

本体感觉神经肌肉促进技术治疗慢性非特异性腰痛的疗效观察

杨倩倩^a, 颜雯婷^a, 任凤^a, 孟宪中^b, 胡文清^a

【摘要】 目的:观察本体感觉神经肌肉促进技术(PNF)对慢性非特异性腰痛(CNLBP)的影响。**方法:**选取 CNLBP 患者 41 例,随机分为观察组 21 例和对照组 20 例,2 组患者均采用常规康复治疗,观察组在此基础上增加 PNF 训练。于治疗前后采用视觉模拟评分法(VAS)、Oswestry 功能障碍指数问卷表(ODI)和健康状况调查简表(SF-36)对患者的疗效及功能进行评估,表面肌电图仪采集竖脊肌、腹直肌和腹外斜肌的肌电信号,分析均方根值(RMS)和平均肌电值(AEMG),并计算屈曲-放松比值(FRR)。**结果:**治疗 4 周后,2 组患者的 VAS 评分及 ODI 指数均较治疗前明显下降(均 $P < 0.05$),且观察组均低于对照组(均 $P < 0.05$);SF-36 评分和竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌的 RMS 值及竖脊肌 FRR 值均较治疗前明显提高(均 $P < 0.05$),且观察组均高于对照组(均 $P < 0.05$)。**结论:**在常规康复治疗的基础上增加 PNF 训练可显著改善 CNLBP 患者的功能,并提高疗效。

【关键词】 本体感觉神经肌肉促进技术;慢性非特异性腰痛;屈曲-放松比值

【中图分类号】 R49;R681 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2022.10.006

Efficacy of proprioceptive neuromuscular facilitation in the treatment of chronic nonspecific low back pain Yang Qianqian, Yan Wenting, Ren Feng, et al. Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

【Abstract】 Objective: To observe the effect of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) on chronic nonspecific low back pain (CNLBP). **Methods:** Totally, 41 patients with CNLBP were randomly divided into observation group ($n=21$) and control group ($n=20$). Patients in both groups were treated with conventional rehabilitation therapy, and the observation group was given PNF training additionally. The efficacy and function were evaluated before and after treatment using the visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI) and 36-item short form survey (SF-36). The EMG signals of erector spinae muscle, rectus abdominis and obliquus externus abdominis were collected using surface EMG. The root mean square (RMS) and average electromyogram (AEMG) were analyzed, and the flexion-relaxation ratio (FRR) was also calculated. **Results:** After 4 weeks of treatment, the VAS score and ODI index in two groups decreased significantly ($P < 0.05$), while SF-36 score, RMS of erector spinae, rectus abdominis and obliquus externus abdominis and FRR increased significantly as compared with those before treatment ($P < 0.05$). The improvement of each index in the observation group was better than that in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** The addition of PNF training to conventional rehabilitation therapy can significantly improve the function and efficacy of patients with CNLBP.

【Key words】 Proprioceptive neuromuscular facilitation; Chronic nonspecific low back pain; Flexion-relaxation ratio

非特异性腰痛是以腰部疼痛为主、无法诊断特定病理原因的一组症候群^[1],约占腰痛的 88.3%^[2],且超过 60% 的患者在发病 1 年后仍会持续疼痛或频繁复发^[3];若病程大于 12 周则为慢性非特异性腰痛(Chronic Nonspecific Low Back Pain, CNLBP),其发病率高达 23%^[2],在很大程度上影响患者的功能活动

和生存质量。目前,运动疗法等康复训练已成为治疗腰痛的推荐方法,但尚未发现何种单一疗法能取得全面的治疗效果^[4],本体感觉神经肌肉促进技术(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, PNF)作为康复治疗的一种在部分肌肉骨骼疾病中得到广泛应用^[5],近年来已被证明可以改善腰痛患者的疼痛症状和功能^[6]。研究表明,PNF 技术可增加本体感觉输入,改善姿势控制能力^[7],增强腰椎的稳定性;提高背外侧前额叶皮层、初级运动皮层和顶叶皮层的 β 频带绝对功率水平^[8],促进皮质活跃,提高神经肌肉的募集程度^[9],改善腰腹部核心肌群的肌力和肌耐力;同时增加皮层水平的运动诱发电位,促进皮质整合与运动相

基金项目:河北省医学适用技术跟踪项目(GL201628)

收稿日期:2022-05-02

作者单位:河北医科大学第三医院 a. 康复医学科, b. 脊柱外科, 石家庄 050051

作者简介:杨倩倩(1997-),女,在读硕士,主要从事慢性肌骨疼痛康复方面的研究。

通讯作者:胡文清,18533112315@163.com

关的躯体感觉信息^[8],改变躯干异常的肌肉激活顺序,提高运动效率。本研究采用PNF技术联合常规康复治疗治疗CNLBP患者以探索多维度且全面有效的治疗方法,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年2月~2022年2月在河北医科大学第三医院康复医学科和脊柱外科就诊的CNLBP患者41例。纳入标准:符合腰痛的诊断标准^[3];影像学检查无明显异常表现;年龄40~60岁;病程>3个月;VAS评分 ≥ 4 分;自愿签署治疗知情同意书。排除标准:腰椎感染、肿瘤、结核、骨折等;腰椎间盘突出症、强直性脊柱炎、类风湿性关节炎等;腰椎手术史;泌尿系统疾病引起的腰痛;妊娠期妇女等。将41例患者按照随机数字表法分为观察组21例和对照组20例,2组患者一般资料比较,差异均无统计学意义。见表1。

表1 2组患者一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	身高 (m, $\bar{x} \pm s$)	体重 (Kg, $\bar{x} \pm s$)	病程 (月, $\bar{x} \pm s$)
		男	女				
观察组	21	3	18	47.86 $\pm$ 4.66	1.62 $\pm$ 0.07	61.10 $\pm$ 10.46	22.29 $\pm$ 15.12
对照组	20	5	15	48.60 $\pm$ 4.84	1.63 $\pm$ 0.06	64.55 $\pm$ 13.28	20.90 $\pm$ 13.77

1.2 方法 2组患者均接受常规康复治疗,包括核心肌群训练和干扰电疗法,观察组在此基础上增加PNF训练。

1.2.1 常规康复治疗 ①核心肌群训练:a.卷腹:上卷腹一取仰卧位,屈髋屈膝,双脚分开与肩同宽,腹肌收缩使上半身抬离床面,直至双手触及膝关节;侧卷腹一双手交替触及两侧膝关节,其他同上;下卷腹一取仰卧位,双下肢伸直并抬起45°,保持5s,每组10次,共2组。b.桥式运动:臀桥一取仰卧位,屈髋屈膝,双脚间距同肩宽,臀部抬离床面,使肩、髋、膝成一条直线,保持10s,共10组;侧桥一以左侧桥为例,取左侧卧位,肩外展,前臂及左脚着地,身体用力抬离床面,保持5s,共5组;腹桥一取俯卧位,屈肘90°,前臂和前脚掌着地,身体抬起成直线,保持10s,共10组。c.上下肢交叉伸展:取手膝跪位,同时抬高一侧上肢和对侧下肢,保持20s,共5组。以上治疗均为每周3次,共4周。②干扰电疗法:采用LGT-2800H1型干扰电治疗仪,载波频率3000Hz,差频0~200Hz,最大输出电流75mA,吸附型电极根据腰骶部疼痛区域交叉放置。每次治疗15min,每周3~4次,共4周。

1.2.2 PNF训练 ①节律性稳定技术:重点训练患者正确进行躯干主动肌的交替收缩。患者取坐位,躯干保持直立,治疗师面向患者站立,双手置于患者胸部上方或肩胛骨区域并提供最大阻力,使患者躯干屈肌、

伸肌交替保持10s的等长收缩。②等张组合技术:重点训练患者在不放松的情况下,躯干主动肌交替进行向心性收缩、离心性收缩和等长收缩。对于躯干屈肌,患者体位同上,治疗师将双手置于相同部位并提供阻力,使患者的躯干屈肌进行不同形式收缩,共3个阶段,包括躯干从中立位至前屈位的向心性收缩、从前屈位至中立位的离心性收缩以及保持中立位时的等长收缩,每个阶段分别持续5s;同样的方法运用于躯干伸肌,包括躯干从中立位至后伸位的向心性收缩、从后伸位至中立位的离心性收缩以及保持中立位时的等长收缩。以上动作每组15次,共2组,重复次数之间休息30s,组间休息60s。每周3次,共4周。

1.3 评定标准 于治疗前后采用量表对患者的疗效和功能进行评定,并通过表面肌电图观察肌电信号特征。

1.3.1 疼痛程度评估 采用视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS),该量表分数范围为0~10分,代表无痛到难以忍受的剧痛,疼痛程度随分数升高而递增^[10]。

1.3.2 功能障碍评估 采用Oswestry功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI),该量表由疼痛强度、日常生活自理能力、社会生活等9个问题组成,每个问题分数0~5分,记分方法为:实际得分/最高可能得分 $\times 100\%$,比值越高,则功能障碍越严重^[11]。

1.3.3 生存质量评估 采用健康状况调查简表(36-Item Short Form Survey, SF-36),该量表包括生理功能、心理健康、总体健康等8个维度,总分为145分,分数越高,则生存质量越好^[12]。

1.3.4 表面肌电检查 采用MyoMove-COW-11026型表面肌电图仪采集竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌的肌电信号,测量前使用75%酒精和刮毛刀处理皮肤,①电极片贴放位置^[13]:a.竖脊肌:双侧髂嵴连线中点旁开2cm处,两电极片连线与后正中中线平行;b.腹直肌:脐上方3cm、腹正中中线外侧2cm处,两电极片连线与腹正中中线平行;c.腹外斜肌:髂前上棘的地面垂直线与肚脐的地面平行线交点处,两电极片连线与两髂前上棘连线夹角为45°。②测试动作:a.臀桥:动作同上述,保持10s,每次间隔休息60s,重复3次。取3~7s肌电数据,并记录3组肌肉的均方根值(Root Mean Square, RMS)。b.躯干屈伸运动^[14]:取直立位,双脚自然分开,双手下垂于躯干两侧,躯干缓慢前屈(5s)至最大屈曲位并保持静止(5s),然后缓慢直立(5s),每次间隔休息3min,重复3次。记录最大屈曲位时竖脊肌的平均肌电值(Average Electromyogram, AEMG)和伸展过程中的RMS值。以上均取3次测量的肌电信

号均值,并计算屈曲-放松比值(Flexion-relaxation ratio, FRR), $FRR = \text{伸展时 RMS 值} / \text{最大屈曲时 AE-MG 值}$ 。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 22.0 进行统计学分析。计量资料经检验均服从正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内比较采用配对 t 检验,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组治疗前后的 VAS 评分、ODI 指数及 SF-36 评分比较 治疗前,2 组患者 VAS 评分、ODI 指数及 SF-36 评分组间比较,差异均无统计学意义。治疗 4 周后,2 组患者 VAS 评分及 ODI 指数均较治疗前明显下降(均 $P < 0.05$),且观察组均低于对照组(均 $P < 0.05$);SF-36 评分较治疗前明显提高($P < 0.05$),且观察组高于对照组($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 2 组治疗前后 VAS 评分、ODI 指数及 SF-36 评分比较
 $\bar{x} \pm s$

组别	n	时间	VAS(分)	ODI(%)	SF-36(分)
观察组	21	治疗前	5.19±1.29	29.26±9.81	101.61±10.61
		治疗后	1.14±0.91 ^{ab}	12.54±5.83 ^{ab}	118.20±11.92 ^{ab}
对照组	20	治疗前	5.25±0.72	31.48±9.81	103.33±9.09
		治疗后	2.90±0.91 ^a	17.35±3.97 ^a	109.58±9.11 ^a

与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P < 0.05$

2.2 2 组患者治疗前后各肌肉 RMS 值及 FRR 值比较 治疗前,2 组患者竖脊肌、腹直肌和腹外斜肌的 RMS 值以及竖脊肌 FRR 值组间比较,差异均无统计学意义。治疗 4 周后,2 组患者竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌的 RMS 值及竖脊肌 FRR 值均较治疗前明显提高(均 $P < 0.05$),且观察组均明显高于对照组(均 $P < 0.05$)。见表 3。

表 3 2 组治疗前后竖脊肌、腹直肌及腹外斜肌的 RMS 值及竖脊肌 FRR 值比较
 $\mu V, \bar{x} \pm s$

组别	n	时间	RMS			FRR 竖脊肌
			竖脊肌	腹直肌	腹外斜肌	
观察组	21	治疗前	73.11±6.28	21.22±2.55	23.07±2.51	3.36±1.79
		治疗后	94.96±7.39 ^{ab}	29.98±2.24 ^{ab}	32.99±3.83 ^{ab}	5.65±2.67 ^{ab}
对照组	20	治疗前	72.07±5.11	20.78±2.52	22.09±3.06	2.86±2.49
		治疗后	84.60±5.84 ^a	25.73±1.87 ^a	27.87±3.23 ^a	3.47±1.56 ^a

与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P < 0.05$

3 讨论

本研究结果显示,干预结束后,观察组 VAS 评分、ODI 指数和 SF-36 评分均显著优于治疗前和对照组;另外观察组竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌的 RMS 值,以及 FRR 值均较治疗前明显提高,并且显著高于对照组,表明将 PNF 训练与常规康复治疗相结合,可更好

地缓解 CNLBP 患者的疼痛,提高腰腹部肌群的激活率和协调控制性,进而改善功能障碍和生存质量。

相关研究指出,PNF 肩胛骨与骨盆、上下肢对角线运动模式可有效改善腰痛患者的疼痛症状和功能障碍^[6]。本研究发现观察组患者的疼痛症状较治疗前和对照组均显著缓解,其作用机制可能有三:①PNF 训练通过促进本体感觉信息的传入抑制脊髓灰质背角的疼痛传递^[15];②节律性稳定技术可提高躯干肌耐力,而耐力训练能够增加摄氧量和肌纤维中毛细血管的密度^[16],从而促进致痛因子排出以减轻疼痛;③PNF 训练通过调节神经肌肉的兴奋性,放松腰背部紧张的肌肉^[17],打破疼痛-痉挛-疼痛的恶性循环。随着疼痛缓解、躯干肌耐力和腰部灵活性的改善,功能障碍、与健康相关的生存质量也得以改善。

CNLBP 患者常出现躯干本体感觉器、与运动控制相关的上位本体感受中枢(如躯体感觉皮层和小脑)受损^[18],影响中枢神经系统处理信息的精确性,使躯干肌肉的激活能力及协调性下降,导致腰椎节段间活动过度 and 腰椎不稳。Areeudomwong 等^[19]报道 4 周的 PNF 训练可改善慢性腰痛患者的竖脊肌最大自主等长收缩的激活率,这提示肌肉的功能改善。本研究尝试在核心稳定性训练的基础上增加 PNF 技术,结果表明可显著提高 CNLBP 患者竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌的 RMS 值,改善腰腹部肌群的收缩能力,原因可能是 PNF 训练可有效刺激腰椎关节及周围肌肉、韧带等组织结构的本体感受器,促进信息传入,经感觉运动中枢整合后,对核心肌群的控制加强,肌肉的激活水平提高,躯干的稳定性随之改善。

屈曲-放松现象反映了在中枢神经系统的调控下,躯干周围肌群将负荷转移至韧带、椎间盘等结构的过程。腰痛患者由于躯干肌肉力量下降、神经控制系统调节异常等原因^[20],腰部肌肉在躯干前屈到一定范围时常不能正常放松,即屈曲-放松现象消失^[21],表现为 FRR 值降低。本研究将 FRR 值作为 PNF 技术治疗 CNLBP 的评价指标,以评估椎旁肌的神经肌肉控制模式,可以发现观察组 FRR 值显著提高,说明 PNF 技术能够改善肌肉的收缩方式。原因可能如下:第一,腰痛患者由于疼痛的适应性,当躯干伸展、竖脊肌作为主动肌时,伤害性感觉传入抑制 α 运动神经元^[22],降低肌肉的肌电活动,而 PNF 技术可提高肌梭、高尔基腱器官的敏感性,增强神经肌肉募集,促进竖脊肌收缩。第二,CNLBP 患者经 PNF 技术干预后,疼痛症状缓解,肌肉韧带反射改善,因此在躯干最大屈曲位时,棘上、棘间韧带受到的牵伸张力增加,可反射性抑制腰部肌肉的张力^[21],降低 AEMG 值;同时 PNF 技术促

进躯干肌群的协同收缩,提高深层肌群的肌肉力量,放松浅层肌肉。第三,有研究认为 PNF 技术可改善 CNLBP 患者的恐惧逃避心理状态^[23],使患者对疼痛的情绪反应正常化,增加运动的积极性,从而降低竖脊肌和臀大肌的共收缩水平和痉挛程度,提高协调能力。

综上所述,PNF 训练联合常规康复治疗可有效缓解 CNLBP 患者的疼痛症状,增加核心肌群的肌力和收缩协同性,改善日常功能活动能力和生存质量。此外,PNF 训练通过增强本体感觉输入、激活深层局部稳定肌、缓解负性情绪,恢复屈曲-放松现象。但是,本研究有一定的不足,如观察时间较短、未对远期疗效进行随访;其次是屈曲-放松比值的测量受到疼痛程度、自我效能感、腰部肌肉延展性等多种因素影响,难以保证数据的精确性;最后是由于表面肌电图的局限性,未评估多裂肌和腹横肌等深层肌肉的肌电特征,未来将采用肌骨超声技术探究 PNF 训练对 CNLBP 患者深层肌肉的影响,以进一步完善不足。

【参考文献】

- [1] Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain[J]. *Lancet*, 2017,389(10070):736-747.
- [2] Pangarkar SS, Kang DG, Sandbrink F, et al. VA/DoD Clinical Practice Guideline: Diagnosis and Treatment of Low Back Pain[J]. *Journal of general internal medicine : JGIM*, 2019,34(11):2620-2629.
- [3] Knezevic NN, Candido KD, Vlaeyen JWS, et al. Low back pain[J]. *Lancet*, 2021,398(10294):78-92.
- [4] 王瑞,王雪强. 基于循证实践的腰痛康复治疗国际指南解读与启示[J]. *中国康复医学杂志*, 2019,34(12):1464-1469.
- [5] 钟琦,刘云. 本体感觉训练方式在肩袖损伤修补术后康复中的研究进展[J]. *中国康复*, 2020,35(8):433-436.
- [6] Zaworski K, Latosiewicz R. The effectiveness of manual therapy and proprioceptive neuromuscular facilitation compared to kinesiotherapy: a four-arm randomized controlled trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021,57(2):280-287.
- [7] Shen P, Li L, Song Q, et al. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Improves Symptoms among Older Adults with Knee Osteoarthritis during Stair Ascending-A Randomized Controlled Trial[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2021.
- [8] Moreira R, Lial L, Monteiro M, et al. Diagonal movement of the upper limb produces greater adaptive plasticity than sagittal plane flexion in the shoulder[J]. *Neurosci Lett*, 2017,643(1):8-15.
- [9] Areeudomwong P, Butttagat V. Comparison of Core Stabilisation Exercise and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Training on Pain-related and Neuromuscular Response Outcomes for Chronic Low Back Pain: A Randomised Controlled Trial[J]. *Malays J Med Sci*, 2019,26(6):77-89.
- [10] Bourdel N, Alves JO, Pickering G, et al. Systematic review of endometriosis pain assessment: how to choose a scale? [J]. *Human Reproduction Update*, 2015,21(1):136-152.
- [11] Garg A, Pathak H, Churyukanov MV, et al. Low back pain: critical assessment of various scales[J]. *Eur Spine J*, 2020,29(3):503-518.
- [12] Minetama M, Kawakami M, Teraguchi M, et al. Endplate defects, not the severity of spinal stenosis, contribute to low back pain in patients with lumbar spinal stenosis[J]. *The spine journal*, 2022,22(3):370-378.
- [13] 董煜琳,王惠芳,郑依粒,等. 不同振动条件对慢性下背痛患者腰腹部肌群表面肌电信号的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2018,33(3):297-303.
- [14] 于瑞,王楚怀,潘翠环,等. 悬吊运动疗法治疗慢性非特异性下腰痛后站立位腰屈伸运动表面肌电信号的变化[J]. *中国康复理论与实践*, 2015,21(8):943-946.
- [15] Tedla JS, Sangadala DR. Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in adhesive capsulitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 2019,19(4):482-491.
- [16] Malla S. Effect of Motor Control Exercise on Swiss Ball and PNF Technique on NonSpecific Low Back Pain[J]. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 2018,7(4):114-124.
- [17] Kim C, Park GT, Jintae-Han. Effects of active stretching exercise of hip joint and lumbar stabilization exercise on the muscle thickness of piriformis and low back pain[J]. *Journal of Korean Physical Therapy Science*, 2021,28(1):11-22.
- [18] Pourahmadi M, Sahebalam M, Bagheri R. Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Pain Intensity and Functional Disability in Patients with Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Arch Bone Jt Surg*, 2020,8(4):479-501.
- [19] Areeudomwong P, Wongrat W, Neammesri N, et al. A randomized controlled trial on the long-term effects of proprioceptive neuromuscular facilitation training, on pain-related outcomes and back muscle activity, in patients with chronic low back pain[J]. *Musculoskeletal Care*, 2017,15(3):218-229.
- [20] 张春佳,王强,孟萍萍,等. 脊柱手法治疗对慢性非特异性腰痛的疗效观察[J]. *中国康复*, 2021,36(4):213-217.
- [21] 赵凤东,李永忠. 表面肌电“屈曲-放松”现象在下腰痛患者肌肉功能评估中的应用[J]. *现代实用医学*, 2019,31(10):1285-1289.
- [22] 冯能,李跃红,缪芸,等. 慢性腰痛患者站立位躯干屈伸运动时腰背肌的功能变化研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2012,27(7):600-604.
- [23] Kim K, Lee D. Effects of PNF Patterns Exercise on Pain, Functional Disability and Fear Avoidance Belief in Chronic Low Back Pain Patients[J]. *J Korean Soc Phys Ther*, 2014,26(2):110-116.