

# 神经肌肉运动训练联合半导体激光 对膝骨关节炎患者的影响

娄晓乐,陶雅亭,林霖,宋晓东,王敏,江勇\*

蚌埠医科大学第一附属医院,安徽蚌埠 233004

\*通信作者:江勇,E-mail:498917800@qq.com

收稿日期:2024-12-25;接受日期:2025-05-12

基金项目:第七批全国老中医药专家学术经验继承工作建设项目(国中医药人教函[2022]76号);

安徽省教育厅高等学校省级质量工程项目(2022xskc065)

DOI:10.3724/SP.J.1329.2025.04015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**摘要 目的** 观察神经肌肉运动(NEMEX)训练联合半导体激光对膝骨关节炎(KOA)患者的影响。**方法** 选取2023年8月—2024年3月在蚌埠医科大学第一附属医院康复医学科就诊的60例KOA患者,采用随机数字表法分为对照组和观察组,每组30例。对照组接受常规康复治疗(关节松动、中频电刺激)和半导体激光治疗,激光波长808 nm,照射功率400~800 mW,连续照射,每项治疗20 min/次,1次/d,5次/周,共持续4周。观察组在对照组基础上接受NEMEX训练,其中热身运动10 min/次;NEMEX训练(稳定性训练、姿势定向训练、下肢肌力训练、功能性锻炼)40 min/次;放松训练(步态调整和拉伸)10 min/次,1次/d,5次/周,共持续4周。分别于治疗前后采用视觉模拟评分(VAS)评估疼痛程度;采用西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)和膝关节Lysholm量表评估膝关节功能;采用Berg平衡量表(BBS)评价平衡功能;采用表面肌电系统记录患者患侧膝关节蹲起过程中股四头肌与腘绳肌表面肌电信号(sEMG)的均方根值(RMS),并计算协同收缩率(CR);比较2组治疗过程的不良事件。**结果** ① VAS、WOMAC、Lysholm、BBS评分:与治疗前比较,2组治疗后VAS、WOMAC评分均明显降低( $P<0.05$ ),Lysholm、BBS评分均明显升高,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。与对照组比较,观察组治疗后VAS、WOMAC评分均明显更低( $P<0.05$ ),Lysholm、BBS评分均明显更高,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。② CR:与治疗前比较,观察组治疗后CR明显降低,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ ),对照组治疗后CR差异无统计学意义( $P>0.05$ )。与对照组比较,观察组治疗后CR明显降低,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。③ 安全性:治疗过程中2组均未出现不良事件,患者依从性较好,安全性较高。**结论** NEMEX训练联合半导体激光治疗可有效改善KOA患者疼痛、膝关节功能、平衡功能和膝关节周围肌肉协调控制能力,值得临床应用。

**关键词** 膝骨关节炎;神经肌肉运动训练;半导体激光;膝关节功能;平衡功能;协同控制能力

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是一种以慢性进行性、年龄相关性为特征的骨关节退行性疾病<sup>[1]</sup>,好发于中老年人群。有研究显示,我国65岁以上老年人KOA发病率高达50%<sup>[2]</sup>,主要表现为疼痛、肿胀、活动受限、关节功能障碍等,对后期的步

态模式以及日常生活活动产生负面影响,严重降低生活质量<sup>[3]</sup>。正常情况下,当主动肌收缩时,拮抗肌会协调地放松或做适当的离心收缩以辅助完成动作。有研究指出,KOA患者通常比无症状者表现出更高的异常协同收缩模式<sup>[4]</sup>,即主动肌和拮抗肌的

引用格式:娄晓乐,陶雅亭,林霖,等.神经肌肉运动训练联合半导体激光对膝骨关节炎患者的影响[J].康复学报,2025,35(4):439-444.

LOU X L,TAO Y T,LIN L, et al. Clinical efficacy of neuromuscular exercise training combined with semiconductor laser therapy on patients with knee osteoarthritis [J]. Rehabil Med, 2025, 35(4): 439-444.

DOI:10.3724/SP.J.1329.2025.04015

©《康复学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND 4.0协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

同时收缩,以维持稳定性,但这也增加了膝关节表面的压力负荷,加重关节结构上的应力,导致疼痛加剧,进而引起肌肉等运动器官废用。膝关节周围肌肉肌力下降以及肌群间的不协调性收缩,干扰正常负荷的分布,造成关节受力不均,超过其正常的稳定极限,关节稳定性及平衡能力变差,形成恶性循环<sup>[5-6]</sup>。因此,缓解疼痛、提高肌群之间的协调控制能力、改善平衡功能是打破恶性循环的关键。

半导体激光作为一种物理因子治疗方法,经激励电源产生激光,通过光束传输装置有效地传输至治疗部位,并深入作用于机体组织内部<sup>[7]</sup>,使组织有良好的光能量吸收,发挥消肿止痛作用<sup>[8]</sup>。目前临床上常将半导体激光用于治疗慢性疼痛和肌骨功能障碍。半导体激光虽可有效缓解 KOA 患者的疼痛症状,但其对肌肉协调控制以及关节功能等的改善有限。《骨关节炎诊疗指南(2018 年版)》<sup>[9]</sup>中推荐通过运动疗法减轻 KOA 患者临床症状并维持膝关节功能。神经肌肉运动(neuromuscular exercise, NEMEX)训练是神经肌肉控制原理与关节生物力学相结合的一种运动疗法,能够缓解疼痛,改善平衡功能,提高关节功能稳定性和神经肌肉的协调控制能力<sup>[10]</sup>。本研究采用 NEMEX 训练联合半导体激光治疗 KOA 患者取得较好疗效。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准 参照中华医学会骨科学分会关节外科学组制订的《骨关节炎诊疗指南(2018 年版)》<sup>[9]</sup>有关膝骨关节炎的诊断标准。

1.1.2 纳入标准 ① 年龄 40~80 岁;② 性别不限;③ Kellgren-Lawrence 分级为 I~II 级;④ KOA 处于缓解期或康复期,疼痛视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)≥3 分;⑤ 单侧患 KOA;⑥ 患者对本研究知情同意,并自愿签署知情同意书。

1.1.3 排除标准 ① 既往存在膝关节外伤;② 合并其他类型关节炎(如痛风或类风湿等);③ 合并严重心、肝、肾功能不全及无法耐受者;④ 严重认知障碍,不能配合治疗者;⑤ 近 1 个月内接受过药物等影响本次疗效评价的患者。

1.1.4 中止和脱落标准 ① 主动要求退出;② 未完成全部训练和评估。

1.2 一般资料

选择 2023 年 8 月—2024 年 3 月在蚌埠医科大学第一附属医院康复医学科就诊的 60 例 KOA 患者,采用随机数字表法分为对照组、观察组,每组 30 例。2 组性别、年龄、病程、患膝等一般资料比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。见表 1。本研究方案经蚌埠医科大学第一附属医院医学伦理委员会审批通过(审批号:2023-139)。

表 1 2 组一般资料比较

Table 1 Comparison of general information between two groups

| 组别  | 例数 | 性别 |    | 年龄/( $\bar{x}\pm s$ , 岁) | 病程/( $\bar{x}\pm s$ , 月) | 患膝 |    |
|-----|----|----|----|--------------------------|--------------------------|----|----|
|     |    | 男  | 女  |                          |                          | 左侧 | 右侧 |
| 对照组 | 30 | 12 | 18 | 55.96±9.43               | 4.07±1.72                | 14 | 16 |
| 观察组 | 30 | 11 | 19 | 59.66±8.01               | 4.80±1.97                | 13 | 17 |

2 方 法

2.1 治疗方法

2.1.1 对照组 接受常规康复治疗 and 半导体激光治疗。

2.1.1.1 常规康复治疗 主要包括关节松动和中频电刺激。

(1)关节松动 康复治疗师采用 Maitland 关节松动手法,对患者股胫关节进行长轴牵引、滑动训练,以及摆动训练<sup>[11]</sup>;对髌股关节进行分离牵引以及滑动训练。20 min/次,1 次/d,5 次/周,共 4 周。

(2)中频电刺激治疗 采用中频神经肌肉治疗仪

(武汉康本龙医疗器械有限公司,型号:HL-Y5A-G),将电极片置于膝关节疼痛最明显处,频率 3 000 Hz,逐渐增加电流强度,以患者耐受为宜。20 min/次,1 次/d,5 次/周,共持续 4 周。

2.1.1.2 半导体激光治疗 采用半导体激光治疗仪(上海医贝激光技术有限公司,型号:EB-1600P)进行激光照射治疗,激光波长 808 nm,照射功率 400~800 mW,连续照射。患者取仰卧位,膝下垫软枕,询问患者功能障碍以及疼痛最明显处,匀速移动照射该节段正中心及其周围,患者与治疗师在治疗期间均佩戴防护镜,治疗时询问患者耐受情况。20 min/次,

1次/d,5次/周,共持续4周。

**2.1.2 观察组** 在对照组基础上接受NEMEX训练,1次/d,5次/周,共持续4周。

**2.1.2.1 热身运动** 采用功率自行车进行热身训练,运动强度达到改良Borg评定量表3分,持续训练10 min/次。

**2.1.2.2 NEMEX训练** 主要包括稳定性训练、姿势定向训练、下肢肌力训练、功能性锻炼4个方面,共12项训练项目。①稳定性训练:包括动态臀桥、重心转移训练;②姿势定向训练:强调关节相对于彼此的适当位置(姿势方位)的运动,包括弓步训练、前/后/侧向滑动训练、侧方支撑训练;③下肢肌力训练:包括股四头肌等长收缩训练、股四头肌过支点阻力训练、坐位膝盖伸展训练、髌外展/内收肌训练;④功能性锻炼:包括坐-站转移、上下台阶、步行训练。坐-站转移以及步行训练可在镜子前进行,目的是提供训练的视觉反馈。每项运动重复10次为1组,共进行2组,每组运动之间适当休息。4个方面训练时长各10 min/次,总训练时长40 min/次。每项训练均可通过改变运动的方向和速度、增加负荷和支撑表面等增加训练难度。

**2.1.2.3 放松训练** 包括步态调整和拉伸,持续训练10 min/次。

治疗师应监督运动具有良好的运动控制和质量表现,并全程监测心率、血压等,记录跌倒等不良事件。以上训练均由经验丰富、接受过专业培训且对患者分组不知情的康复治疗师指导进行。

## 2.2 观察指标

分别于治疗前及治疗4周后由同1名经专业培训且对患者分组不知情的康复医师进行以下指标评估。

**2.2.1 疼痛程度** 采用VAS评估膝关节疼痛程度。最低分0分,表示没有疼痛;最高分10分代表剧痛,分数越高则说明疼痛程度越严重。

**2.2.2 膝关节功能** 采用西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, WOMAC)<sup>[12]</sup>和膝关节Lysholm量表<sup>[13]</sup>评估患者膝关节功能。

**2.2.2.1 WOMAC指数** 主要从痛、僵、功能3个维度评估膝关节关节炎患者的症状和功能。包括3个分量表,共24个问题,每个问题得分0~4分,分别表示无困难、轻度、中度、重度、极度困难。其中5个关于膝盖疼痛严重程度的问题(0~20分);2个关于僵

硬的问题(0~8分);17个关于身体功能限制的问题(0~68分),共96分。分数越高则表示膝关节功能越差。

**2.2.2.2 膝关节Lysholm量表** 该量表包括跛行、支撑、深蹲、爬楼梯以及患者走路、跑步和跳跃时出现的不稳定、肿胀、疼痛、绞锁等8个方面。最高得分100分,分数越高表示膝关节功能越好。

**2.2.3 平衡功能** 采用Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)<sup>[14]</sup>评估平衡功能。该量表共包含14个项目,满分为56分,分数越高代表患者平衡功能越强。

**2.2.4 表面肌电信号** 采用表面肌电系统(上海诺诚医疗器械有限公司,型号:MyoMove-EOW)记录患者患侧膝关节蹲起过程中股四头肌与腘绳肌表面肌电信号(surface electromyography, sEMG)的均方根值(root mean square, RMS),并根据RMS数值和协同收缩公式计算协同收缩率(co-contraction ratio, CR)。

$$CR = \frac{\text{腘绳肌 RMS}}{(\text{股四头肌 RMS} + \text{腘绳肌 RMS})} \times 100\%$$

患者取自然站立位,双足间距与肩同宽,听到口令后匀速下蹲,使膝关节做大幅度屈曲,保持5 s后匀速站起,连续进行3次,同时记录sEMG,取3次平均值进行分析。

**2.2.5 不良事件监测** 治疗过程中全程监测患者有无跌倒、疼痛加剧等不良事件发生。

## 2.3 统计学方法

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计量资料服从正态分布以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用独立样本 $t$ 检验,组内比较采用配对样本 $t$ 检验;计量资料不服从正态分布时以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组内比较采用Wilcoxon检验,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验。计数资料采用频数表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 3 结果

### 3.1 2组治疗前后VAS、WOMAC、Lysholm、BBS评分比较

与治疗前比较,2组治疗后VAS、WOMAC评分均明显降低( $P < 0.05$ ),Lysholm、BBS评分均明显升高,差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ )。与对照组比较,观察组治疗后VAS、WOMAC评分均明显降低( $P < 0.05$ ),Lysholm、BBS评分均明显更高,差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表2。

表 2 2组治疗前后 VAS、WOMAC、Lysholm、BBS 评分比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

分

| Table 2 Comparison of VAS, WOMAC, Lysholm and BBS scores between two groups before and after treatment ( $\bar{x}\pm s$ ) |    |     |                                 |                                  |                                  |                                  | Scores |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------|
| 组别                                                                                                                        | 例数 | 时间  | VAS 评分                          | WOMAC 评分                         | Lysholm 评分                       | BBS 评分                           |        |
| 对照组                                                                                                                       | 30 | 治疗前 | 6.47 $\pm$ 1.48                 | 49.33 $\pm$ 2.32                 | 43.87 $\pm$ 3.60                 | 43.33 $\pm$ 2.73                 |        |
|                                                                                                                           |    | 治疗后 | 3.83 $\pm$ 1.20 <sup>1)</sup>   | 39.03 $\pm$ 3.37 <sup>1)</sup>   | 58.27 $\pm$ 1.60 <sup>1)</sup>   | 46.73 $\pm$ 2.33 <sup>1)</sup>   |        |
| 观察组                                                                                                                       | 30 | 治疗前 | 6.00 $\pm$ 1.58                 | 50.77 $\pm$ 3.70                 | 45.37 $\pm$ 2.86                 | 43.26 $\pm$ 2.79                 |        |
|                                                                                                                           |    | 治疗后 | 3.10 $\pm$ 1.35 <sup>1)2)</sup> | 36.83 $\pm$ 3.20 <sup>1)2)</sup> | 62.43 $\pm$ 5.30 <sup>1)2)</sup> | 50.06 $\pm$ 2.21 <sup>1)2)</sup> |        |

注:与治疗前比较,1)  $P<0.05$ ;与对照组比较,2)  $P<0.05$ 。  
Note: Compared with that before treatment, 1)  $P<0.05$ ; compared with the control group, 2)  $P<0.05$ .

3.2 2组治疗前后 CR 比较

与治疗前比较,观察组治疗后 CR 明显降低,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ ),对照组治疗后 CR 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。与对照组比较,观察组治疗后 CR 明显降低,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 3。

表 3 2组治疗前后 CR 比较 [ $M(P_{25},P_{75})$ ] %

| Table 3 Comparison of CR between two groups before and after treatment [ $M(P_{25},P_{75})$ ] % |    |                 |                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------|---------------------------------|--|
| 组别                                                                                              | 例数 | 治疗前             | 治疗后                             |  |
| 对照组                                                                                             | 30 | 0.38(0.34,0.40) | 0.36(0.33,0.39)                 |  |
| 观察组                                                                                             | 30 | 0.39(0.37,0.41) | 0.31(0.27,0.33) <sup>1)2)</sup> |  |

注:与治疗前比较,1)  $P<0.05$ ;与对照组比较,2)  $P<0.05$ 。  
Note: Compared with that before treatment, 1)  $P<0.05$ ; compared with the control group, 2)  $P<0.05$ .

3.3 2组不良事件比较

治疗过程中 2 组均未出现不良事件,患者依从性较好,安全性较高。

4 讨 论

4.1 NEMEX 训练联合半导体激光可有效改善 KOA 患者疼痛和膝关节功能

本研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后 VAS、WOMAC 评分均明显更低, Lysholm 评分明显更高,这提示 NEMEX 训练联合半导体激光治疗可有效改善 KOA 患者疼痛和膝关节功能。可能与以下因素有关:① 发挥镇痛、消炎和消肿作用。半导体激光具有热、电磁、光化学及机械等效应,其激光为近红外波段,可深入并作用于机体组织内部并对感觉神经末梢产生直接作用,激活单核巨噬细胞系统,降低神经末梢兴奋性并提高痛阈,加速血液循环,释放出内啡肽、脑啡肽等镇痛物质,发挥镇痛、消炎及消肿的作用<sup>[15-16]</sup>。疼痛是 KOA 患者的主要症状,疼痛会引起肌肉等运动器官的废用,关节

周围肌肉、软组织力量以及协调性不同程度下降,关节稳定性变差,导致膝关节整体功能减退,因此疼痛缓解可进一步促进膝关节功能恢复。② 改善膝关节应力平衡。KOA 患者常伴有下肢肌力下降、关节力线异常、关节不稳等症状。NEMEX 训练作为一种相对广泛的运动,包括力量性、平衡性、本体感觉性等训练,可以改善平衡、肌肉激活、功能调整,实现代偿性功能稳定并提高运动控制能力<sup>[17]</sup>。与针对股四头肌的传统力量训练比较,NEMEX 训练可以提高 KOA 患者膝关节的整体功能表现<sup>[18]</sup>。此外,NEMEX 训练还可以增加能量吸收能力,增加组织血供和关节滑液,通过生物力学的调整减少到达膝关节表面的应力,让关节处于应力平衡状态,从而缓解 KOA 患者疼痛。这与 KAYA 等<sup>[19]</sup>研究结果一致。③ 调节膝关节负荷。下肢代表了一个完整的运动链,髌关节生物力学环境的变化(如髌关节周围肌肉力量的变化)也可能影响膝关节,髌关节肌肉组织的强度可能直接影响膝关节负荷,导致疾病的进展<sup>[20]</sup>。NEMEX 训练中加入髌关节相关肌群力量训练,也有助于下肢运动链以及膝关节的整体功能恢复。

4.2 NEMEX 训练联合半导体激光可增强 KOA 患者平衡功能和膝关节周围肌肉协调控制能力

本研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后 BBS 评分明显更高,CR 明显降低,这提示 NEMEX 训练联合半导体激光可增强 KOA 患者平衡功能和膝关节周围肌肉协调控制能力。可能与以下因素有关:① 提高肌肉收缩协调性。KOA 患者通常表现为更高的协调收缩模式,即股四头肌和腓绳肌同时收缩,以维持代偿性稳定,长期下去会加重肌肉劳损以及关节负荷<sup>[21]</sup>。KOA 患者期望达到特定动作时,本该放松的肌肉也会同时收缩,导致运动不协调和效率降低,出现异常的协调收缩效应,即 CR。

在半导体激光基础上联合 NEMEX 训练可提高 KOA 患者神经肌肉控制能力和肌肉收缩协调性,降低膝关节负荷和关节破坏率。此外,还可以通过下肢肌力训练、稳定性训练等协调肌肉间的活动,提高膝周肌肉力量、关节稳定性和关节动静态平衡,恢复关节应力的正常分布,减轻关节面压力,促进 KOA 患者膝关节功能恢复。② 提高下肢感觉运动控制能力。NEMEX 训练通过姿势定向训练和功能性锻炼(坐-站转移、上下台阶、步行训练)等进行功能调整,提高下肢感觉运动控制能力<sup>[22]</sup>,降低 KOA 患者对膝关节肌肉组织较高的稳定性需求,减少异常的协调收缩模式和关节破坏,促进膝关节功能的整体恢复。这与张冠聪等<sup>[23]</sup>研究结果相似。

## 5 小 结

NEMEX 训练联合半导体激光治疗可有效改善 KOA 患者疼痛、膝关节功能、平衡功能和膝关节周围肌肉协调控制能力,值得临床推广应用。但本研究仍存在一些不足之处,如样本量较小、观察时间较短、未进行随访,后续将扩大样本量,定期对患者进行随访,进一步探索长期疗效,以期为 KOA 患者的康复治疗提供科学依据。

## 参考文献

- [1] ALPAY K, SAHIN M. Effects of basic body awareness therapy on pain, balance, muscle strength and functionality in knee osteoarthritis: a randomised preliminary trial [J]. *Disabil Rehabil*, 2023, 45(26):4373-4380.
- [2] 常译牛,印帅,陈卓,等. 体外冲击波治疗膝骨性关节炎机制研究进展[J]. *中国老年学杂志*, 2022, 42(15):3870-3874.  
CHANG Y N, YIN S, CHEN Z, et al. Research progress on mechanism of extracorporeal shock wave therapy for knee osteoarthritis [J]. *Chin J Gerontol*, 2022, 42(15):3870-3874.
- [3] JANG S, LEE K, JU J H. Recent updates of diagnosis, pathophysiology, and treatment on osteoarthritis of the knee [J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(5):2619.
- [4] BOUCHOURAS G, SOFIANIDIS G, PATSIKA G, et al. Women with knee osteoarthritis increase knee muscle co-contraction to perform stand to sit [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2020, 32(4):655-662.
- [5] PREECE S J, JONES R K, BROWN C A, et al. Reductions in co-contraction following neuromuscular re-education in people with knee osteoarthritis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17(1):372.
- [6] ROBBINS S M, TEOLI A, HUK O L, et al. Inter-segment coordination amplitude and variability during gait in patients with knee osteoarthritis and asymptomatic adults [J]. *Gait Posture*, 2024, 107:324-329.
- [7] 刘慧,王沙沙,朱瑜琪,等. 半导体激光疗法结合耳穴压豆对行低温等离子射频消融术腰椎间盘突出症患者的术后疼痛及肢体活动的影响[J]. *中国医药导报*, 2023, 20(33):162-165, 183.  
LIU H, WANG S S, ZHU Y Q, et al. Effect of semiconductor laser therapy combined with auricular pressure beans on postoperative pain and limb movement in patients with lumbar disc herniation undergoing low-temperature plasma radiofrequency ablation [J]. *China Med Her*, 2023, 20(33):162-165, 183.
- [8] 郭瑞琴,唐俊琳. 半导体激光治疗仪对全膝关节置换患者术后疼痛及膝关节功能恢复的影响[J]. *中国医疗器械信息*, 2022, 28(7):156-158.  
GUO R Q, TANG J L. Effect of semiconductor laser therapeutic apparatus on postoperative pain and knee function recovery in patients with total knee arthroplasty [J]. *China Med Device Inf*, 2022, 28(7):156-158.
- [9] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 骨关节炎诊疗指南(2018年版)[J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38(12):705-715.  
Osteoporosis Group of Chinese Orthopaedic Association. Chinese guideline for diagnosis and management of osteoarthritis (2018 edition) [J]. *Chin J Orthop*, 2018, 38(12):705-715.
- [10] 王锴,陈逸凡,王汉斌,等. 神经肌肉训练对膝关节骨关节炎患者关节稳定性的影响[J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(11):786-791.  
WANG K, CHEN Y F, WANG H B, et al. Effects of neuromuscular exercise therapy on the joint stability of patients with knee osteoarthritis [J]. *Natl Med J China*, 2021, 101(11):786-791.
- [11] 陈鹤,李雪媚,邝雪辉,等. 关刺法联合本体感觉训练对膝骨关节炎患者的影响[J]. *康复学报*, 2024, 34(2):140-144, 152.  
CHEN H, LI X M, KUANG X H, et al. Effect of articular needling therapy combined with proprioceptive training on patients with knee osteoarthritis [J]. *Rehabil Med*, 2024, 34(2):140-144, 152.
- [12] MCCONNELL S, KOLOPACK P, DAVIS A M. The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC): a review of its utility and measurement properties [J]. *Arthritis Rheum*, 2001, 45(5):453-461.
- [13] 郝建桥,刘洁,杨延涛,等. Lysholm 评分系统评价髌股关节的应用研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2016, 31(12):1265-1267.  
HAO J Q, LIU J, YANG Y T, et al. Study of Lysholm knee score scale for evaluation of patellofemoral joint [J]. *Chin J Bone Jt Inj*, 2016, 31(12):1265-1267.
- [14] TAKEDA R, MIYATA K, TAMURA S, et al. Item distribution of the Berg Balance Scale in older adults with Hip fracture: a Rasch analysis [J]. *Physiother Theory Pract*, 2024, 40(1):136-143.
- [15] 李丽娜,任慧玲,丁雅霜. 半导体激光治疗仪联合康复护理对全膝关节置换患者术后疼痛及膝关节功能恢复的影响[J]. *医疗装备*, 2020, 33(17):166-167.  
LI L N, REN H L, DING Y S. Effect of semiconductor laser therapeutic apparatus combined with rehabilitation nursing on postoperative pain and recovery of knee joint function in patients with

- total knee replacement [J]. *Med Equip*, 2020, 33(17):166–167.
- [16] 赵阳, 刘家峰, 杨焜. 温针灸联合高能量半导体激光治疗膝骨关节炎的效果及对患者膝关节功能的影响[J]. *山西医药杂志*, 2022, 51(17):1968–1971.
- ZHAO Y, LIU J F, YANG K. Effect of warm acupuncture combined with high-energy semiconductor laser on knee osteoarthritis and its influence on knee joint function [J]. *Shanxi Med J*, 2022, 51(17):1968–1971.
- [17] GAO B, LI L, SHEN P X, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching in relieving pain and balancing knee loading during stepping over obstacles among older adults with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial [J]. *PLoS One*, 2023, 18(2):e0280941.
- [18] HOLSGAARD-LARSEN A, CHRISTENSEN R, CLAUSEN B, et al. One year effectiveness of neuromuscular exercise compared with instruction in analgesic use on knee function in patients with early knee osteoarthritis: the EXERPHARMA randomized trial [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2018, 26(1):28–33.
- [19] KAYA D, GUNEY-DENIZ H, SAYACA C, et al. Effects on lower extremity neuromuscular control exercises on knee proprioception, muscle strength, and functional level in patients with ACL reconstruction [J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019:1694695.
- [20] THOMAS D T, R S, PRABHAKAR A J, et al. Hip abductor strengthening in patients diagnosed with knee osteoarthritis—a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1):622.
- [21] STEFANIK J J, FREY-LAW L, SEGAL N A, et al. The relation of peripheral and central sensitization to muscle co-contraction: the MOST study [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2020, 28(9):1214–1219.
- [22] RASHID S A, HUSSAIN M E, BHATI P, et al. Muscle activation patterns around knee following neuromuscular training in patients with knee osteoarthritis: secondary analysis of a randomized clinical trial [J]. *Arch Physiother*, 2022, 12(1):19.
- [23] 张冠聪, 黄秋晨, 顾蕊, 等. 不同神经肌肉训练方法对早期膝骨关节炎患者疼痛和运动功能效果的比较[J]. *中国康复理论与实践*, 2023, 29(9):1090–1097.
- ZHANG G C, HUANG Q C, GU R, et al. Comparative effect of different neuromuscular exercises on pain and motor function of knee in patients with early knee osteoarthritis [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2023, 29(9):1090–1097.

## Clinical Efficacy of Neuromuscular Exercise Training Combined with Semiconductor Laser Therapy on Patients with Knee Osteoarthritis

LOU Xiaole, TAO Yating, LIN Lin, SONG Xiaodong, WANG Min, JIANG Yong\*  
*The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu, Anhui 233004, China*  
 \*Correspondence: JIANG Yong, E-mail: 498917800@qq.com

**ABSTRACT Objective** To observe the effects of neuromuscular exercise (NEMEX) training combined with semiconductor laser therapy on patients with knee osteoarthritis (KOA). **Methods** A total of 60 patients with knee osteoarthritis who were treated in the Rehabilitation Medicine Department of the First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University from August 2023 to March 2024 were selected and randomly divided into control group and observation group using a random number table method, with 30 cases in each group. The control group received conventional rehabilitation treatments, including joint mobilization and medium-frequency electrical stimulation, along with semiconductor laser therapy at a wavelength of 808 nm and an irradiation power of 400–800 mW, continuous irradiation, 20 minutes per session, once daily, five times weekly for a total of four weeks. The observation group received NEMEX training in addition, including 10 minutes of warm-up exercise; 40 minutes of NEMEX training (stability, posture orientation, lower limb muscle strength training, and functional exercises); and a 10-minute cool-down exercise (involving gait adjustment and stretching), once daily, five times weekly for four weeks. Before and after treatment, Visual Analog Scale (VAS) was used to assess the degree of pain; Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) and Lysholm Knee Score were used to assess knee joint function; Berg Balance Scale (BBS) was used to assess balance function; the surface electromyography system was used to record the root mean square (RMS) of surface electromyography (sEMG) signals of the quadriceps and hamstring muscles during the squatting and standing of the affected knee joint, and the co-contraction rate (CR) was calculated; the adverse events during the treatment process of the two groups were compared. **Results** (1) VAS, WOMAC, Lysholm, and BBS scores: compared with those before treatment, VAS and WOMAC scores in both groups after treatment decreased significantly ( $P < 0.05$ ), while Lysholm and BBS scores increased significantly, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). Compared with the control group, VAS and WOMAC scores in the observation group after treatment decreased significantly ( $P < 0.05$ ), while Lysholm and BBS scores were significantly higher, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). (2) CR: compared with that before treatment, CR in the observation group after treatment decreased statistically, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ), while there was no statistically significant difference in CR in the control group after treatment ( $P > 0.05$ ). Compared with the control group, CR in the observation group after treatment was lower, and the differences was statistically significant ( $P < 0.05$ ). (3) Safety: no adverse events were observed in either group during treatment, and patients exhibited good compliance, indicating a high level of safety. **Conclusion** NEMEX training combined with semiconductor laser therapy can effectively improve pain, knee joint function, balance function, and muscle coordination and control around the knee joint of patients with KOA, which is worthy of clinical application.

**KEY WORDS** knee osteoarthritis; neuromuscular exercise training; semiconductor laser therapy; knee joint function; balance function; coordination and control capability  
**DOI:**10.3724/SP.J.1329.2025.04015