

# 神经肌肉电刺激治疗功能性肩峰下撞击综合症的疗效研究

雍智杰<sup>1\*</sup>, 谈健<sup>2</sup>, 陈激光<sup>3</sup>, 缪芸<sup>4#</sup>

<sup>1</sup>上海览海康复医院, 上海

<sup>2</sup>上海市闵行区华漕社区卫生服务中心, 上海

<sup>3</sup>上海市武警总队医院骨科, 上海

<sup>4</sup>上海交通大学医学院附属第一人民医院康复医学科, 上海

收稿日期: 2023年8月26日; 录用日期: 2023年9月19日; 发布日期: 2023年9月26日

## 摘要

目的: 比较神经肌肉电刺激(NMES)联合运动训练(ET)与单纯运动训练对功能性肩峰下撞击综合征(SIS)患者肩部功能、疼痛、关节活动度和肌力的影响。方法: 将符合纳入条件的患者随机分为NMES + ET组(25例)和ET组(25例)。分别在治疗前、治疗8周后应用Constant评分量表评定患者肩功能, 视觉模拟评分(VAS)评估疼痛程度, 测角器测量肩关节活动度, 手持测力仪评定肌力。结果: 治疗结束时两组患者的肩部功能、关节活动度和肌力均增加, 而疼痛均减轻。与ET组相比, NMES + ET组患者活动时的疼痛缓解更明显, 肩外旋活动度和肌力提高更显著。结论: 在ET的基础上加用NMES并不能额外提高功能性SIS患者肩部功能, 但在提高肩关节外旋活动度、肌力和减轻活动时疼痛方面效果更好, 二者联合应用的长期疗效需后续研究进一步探索。

## 关键词

神经肌肉电刺激, 运动训练, 肩峰下撞击综合征, 随机对照试验

# The Therapeutic Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation on Functional Subacromial Impingement Syndrome

Zhijie Yong<sup>1\*</sup>, Jian Tan<sup>2</sup>, Jiguang Chen<sup>3</sup>, Yun Miu<sup>4#</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Lanhai Rehabilitation Hospital, Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Minhang District Huacao Community Health Service Center, Shanghai

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 雍智杰, 谈健, 陈激光, 缪芸. 神经肌肉电刺激治疗功能性肩峰下撞击综合症的疗效研究[J]. 临床医学进展, 2023, 13(10): 15261-15267. DOI: 10.12677/acm.2023.13102135

<sup>3</sup>Department of Orthopedics, Armed Police Corps Hospital of Shanghai, Shanghai

<sup>4</sup>Department of Rehabilitation Medicine, The First People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai

Received: Aug. 26<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 19<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 26<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** To compare the effects of neuromuscular electrical stimulation (NMES) combined with exercise training (ET) and exercise training only on shoulder function, pain, joint range of motion, and muscle strength in patients with functional subacromial impingement syndrome (SIS). **Method:** Patients who met the inclusion criteria were randomly divided into NMES + ET group (n = 25) and ET group (n = 25). Before treatment and 8 weeks after treatment, the patients' shoulder function was assessed with Constant scale, the pain degree was assessed with visual analogue scale (VAS), the range of motion of shoulder joint was measured with goniometer, and the muscle strength was assessed with hand-held dynamometer. **Result:** At the end of treatment, the shoulder function, range of motion, and muscle strength of both groups of patients increased, while pain decreased. Compared with the ET group, the NMES + ET group showed more significant pain relief during activity, and more significant improvements in shoulder external rotation and muscle strength. **Conclusion:** The addition of NMES to ET did not additionally improve the shoulder function of SIS patients, but it is better in improving the range of shoulder external rotation, muscle strength and reducing pain during activity. The long-term efficacy of the combination of NMES and ET in the treatment of SIS need further exploration in the following study.

## Keywords

Neuromuscular Electrical Stimulation, Exercise Training, Subacromial Impingement Syndrome, Randomized Controlled Trial

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

肩峰下撞击综合征(Subacromial impingement syndrome, SIS)是指由于解剖结构或动力学原因导致肩峰下间隙(即肩峰与肱骨头之间距离)变窄减小,肩峰下组织在肩关节外展等运动时发生碰撞而产生的一系列临床症候群,表现为肩部疼痛、肌肉力量下降及活动受限[1] [2]。结构性原因主要包括滑囊炎症、钩状肩峰等[3],而动力学原因导致的功能性肩峰下撞击综合征中,肩胛骨活动度降低被认为是引起肩峰下间隙变小的重要原因,而肩胛骨运动变化多与前锯肌活动减少、上斜方肌活动增加以及上下斜方肌之间的力量失衡有关[4]。因此在为功能性 SIS 患者制定康复策略时,改善前锯肌和斜方肌的神经肌肉控制非常重要[5] [6]。

广泛用于物理治疗的神经肌肉电刺激(Neuromuscular electrical stimulation, NMES)通过低频电流刺激特定肌群使其产生不自主收缩,从而达到功能修复的作用[7]。一项对健康人进行的研究发现,对下斜方肌和前锯肌进行 NMES 可以提高肩峰与肱骨头之间的距离[8]。常规运动训练(Exercise training, ET)是 SIS

的重要治疗方法，但通常很难特异性作用到肩胛运动相关肌群[9][10]。考虑到 NMES 可以针对性的改善前锯肌、斜方肌等肌肉功能，我们有理由推测在 ET 中增加 NMES 可能对功能性 SIS 治疗更加有效。本研究旨在观察与单独给予 ET 相比，NMES 联合 ET 对功能性 SIS 患者肩部功能、疼痛、关节活动度和肌肉力量的影响。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 临床资料

选择 2021 年 9 月至 2023 年 3 月期间就诊于上海览海康复医院，诊断为功能性肩峰下撞击综合征的患者作为研究对象。纳入标准：1) 肩痛，肩外展时疼痛并存在疼痛弧，Hawkins 征阳性；2) 病程为 3 个月至 3 年；3) 年龄 18~65 岁；4) 有足够的识字和认知能力，足以填写评估表并完成培训方案。排除标准：1) 滑囊炎症、钩状肩峰等导致的结构性肩峰下撞击综合征；2) 肩部有骨折或手术史；3) 在过去三个月内有肩关节治疗史；4) 患有神经肌肉疾病、癌症、不稳定心绞痛、全身炎性关节疾病、影响上肢的先天性疾病；5) 对电刺激和运动有禁忌。本研究取得了医院伦理委员会审批，患者在获得书面知情同意后纳入研究。

### 2.2. 随机与盲法

本研究采用双盲随机对照研究设计。将符合条件的功能性 SIS 患者按数字表法随机分配到 ET 组或 NMES + ET 组。ET 组患者仅进行运动训练，NMES + ET 组患者在运动训练的基础上进行神经肌肉电刺激治疗。由对治疗方案不知情的同一名康复治疗师分别在治疗前和治疗 8 周后对患者进行评估，每位患者也不知晓各自的分组情况。

### 2.3. 干预方法

#### 2.3.1. 运动训练

运动训练包括应用体操棍进行肩屈曲、外展、内外旋练习来提高肩关节活动度，应用哑铃、弹力带等进行肩胛带抗阻练习来提高肌肉力量。每组训练重复 10 次，每组之间有 1 分钟的休息时间，每天 3 次，每周 5 天，共 8 周。所有训练由经验丰富的康复师指导下完成，患者被告知在最大限度的无痛关节活动度下进行锻炼。

#### 2.3.2. 神经肌肉电刺激

神经肌肉电刺激仪输出频率为 80 Hz，脉冲宽度为 200  $\mu$ s 的矩形波脉冲电流对下斜方肌和前锯肌进行刺激。对下斜方肌进行刺激时，将表面电极沿下斜方肌附着点与肩胛骨下角之间的中线放置于第 7 胸棘突外侧缘。对前锯肌进行刺激时，表面电极平行于第六肋与腋中线交界处的肌纤维和背阔肌肌纤维的前面放置。所有患者均采用持续 8 秒的强直性电刺激，2 秒的上升和下降时间及 3 秒的刺激间隔。治疗频率为每周 2 次，疗程为 8 周，共计 16 次。

## 2.4. 观察指标

### 2.4.1. 肩功能

使用 Constant 评分量表对患者肩功能进行评估。该量表包含主观部分和客观部分共 8 个方面内容，总分为 100 分，得分越高表示肩功能越好。

### 2.4.2. 疼痛程度

采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)对患者休息时、活动时的疼痛程度进行评估。评分范围

在 0~10 之间, 0 表示没有疼痛, 10 表示最严重的疼痛。

### 2.4.3. 关节活动度

使用标准量角器评估患者无痛范围内肩关节主动前屈、外展及外、内旋的活动度。

### 2.4.4. 肌肉力量

用手持测力计测量患者患侧肩前屈、外展及内、外旋肌力。每组肌肉评估 3 次, 记录平均值。

## 2.5. 统计分析

采用 SPSS22.0 软件进行统计分析。两组患者人口统计学资料比较中, 分类变量采用卡方检验, 连续变量采用 t 检验。使用独立样本 t-检验分别进行治疗前和治疗后的组间比较, 使用配对样本 t 检验进行每组治疗前后的组内比较。p < 0.05 被认为差异具有统计学意义。

## 3. 结果

根据排除标准共有 50 名患者纳入研究, 分别有 25 名患者被随机分到 ET 组和 NMES+ET 组。所有患者均顺利完成实验, 他们的数据最终被纳入分析。两组患者在年龄、体重指数、性别、优势侧和病程方面差异无统计学意义(见表 1)。

**Table 1.** Comparison of the general clinical data between the two groups

**表 1.** 两组患者一般临床资料比较

	NMES + ET 组	ET 组	p 值
年龄(岁)	53.43 ± 8.12	49.76 ± 9.11	0.35
体重指数	25.83 ± 3.98	26.27 ± 3.56	0.11
性别(男/女)	20/5	18/7	0.58
优势侧(右/左)	23/2	22/3	0.13
病程(周)	8.79 ± 5.22	8.45 ± 5.34	0.65

### 3.1. 组内比较

组内比较结果如表 2~4 所示。治疗结束时, 两组患者的 Constant 评分、VAS 评分、肩关节 ROM 和肌力较治疗前均显著改善(p < 0.05)。

### 3.2. 组间比较

两组患者治疗前的肩部 Constant 评分、VAS 评分、关节活动度及肌力无统计学差异。治疗结束时, 两组患者的 Constant 评分、休息时的 VAS 评分、肩关节 ROM (前屈、外展和内旋)差异没有统计学意义(p < 0.05)(表 2, 表 3), 但 ET+NMES 组患者活动时 VAS 评分、外旋 ROM 和肌力改善程度显著高于 ET 组患者(p < 0.05)(见表 2~4)。

**Table 2.** Comparison of Constant scale and VAS between the two groups before and after treatment

**表 2.** 两组患者治疗前后 Constant 评分及 VAS 评分比较

	组别	治疗前	治疗 8 周后	p <sup>a</sup>	p <sup>b</sup>
Constant 评分	NMES + ET 组	53.38 ± 10.83	76.42 ± 16.37	0.001	0.27
	ET 组	58.43 ± 12.02	74.61 ± 14.11	0.001	

## Continued

VAS 评分 - 休息时	NMES + ET 组	4.19 ± 1.46	1.39 ± 0.63	0.001	0.46
	ET 组	5.38 ± 1.08	2.63 ± 0.71	0.001	
VAS 评分 - 活动时	NMES + ET 组	7.51 ± 1.08	2.88 ± 0.88	0.001	0.002
	ET 组	7.37 ± 0.84	4.20 ± 0.71	0.001	

p<sup>a</sup>: 治疗前、治疗后组内比较; p<sup>b</sup>: 治疗后组间比较。

**Table 3.** Comparison of Shoulder joint ROM between the two groups before and after treatment

**表 3.** 两组患者治疗前后肩关节活动度比较

关节活动度	组别	治疗前	治疗 8 周后	p <sup>a</sup>	p <sup>b</sup>
前屈(度)	NMES + ET 组	149.43 ± 9.16	175.69 ± 2.56	0.001	0.23
	ET 组	161.38 ± 8.94	176.23 ± 2.11	0.001	
外展(度)	NMES + ET 组	136.52 ± 16.20	169.02 ± 5.42	0.001	0.31
	ET 组	153.40 ± 11.25	175.69 ± 1.87	0.001	
外旋(度)	NMES + ET 组	54.72 ± 10.82	78.01 ± 5.42	0.001	0.01
	ET 组	71.56 ± 6.66	82.19 ± 4.79	0.005	
内旋(度)	NMES + ET 组	68.77 ± 10.62	87.12 ± 2.31	0.001	0.48
	ET 组	74.98 ± 8.12	86.69 ± 2.71	0.001	

p<sup>a</sup>: 治疗前、治疗后组内比较; p<sup>b</sup>: 治疗后组间比较。

**Table 4.** Comparison of shoulder muscle strength between the two groups before and after treatment

**表 4.** 两组患者治疗前后肩部肌肉力量比较

肌力	组别	治疗前	治疗 8 周后	p <sup>a</sup>	p <sup>b</sup>
前屈	NMES + ET 组	6.36 ± 0.95	8.25 ± 1.17	0.01	0.001
	ET 组	5.24 ± 0.65	5.77 ± 0.64	0.01	
后伸	NMES + ET 组	6.06 ± 1.09	8.48 ± 1.21	0.001	0.001
	ET 组	5.21 ± 0.77	6.11 ± 0.74	0.001	
外旋	NMES + ET 组	6.39 ± 1.21	9.22 ± 1.18	0.001	0.001
	ET 组	5.76 ± 0.98	6.63 ± 1.04	0.01	
内旋	NMES + ET 组	6.44 ± 1.07	8.90 ± 1.10	0.001	0.001
	ET 组	6.33 ± 1.02	7.55 ± 1.17	0.003	

p<sup>a</sup>: 治疗前、治疗后组内比较; p<sup>b</sup>: 治疗后组间比较。

#### 4. 讨论

本研究发现, 治疗结束时两组患者的肩部功能、关节活动度和肌力均增加, 而疼痛均减轻。与 ET 组相比, NMES + ET 组患者活动时的疼痛缓解更明显, 肩外旋活动度和肌肉力量提高更显著。

运动是 SIS 治疗的重要组成部分, 既往多项研究报道了 ET 应用于 SIS 的治疗效果。Blume 等人指出, 渐进性抗阻训练可提高 SIS 患者的肩部功能、关节活动度和肌肉力量[11]。Hanratty 等人的研究也发现 ET 可在短时间内通过减少疼痛来改善 SIS 患者肩部功能[12]。基于以上结果, 临床上应鼓励 SIS 患者进

行运动训练。另外几项研究在应用 ET 的基础上还联合了其他物理疗法, 但结果并不一致。Bang 等人指出, 手法与运动训练相结合与单独进行运动训练相比, 可以更加显著改善 SIS 患者肩部力量、功能及疼痛[13]。然而, Gunay 等人认为, ET 联合干扰电和 TENS 对 SIS 患者肩部疼痛和功能的改善效果与单独应用 ET 相似[14]。而在本研究中, ET 中加入 NMES 并没有对 SIS 患者提供更多的肩功能改善, 但对患者活动时疼痛, 肩部肌肉力量及肩外旋活动度改善更明显。

目前研究认为 ET 可以通过促进内源性阿片类物质的释放来减轻疼痛[15], 而 NMES 的止痛机制除了与感觉刺激效应有关外, 还可能与其增加肩峰下间隙有关[16] [17]。当比较两组患者治疗结束后肩关节肌力差异时, 发现 NMES + ET 组所有肌力都有更大的提高。力量增加的原因可能与肩关节节律的恢复、肩峰下间隙的增加, 以及疼痛的减轻有关[8]。治疗后两组患者肩关节各方向 ROM 均有提高, 但接受 NMES 联合 ET 治疗的患者仅外旋 ROM 显著高于 ET 组患者, 但很难确定患者外旋功能的改善与增加了 NMES 直接相关, 因为参与研究的所有患者均进行了关节活动度练习。改善肩关节功能是治疗 SIS 最理想的目标之一。治疗结束后两组患者肩功能评分较治疗前均有显著提高, 尽管组间改善程度无明显差异, 但两组的评分增加值均大于 Xu 等人所报告的最小临床重要差异[18]。

本研究存在一定的局限性。首先, 仅观察了干预 8 周后的治疗结果, ET 联合 NMES 的长期疗效需在未来的研究中进一步探索。此外, 不能确定接受 ET 的患者是否能够正确、有效地进行训练。为此, 我们邀请患者每周来医院两次, 要求他们在治疗师的指导下进行训练。

综上所述, 在运动训练的基础上加用神经肌肉电刺激并不能额外提高功能性肩峰下撞击综合征患者肩部功能, 但在提高肩关节外旋活动度、肌力和减轻活动时疼痛方面效果更好, 二者联合应用的长期疗效需后续研究进一步探索。

## 参考文献

- [1] 翟天军, 张增乔, 宋永嘉, 冯伟. 附着于喙突的肌肉和韧带对肩峰下撞击综合征的影响[J]. 中医正骨, 2022, 34(10): 53-57.
- [2] 董大维, 郭靖, 管海生, 王洪光, 李廷. 肩峰下撞击综合征发病机制、诊断及治疗的研究进展[J]. 中国疗养医学 2022, 31(3): 258-260.
- [3] Çelik, M.S., Sönmezer, E. and Acar, M. (2022) Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Myofascial Release Techniques in Patients with Subacromial Impingement Syndrome. *Somatosensory & Motor Research*, **39**, 97-105. <https://doi.org/10.1080/08990220.2021.2018293>
- [4] Garving, C., Jakob, S., Bauer, I., Nadjar, R. and Brunner, U.H. (2017) Impingement Syndrome of the Shoulder. *DÄ International*, **114**, 765-776. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0765>
- [5] 崔卫国, 张志刚, 陈德生. 肩峰下撞击综合征的治疗进展[J]. 中国骨与关节杂志, 2011, 10(4): 397-401.
- [6] Héctor, G., Sebastián, P., Oscar, S. and Felipe, A. (2023) Effectiveness of Scapular Mobilization in People with Subacromial Impingement Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, **66**, Article ID: 101744. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2023.101744>
- [7] Maffiuletti, N.A. (2010) Physiological and Methodological Considerations for the Use of Neuromuscular Electrical Stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, **110**, 223-234. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1502-y>
- [8] Bdaiwi, A.H., Mackenzie, T.A., Herrington, L., Horsley, I. and Cools, A.M. (2015) Acromiohumeral Distance during Neuromuscular Electrical Stimulation of the Lower Trapezius and Serratus Anterior Muscles in Healthy Participants. *Journal of Athletic Training*, **50**, 713-718. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.4.03>
- [9] 元帅霄, 俞瑾, 刘晓华. 运动训练在肩峰下撞击综合征患者功能恢复中的应用[J]. 中国康复医学杂志, 2011, 26(9): 50-55.
- [10] 席蕊, 周敬滨, 高奉, 钱驿, 李国平. 肩胛肌群康复训练对肩峰下撞击综合征患者肩关节功能和肩峰下间隙的影响[J]. 体育科学, 2022, 42(10): 71-76+97.
- [11] Blume, C., Wang-Price, S., Trudelle-Jackson, E. and Ortiz, A. (2015) Comparison of Eccentric and Concentric Exercise Interventions in Adults with Subacromial Impingement Syndrome. *International Journal of Sports Physical Ther-*

- apy, **10**, 441-455.
- [12] Hanratty, C.E., McVeigh, J.G., Kerr, D.P., Basford, J.R., Finch, M.B., Pendleton, A. and Sim, J. (2012) The Effectiveness of Physiotherapy Exercises in Subacromial Impingement Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, **42**, 297-316. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2012.03.015>
- [13] Bang, M.D. and Deyle, G.D. (2000) Comparison of Supervised Exercise with and without Manual Physical Therapy for Patients with Shoulder Impingement Syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **30**, 126-137. <https://doi.org/10.2519/jospt.2000.30.3.126>
- [14] Gunay Ucurum, S., Kaya, D.O., Kayali, Y., Askin, A. and Tekindal, M.A. (2018) Comparison of Different Electrotherapy Methods and Exercise Therapy in Shoulder Impingement Syndrome: A Prospective Randomized Controlled Trial. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, **52**, 249-255. <https://doi.org/10.1016/j.aott.2018.03.005>
- [15] Kroll, H.R. (2015) Exercise Therapy for Chronic Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, **26**, 263-281. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.12.007>
- [16] Vinuesa-Montoya, S., Aguilar-Ferrández, M.E., Matarán-Peñarrocha, G.A., Fernández-Sánchez, M., Fernández-Espinar, E.M. and Castro-Sánchez, A.M. (2017) A Preliminary Randomized Clinical Trial on the Effect of Cervicothoracic Manipulation plus Supervised Exercises vs a Home Exercise Program for the Treatment of Shoulder Impingement. *Journal of Chiropractic Medicine*, **16**, 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.10.002>
- [17] İğrek, S. and Çolak, T.K. (2022) Comparison of the Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Exercises and Shoulder Mobilization Patients with Subacromial Impingement Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, **30**, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.10.015>
- [18] Xu, S., Chen, J.Y., Lie, H.M.E., Hao, Y. and Lie, D.T.T. (2020) Minimal Clinically Important Difference of Oxford, Constant, and UCLA Shoulder Score for Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Journal of Orthopaedics*, **19**, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.11.037>