33 $\pm$ 10.25*	80.14 $\pm$ 10.23*	86.45 $\pm$ 10.36*
常规组	52	42.23 $\pm$ 10.24	55.49 $\pm$ 10.25*	63.11 $\pm$ 10.24*	68.24 $\pm$ 10.33*	55.26 $\pm$ 10.31	67.33 $\pm$ 10.34*	75.35 $\pm$ 10.21*	81.22 $\pm$ 10.26*
<i>t</i>		0.040	2.346	2.660	2.562	0.115	2.488	2.401	2.599
<i>P</i>		>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:与治疗前比较,\* $P<0.05$ 。

## 3 讨论

脊髓损伤为临床常见急症,一般是由于脊椎移位或碎骨片突出于椎管,并对脊髓神经造成不同程度破坏后引起,此病好发于颈椎中下段和胸腰交界处<sup>[8]</sup>。脊柱损伤常会出现损伤平面以下的运动、感觉障碍以及损伤部位疼痛、肿胀表现,部分骨折、脱位且伴后突畸形患者会伴有较高四肢截瘫或瘫痪

风险<sup>[9]</sup>。目前临床认为,对脊髓损伤患者实施早期、正确治疗能最大限度恢复脊柱功能,并降低患者死亡风险,针对24 h以内急性期患者,临床一般会采取通气支持、呼吸循环稳定等相关治疗<sup>[10]</sup>。待其体征恢复平稳后,则会在明确其骨折移位情况的基础上,酌情实施牵引、手法复位后手术治疗。除清创术、减压术、修补术等常见术式外,靶向肌肉神经重建术也

是治疗脊髓损伤的重要方法<sup>[11-12]</sup>。

传统手术及肌肉神经重建术均可修复脊髓损伤,在其术后实施功能性电刺激治疗可促使神经肌肉代偿性恢复并进行功能重建,对改善患者肌群功能有重要意义。但脊髓损伤患者伤后多可遗留不同程度的自主神经功能紊乱及感觉、运动障碍,部分患者还可因四肢瘫痪而无法自行排尿、排便,常规功能性电刺激在改善患者感觉、运动功能方面的效果并不理想<sup>[13-14]</sup>。脊髓损伤患者术后需要长时间卧床及制动,既往有研究证实,若神经、肌肉长期处于休眠状态时,则会导致躯体运动能力及运动质量下降,神经肌肉激活技术是一种以激活休眠或失活肌肉并促使其恢复正常功能的康复治疗方法,通过对患者进行持续的感觉、运动刺激能促使大脑、脊髓内感受器发出信息并促使运动程序重新编码<sup>[15-16]</sup>。本研究结果显示,训练组治疗后的伸肌群峰力矩、伸肌群力矩加速能、屈肌群峰力矩、屈肌群力矩加速能均高于常规组,提示神经肌肉激活技术训练在改善脊髓损伤患者肌力方面具有一定临床优势。研究<sup>[17]</sup>指出,人的脊柱稳定性主要包括3个决定性因素,分别为被动亚系、主动亚系、神经控制亚系,脊髓损伤患者的脊柱失衡通常是由于神经控制亚系损伤导致。腰部多裂肌为维持脊柱稳定的重要组织,本次研究通过借助Y-5500X-E悬吊运动康复训练系统对患者进行腰椎中立位控制训练、膝立位腰部控制训练后能够有效提升腰部深部系统的主动活动能力及神经肌肉控制能力,进而增强躯干稳定性,并促进表明肌电信号恢复。神经肌肉激活技术训练治疗前,会通过运动评估明确躯体运动薄弱环节,以此为依据制定相应轻度的肌肉放松及关节活动训练也能一定程度增强局部肌肉的表面肌电信号<sup>[18-19]</sup>。故本研究中,训练组的腓肠肌、肱二头肌、肱四头肌、胫前肌肌电信号均高于常规组。在此基础上增加仰卧位搭桥训练和俯卧位搭桥训练也可一定程度增强下肢残留肌肉力量及骨盆控制能力,通过增加侧卧位搭桥训练改善脊髓功能并酌情增加晋级训练及髋关节屈伸、外展训练后也可进一步改善躯体平衡能力及运动功能,对加快患者康复进程也有重要意义<sup>[20]</sup>。故本研究中,下床时间、疼痛缓解时间、住院时间、椎体功能

恢复时间均低于常规组,随访不同时间的ASIA运动评分及感觉评分较常规组均更高。

## 4 结论

通过观察神经肌肉激活技术训练对脊髓损伤患者术后康复情况的影响,神经肌肉激活技术训练能改善脊髓损伤患者的肌肉力量并增强表面肌电信号,对加快患者康复进程、促进脊柱功能恢复均有积极意义。

## 参考文献

- [1] HU X, XU W, REN Y L, et al. Spinal cord injury: molecular mechanisms and therapeutic interventions [J]. *Signal Transduct Target Ther*, 2023, 8(1): 245.
- [2] 何宗儒,徐晓龙,张文辉,等.不同手术时机对胸腰椎骨折伴完全性脊髓损伤疗效的影响[J]. *中国实用医药*, 2023, 18(21): 71-73.
- [3] CHEN J, NEO E J R, TAN Y L. Complete spinal cord injury from postoperative seroma following scoliosis surgery: A case report with favorable ambulatory outcomes after comprehensive rehabilitation [J]. *J Spinal Cord Med*. 2023, 46(2): 337-340.
- [4] 弓绍华,聂晓南,王冉.电针联合功能性电刺激在促进不完全性脊髓损伤患者下肢运动功能中的应用[J]. *上海医药*, 2024, 45(3): 38-42.
- [5] 邓家丰,姜韬,谭希贤,等.Neurac神经肌肉激活技术结合腰椎牵引治疗腰椎间盘突出症伴腰痛患者的疗效观察[J]. *中国实用医药*, 2024, 19(7): 158-164.
- [6] STERNER R C, BROOKS N P. Early decompression and short transport time after traumatic Spinal cord injury are associated with higher American spinal injury association impairment scale conversion [J]. *Spine*. 2022, 47(1): 59-66.
- [7] 刘宏伟.创伤性脊柱脊髓损伤诊断与治疗专家共识(2022版) [J]. *中国老年保健医学*, 2022, 20(4): 6-9.
- [8] 陈守勃.创伤性脊髓损伤的临床治疗进展 [J]. *福建医药杂志*, 2023, 45(3): 134-136.
- [9] TAYANLOO-BEIK A, RABBANI Z, SOVEYZI F, et al. Cellular therapy for treatment of spinal cord injury in Zebrafish model [J]. *Mol Biol Rep*, 2021, 48(2): 1787-1800.
- [10] 刘沛昕,李兆峰,孙军辉,等.脊髓损伤治疗方式的研究进展 [J]. *现代医药卫生*, 2023, 39(10): 1720-1726.

- [11] 阳庆林,王勇平.急性脊髓损伤发病机制及临床治疗研究进展[J].甘肃医药,2024,43(1):1-3.
- [12] 刘铁鑫,林俊卿,郑宪友.靶向亚细胞结构治疗脊髓损伤的研究进展[J].上海交通大学学报(医学版),2023,43(2):230-236.
- [13] 曹宝全.早期康复治疗对脊柱骨折合并脊髓损伤患者术后疗效的影响研究[J].中国伤残医学,2021,29(3):59-60.
- [14] HARDER M, BAUMBERGER M, PANNEK J, et al. Rehabilitation after spinal cord injury : current trends and principles [J]. Unfallchirurgie (Heidelb), 2023, 126(10): 764-773.
- [15] 王一吉,周红俊,何泽佳,等.不完全性脊髓损伤患者运动功能对称性与步态对称性的关系[J].中国康复理论与实践,2023,29(6):639-645.
- [16] 刘英姣,张泓,陈爱连,等.基于悬吊疗法的神经肌肉激活技术对脑卒中偏瘫患者运动功能的影响[J].中华全科医学,2022,20(6):1041-1044.
- [17] AKGUL M H, AKGUN M Y. Spinal anesthesia efficiency in thoracolumbar stabilizations [J]. Ideggyogy Sz. 2023, 76(11-12):415-421.
- [18] 陈健,黄丽欣,张雪梅.神经肌肉激活技术治疗非特异性下腰痛患者的临床效果[J].实用临床医学,2023,24(1):1-4.
- [19] 张新杰,王贵玲,郭晋朝.经颅磁刺激技术联合神经肌肉激活技术对脑卒中患者康复预后的影响[J].临床和实验医学杂志,2023,22(1):83-87.
- [20] 谢豪娜,王楠,刘绪涛.功能性电刺激联合神经肌肉激活技术训练对外伤性脊髓损伤肌肉和神经康复的影响[J].临床和实验医学杂志,2023,22(19):2106-2110.

[收稿日期:2024-08-26]

[责任编辑:王慧瑾 英文编辑:周寿红]