

☆ XXXX ☆

低频脉冲电磁场联合雷火灸对原发性骨质疏松症患者肌肉功能和炎症因子水平的影响

张迪¹, 刘静¹, 张鑫¹, 柏凌², 王恒³, 郭志杰¹, 韦理钰¹, 王胜¹, 徐道明^{1*}

(¹南京中医药大学附属医院, 针灸康复科, 南京 210029; ²南京中医药大学附属医院, 核医学科, 南京 210029; ³南京中医药大学附属医院, 检验科, 南京 210029)

【摘要】目的:观察低频脉冲电磁场(LF-PEMFs)联合雷火灸对原发性骨质疏松症(POP)患者肌肉功能和炎症因子水平的影响。**方法:**POP患者随机分为LF-PEMFs组(26例)、雷火灸组(27例)和综合组(27例)。LF-PEMFs组采用16 Hz频率、20 mT强度进行LF-PEMFs治疗;雷火灸选取双侧肝俞、肾俞、大肠俞和命门、腰阳关进行雷火灸;综合组同时进行LF-PEMFs和雷火灸治疗。所有患者均接受每次30 min、每周3次、持续3个月的治疗。在治疗前、治疗3个月及入组6个月随访时评估患者6 m步行速度和血清白细胞介素(IL)-1 β 、IL-6和肿瘤坏死因子- α (TNF- α)含量,并在治疗前和入组6个月随访时进行骨密度(BMD)检测。**结果:**与治疗前比较,治疗3个月时3组患者6 m步行速度提升($P<0.05$, $P<0.01$),血清IL-1 β 、IL-6和TNF- α 含量下降($P<0.01$)。入组6个月随访时与治疗前比较,3组患者6 m步行速度提升($P<0.05$, $P<0.01$),血清IL-6和TNF- α 含量下降($P<0.05$, $P<0.01$);综合组患者血清IL-1 β 含量下降($P<0.01$)。治疗3个月时与入组6个月随访时比较,雷火灸组血清IL-1 β 和IL-6含量下降($P<0.05$)。治疗3个月时,综合组患者6 m步行速度较LF-PEMFs组和雷火灸组提升($P<0.05$, $P<0.01$),血清TNF- α 含量下降($P<0.01$),血清IL-1 β 、IL-6含量较LF-PEMFs组下降($P<0.01$, $P<0.05$)。治疗6个月随访时,综合组患者6 m步行速度较LF-PEMFs组和雷火灸组显著提升($P<0.01$, $P<0.05$),血清IL-6和TNF- α 含量较LF-PEMFs组和雷火灸组下降($P<0.05$, $P<0.01$),血清IL-1 β 含量较雷火灸组下降($P<0.01$)。3组患者在治疗前和入组6个月随访时腰总和髌总和BMD差异均无统计学意义。**结论:**LF-PEMFs联合雷火灸可能通过降低血清炎症因子水平,提高POP患者肌肉功能,从而对原发性骨质疏松症患者起到改善作用。

【关键词】 原发性骨质疏松症;雷火灸;低频脉冲电磁场;肌肉功能;炎症因子

Effects of low-frequency pulsed electromagnetic fields combined with thunder fire moxibustion on muscle function and inflammatory factor levels in patients with primary osteoporosis

Zhang Di¹, Liu Jing¹, Zhang Xin¹, Bai Ling², Wang Heng³, Guo Zhijie¹, Wei Liyu¹, Wang Sheng¹, Xu Daoming^{1*} (¹Department of Acupuncture and Rehabilitation, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029, China; ²Department of Nuclear Medicine, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029; ³Department of Laboratory, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210029)

【ABSTRACT】 Objective To observe the effects of low-frequency pulsed electromagnetic fields (LF-PEMFs) combined with thunder fire moxibustion on muscle function and inflammatory factor levels in patients with primary osteoporosis (POP). **Methods** POP patients were randomly divided into LF-PEMFs group (30 cases, 4 cases dropped out), thunder fire moxibustion group (30 cases, 3 cases dropped out), and combination group (30 cases, 3 cases

【DOI】10.13702/j.1000-0607.20251210

引用格式:张迪,刘静,张鑫,等.低频脉冲电磁场联合雷火灸对原发性骨质疏松症患者肌肉功能和炎症因子水平的影响[J].针刺研究, XXXX, XX(X):1-7.

项目来源:国家自然科学基金面上项目(No.82575204);江苏省中医药科技发展计划重点项目(No.ZD202313);江苏省中医院重点病种创建项目(No.YZJ2404);江苏省科技副总项目(No.FZ20250125);江苏省中医药特色疗法技术评价项目(No.k2025BZ02);2024年江苏省研究生实践创新计划项目(No.SJCX24_0997)

通信作者:徐道明, E-mail: xudaoming@126.com

dropped out). The LF-PEMFs group received treatment at a frequency of 16 Hz and an intensity of 20 mT (30 min/session, 3 times/week). The thunder fire moxibustion group received moxibustion at Mingmen (GV4), Yaoyangguan (GV3), and bilateral Ganshu (BL18), Shenshu (BL23), and Dachangshu (BL25) (30 min/session, 3 times/week). All patients received continuous treatment for 3 months. Assessments of 6-meter walking speed and serum inflammatory factors [interleukin (IL)-1 β , IL-6, and tumor necrosis factor- α (TNF- α)] were conducted before treatment, after 3 months of treatment, and at a 6-month follow-up. Bone mineral density (BMD) was assessed before treatment and at the 6-month follow-up. **Results** After 3 months of treatment, compared with baseline, 6-meter walking speed significantly was increased in the LF-PEMFs, thunder fire moxibustion, and combination groups ($P<0.05$, $P<0.01$), and serum contents of IL-1 β , IL-6, and TNF- α were significantly decreased in all three groups ($P<0.01$). At the 6-month follow-up, compared with baseline, 6-meter walking speed remained significantly higher in all groups ($P<0.05$, $P<0.01$), serum IL-6 and TNF- α contents were significantly decreased in all groups ($P<0.05$, $P<0.01$), and serum IL-1 β was significantly decreased in the combination group ($P<0.01$). Compared with 3 months of treatment, the thunder fire moxibustion group showed further significant reductions in serum IL-1 β and IL-6 contents at the 6-month follow-up ($P<0.05$). After 3 months of treatment, the combination group exhibited significantly higher 6-meter walking speed and lower serum TNF- α content compared with the LF-PEMFs group and the thunder fire moxibustion group ($P<0.05$, $P<0.01$), and lower serum IL-1 β and IL-6 contents compared with the LF-PEMFs group ($P<0.01$, $P<0.05$). At the 6-month follow-up, the combination group showed higher 6-meter walking speed than the LF-PEMFs group and the thunder fire moxibustion group ($P<0.01$, $P<0.05$), lower serum IL-6 and TNF- α contents than both the LF-PEMFs group and the thunder fire moxibustion group ($P<0.01$, $P<0.05$), and lower serum IL-1 β content than the thunder fire moxibustion group ($P<0.01$). There were no statistically significant differences in total lumbar and total hip BMD within or between groups before treatment and at the 6-month follow-up. **Conclusion** LF-PEMFs combined with thunder fire moxibustion can effectively improve muscle function, reduce serum inflammatory factor levels, and exert a positive effect on BMD in POP patients.

【KEYWORDS】 Primary osteoporosis; Thunder fire moxibustion; Low-frequency pulsed electromagnetic field; Muscle function; Inflammatory factor

原发性骨质疏松症(POP)是一种系统性骨代谢异常疾病,主要表现为骨量减少、骨组织微结构退化及骨强度下降^[1]。据统计,POP作为最常见的慢性骨骼系统疾病之一,影响了全世界超过2亿人,严重威胁老年人的身体健康和生活质量^[2]。肌肉和骨骼在解剖学、力学和生化等方面相互影响,二者功能上的退化将导致跌倒、骨折和机体功能进一步丧失,干预骨骼的同时重视肌肉功能对于POP的防治至关重要^[3]。成骨细胞与破骨细胞作用失衡是POP的发病关键,增龄导致的免疫系统低度活化会不同程度地影响炎性因子释放,从而介导骨吸收、骨形成等关键环节以加速POP进程^[4]。另有研究表明,全身炎性反应的增加在骨骼肌萎缩、力量丧失和功能障碍过程中发挥关键作用^[5]。因此,动态监测POP患者炎性微环境变化,靶向调控其炎性水平对于维护POP患者肌骨健康具有重要意义。

低频脉冲电磁场(LF-PEMFs)是指频率在1~100 Hz,峰值磁场<10 mT的低频、低强度磁场,每天暴露于基频为16 Hz的LF-PEMFs可有效促进成骨细胞功能^[6]。此外,LF-PEMFs还通过腺苷受体

使多种细胞类型的增殖和炎性反应之间产生联系,以此抑制促炎细胞因子的活化和合成,在促进肌肉骨骼生长发育中起着积极作用^[7]。

《灵枢·官能》曰:“针所不为,灸之所宜”,雷火灸作为明代雷火神针基础上改良而来的灸法,除灸材外还包括多种具有散寒通络、活血化瘀功效的中药。在燃烧时,温热效应与药物效应结合,通过经脉和腧穴达到温通经脉、改善周围组织循环的作用,从而调节局部及全身免疫^[8]。本课题组前期采用雷火灸干预POP患者12周,结果显示可显著缓解腰痛程度、降低腰椎多裂肌紧张度、改善平衡功能并调节肌骨代谢^[9-10]。基于此,本研究进一步探索LF-PEMFs与雷火灸疗法联合应用对POP患者肌肉功能、血清炎性因子水平及骨密度的影响,现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 病例来源及分组方法

本研究病例选取2020年6月至2022年12月在江苏省中医院针灸康复科及骨伤科就诊的,符合纳入排除标准的POP患者90例。参考前期预试验,

通过PASS15软件进行多组均数样本量估算。将检验水准(α)定为0.05,检验效能($1-\beta$)为0.90,组数(G)为3,LF-PEMFs组6 m步行速度均值(meanc2)为0.6,雷火灸组均值(meanc1)为0.7,综合组均值(mean)为0.8;LF-PEMFs组标准差(sc2)为0.19,雷火灸组标准差(sc1)为0.18,综合组标准差(st)为0.19;综合组和LF-PEMFs组、雷火灸组样本量比(Nt:Nc1:Nc2)为1,计算得出每组样本量为24例,考虑约有20%脱失率,最终确定本研究每组各纳入POP患者30例,共90例。采用信封随机法进行分组设计,将写有1~90数字的卡片放置于90个密封且不透光的信封中。受试者按就诊顺序随机抽取一个信封并拆开获得分组情况,1~30号分为LF-PEMFs组,31~60号分为雷火灸组,61~90号分为综合组,每组各30例。治疗者及数据统计者均不知分组方案直至揭盲。本研究已获得南京中医药大学附属医院伦理委员会的审查批准(批准编号:2020 NL-025-02),并在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR2000037999)。

1.2 诊断标准

本研究参照中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会发布的《原发性骨质疏松症诊疗指南(2017年)》^[11],采用世界卫生组织推荐的诊断标准:通过双能X线吸收测定法(DXA)测量骨密度,若骨密度值低于同性别、同种族健康成年人骨峰值2.5个标准差或以上,则诊断为骨质疏松症。

1.3 纳入标准

①符合诊断标准;②年龄在50~75岁之间;③自愿签署知情同意书。

1.4 排除标准

①患有继发性骨质疏松症的患者,如甲状旁腺功能亢进、糖尿病、类风湿关节炎或多发性骨髓瘤等;②近3个月内有新鲜椎体压缩性骨折;③因脑卒中瘫痪、弛缓型脑瘫、重症肌无力等疾病出现肌肉萎缩、运动能力下降的患者;④患有精神疾病、老年痴呆症、严重神经官能症等无法配合治疗者;⑤正在服用可能影响疼痛或骨密度评估的药物且无法立即停用者。

1.5 剔除、脱落及终止标准

①出现严重不良事件者;②受试者在试验过程中不能按时就診治疗、依从性差者;③治疗过程中出现病情加重或其他影响试验观察的病症者。

1.6 各组处理方法

常规处理:所有患者均参照《原发性骨质疏松

症诊疗指南(2017)》进行治疗^[11]。①钙补充剂:钙尔奇D(1.5 g 碳酸钙+125 IU 维生素D3/片,国药准字H10950029),1片/d;②嘱受试者均衡饮食、规律运动、充足日照、戒除烟酒咖啡等不良嗜好。

LF-PEMFs组治疗:使用XT-2000B型低频脉冲电磁场治疗仪(中国航天科工集团)进行治疗。治疗参数设置为:脉冲频率16 Hz,磁场强度20 mT,每次治疗30 min,隔日1次,每周治疗3次,共3个月。

雷火灸组治疗:嘱患者俯卧在治疗床上,治疗者将点燃的雷火灸条(重庆市渝中区赵氏雷火灸传统医药研究所生产)放入灸盒内,将艾灸盒安置于穴位上方约3 cm处,根据患者的热感反馈及时调节灸盒位置。首先施灸命门、腰阳关及双侧肝俞,再灸双侧肾俞、大肠俞。每穴灸30 min,每周治疗3次,隔日1次,共3个月。

综合组治疗:受试者每次接受LF-PEMFs治疗后,再接受雷火灸治疗,治疗方法和时间同上。

1.7 观察指标及检测方法

1.7.1 主要结局指标

6 m步行速度:选择一个宽敞的场地,在地面标记6 m的直线距离,嘱受试者以日常速度走过6 m距离,同时用计时器记录整个过程时长,将6 m步行时间除以6得出每米步速。每次测量时连续测量3次,取平均值。分别在治疗前、治疗3个月和入组6个月随访时评估。

1.7.2 次要结局指标

血清炎症因子含量检测:将清晨空腹时采集的5 mL静脉血注入黄色促凝管内,在室温条件下静置30 min后离心10 min,取上清液置于-80℃冰箱保存。采用酶联免疫吸附测定法检测白细胞介素1 β (IL-1 β)、白细胞介素6(IL-6)和肿瘤坏死因子 α (TNF- α)含量。分别在治疗前、治疗3个月时和入组6个月随访时评估。

骨密度(BMD)检测:使用美国Hologic ASY-03954型双能X线骨密度检测仪对患者的腰总及髋总BMD进行定量测定。分别在治疗前和入组6个月随访时评估。

1.8 统计学处理

采用SPSS26.0进行统计分析。计数资料采用卡方检验进行分析;计量资料首先进行正态性检验。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,非正态分布的计量资料则以中位数(四分位数间距)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示。对于符合正态分布

的数据,多组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用事后检验;对于非正态分布的数据,则采用非参数检验进行两组间比较。基线数据比较纳入所有入组患者数据进行ITT分析, $P \leq 0.05$ 即差异有统计学意义,三组两两比较的显著性水平调整为 $P < 0.017$ 。其余数据间比较以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义的标准。

2 结果

2.1 三组患者一般资料比较

LF-PEMFs组入组30例,脱落4例(1例因心房颤动未完成6个月复评,3例因疫情未完成3个月治疗)。雷火灸组入组30例,脱落3例(2例因疫情未完成3个月治疗,1例未完成6个月随访复评)。综

合组入组30例,脱落3例(2例因疫情未完成3个月治疗,1例因跌倒骨折未完成6个月复评)。三组患者年龄、身高、体质量、腰总BMD及髋总BMD均差异无统计学意义。见表1。

2.2 三组患者6 m步行速度比较

三组患者治疗前6 m步行速度差异无统计学意义,具有可比性。三组患者在治疗3个月时和入组6个月随访时6 m步行速度较治疗前加快($P < 0.01$, $P < 0.05$)。治疗3个月时,综合组6 m步行速度较LF-PEMFs组和雷火灸组加快($P < 0.05$, $P < 0.01$);入组6个月随访时,综合组6 m步行速度较LF-PEMFs组和雷火灸组加快($P < 0.01$, $P < 0.05$)。见表2。

表1 三组原发性骨质疏松症患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data of patients with primary osteoporosis in the 3 groups

组别	例数	年龄/岁 ($\bar{x} \pm s$)	身高/cm ($\bar{x} \pm s$)	体质量/kg ($\bar{x} \pm s$)	腰总BMD/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$ ($\bar{x} \pm s$)	髋总BMD/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1}$ ($\bar{x} \pm s$)
LF-PEMFs组	30	63.93 $\pm$ 6.99	159.40 $\pm$ 4.61	56.32 $\pm$ 6.09	0.73 $\pm$ 0.04	0.76 $\pm$ 0.07
雷火灸组	30	65.20 $\pm$ 7.50	157.23 $\pm$ 4.47	56.13 $\pm$ 6.14	0.74 $\pm$ 0.05	0.75 $\pm$ 0.05
综合组	30	64.80 $\pm$ 6.24	157.13 $\pm$ 5.54	57.27 $\pm$ 6.77	0.73 $\pm$ 0.09	0.74 $\pm$ 0.07

表2 三组原发性骨质疏松症患者各时间点6 m步行速度比较

(m/s, $\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of 6-meter walking speed at different time points of patients with primary osteoporosis in the 3 groups

(m/s, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗3个月	入组6个月随访
LF-PEMFs组	26	0.74 $\pm$ 0.11	0.84 $\pm$ 0.11**	0.80 $\pm$ 0.09*
雷火灸组	27	0.71 $\pm$ 0.17	0.81 $\pm$ 0.15*	0.82 $\pm$ 0.15*
综合组	27	0.74 $\pm$ 0.13	0.93 $\pm$ 0.11** $\Delta\Delta\Delta$	0.91 $\pm$ 0.10** $\Delta\Delta\Delta$

注:与本组治疗前比较,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$;与同时点LF-PEMFs组比较, $\Delta P < 0.05$, $\Delta\Delta P < 0.01$;与同时点雷火灸组比较, $\Delta P < 0.05$, $\Delta\Delta P < 0.01$ 。

2.3 三组患者血清IL-1 β 、IL-6、TNF- α 含量比较

三组患者治疗前血清IL-1 β 、IL-6和TNF- α 含量差异无统计学意义,具有可比性。治疗3个月时,三组患者血清IL-1 β 、IL-6和TNF- α 含量较治疗前下降($P < 0.01$)。入组6个月随访时,综合组血清IL-1 β 含量较治疗前下降($P < 0.01$);三组患者血清IL-6和TNF- α 含量较治疗前下降($P < 0.01$)。入组6个月随访时与治疗3个月时比较,雷火灸组血清IL-1 β 和IL-6含量下降($P < 0.05$)。治疗3个月时,综合组IL-1 β 和IL-6含量较LF-PEMFs组下降($P < 0.01$, $P < 0.05$);综合组血清TNF- α 含量低于

LF-PEMFs组和雷火灸组($P < 0.01$)。入组6个月随访时,综合组血清IL-1 β 含量较雷火灸组下降($P < 0.01$);综合组血清IL-6和TNF- α 含量较LF-PEMFs组和雷火灸组下降($P < 0.05$, $P < 0.01$)。见表3。

2.4 三组患者腰总BMD及髋总BMD比较

三组患者治疗前和入组6个月随访时腰总BMD及髋总BMD组内和组间比较差异均无统计学意义。见表4。

3 讨论

《医学入门》有云:“凡病药之不及,针所不到,

表 3 三组原发性骨质疏松症患者各时间点血清 IL-1 β 、IL-6、TNF- α 含量比较 (pg/ml, $\bar{x}\pm s$)
Table 3 Comparison of serum contents of IL-1 β 、IL-6、TNF- α at different time points of patients with primary osteoporosis in the 3 groups (pg/mL, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数		IL-1 β	IL-6	TNF- α
LF-PEMFs 组	26	治疗前	100.40 $\pm$ 8.11	91.03 $\pm$ 6.49	115.12 $\pm$ 9.34
		治疗 3 个月	91.24 $\pm$ 4.48**	83.67 $\pm$ 6.97**	99.47 $\pm$ 10.43**
		入组 6 个月随访	94.59 $\pm$ 11.01	86.94 $\pm$ 7.38*	102.80 $\pm$ 10.70**
雷火灸组	27	治疗前	97.99 $\pm$ 7.25	91.56 $\pm$ 6.01	116.76 $\pm$ 9.56
		治疗 3 个月	90.33 $\pm$ 7.31**	82.21 $\pm$ 6.12**	95.24 $\pm$ 8.08**
		入组 6 个月随访	94.88 $\pm$ 7.27#	85.97 $\pm$ 5.01**#	98.48 $\pm$ 9.54**
综合组	27	治疗前	98.90 $\pm$ 6.43	90.84 $\pm$ 5.28	117.76 $\pm$ 9.64
		治疗 3 个月	86.66 $\pm$ 5.64** $\Delta\Delta$	79.87 $\pm$ 4.87** Δ	86.04 $\pm$ 8.07** $\Delta\Delta\Delta\Delta$
		入组 6 个月随访	89.35 $\pm$ 5.60** $\Delta\Delta$	82.61 $\pm$ 5.55** $\Delta\Delta$	89.58 $\pm$ 9.00** $\Delta\Delta\Delta\Delta$

注:IL-1 β 为白细胞介素 1 β ,IL-6 为白细胞介素 6,TNF- α 为肿瘤坏死因子 α 。与本组治疗前比较,* $P<0.05$ 、** $P<0.01$;与本组治疗 3 个月比较,# $P<0.05$;与同时点 LF-PEMFs 组比较, $\Delta P<0.05$, $\Delta\Delta P<0.01$;与同时点雷火灸组比较, $\Delta P<0.05$, $\Delta\Delta P<0.01$ 。

表 4 三组原发性骨质疏松症患者各时间点腰总 BMD 及髋总 BMD 比较 (g/cm 2 , $\bar{x}\pm s$)
Table 4 Comparison of total lumbar and total hip BMD at various time points in three groups of POP patients (g/cm 2 , $\bar{x}\pm s$)

组别	例数		腰总 BMD	髋总 BMD
LF-PEMFs 组	26	治疗前	0.73 $\pm$ 0.04	0.76 $\pm$ 0.07
		入组 6 个月随访	0.72 $\pm$ 0.09	0.75 $\pm$ 0.05
雷火灸组	27	治疗前	0.74 $\pm$ 0.05	0.75 $\pm$ 0.05
		入组 6 个月随访	0.72 $\pm$ 0.05	0.74 $\pm$ 0.05
综合组	27	治疗前	0.73 $\pm$ 0.09	0.74 $\pm$ 0.07
		入组 6 个月随访	0.76 $\pm$ 0.10	0.78 $\pm$ 0.09

注:BMD 为骨密度。

必须灸之”,雷火灸集灸、药为一体,能够充分发挥对经络腧穴的“温通”和“温补”作用。骨质疏松症中医归于“骨痿”等范畴。肾为先天之本,年龄增长,肾精渐衰,骨失所养,然肝肾同源,精血互生互化,肾亏则损血耗髓,致肝血亏虚,终伤筋也。因此,“骨痿”的病位虽在骨,但病变常累及肝,从而易出现“筋痿”。本研究在“肝主筋、肾主骨”的中医经典理论指导下,沿用前期选穴方案^[9-10],取腰背部命门、腰阳关及双侧肝俞、肾俞、大肠俞,从“筋骨相互为用”的角度以期达到肝肾同治、强筋壮骨。

一项横断面流行病学研究^[12]显示,人体免疫系统的活跃程度与日常身体活动呈负相关,促进炎症

反应消退有助于改善躯体活动功能。对 57 名肌少症患者和非肌少症参与者的数据进行统计分析显示,肌少症患者的 TNF- α 、IL-1 β 和 IL-6 含量升高,营养和运动干预后促炎细胞因子减少,并表现为肌肉质量和力量增加^[13]。骨骼和免疫系统之间通过细胞因子和信号分子互相影响,免疫因子对骨密度具有复杂的因果调控作用^[14]。一项对绝经后妇女进行的横断面研究显示,IL-1 β 、IL-6 和 TNF- α 与腰椎骨小梁评分呈负相关,IL-6 可负向预测全身和腰椎 BMD,TNF- α 则可负向预测总髋关节 BMD,靶向降低其循环水平或许将对 POP 患者骨矿丢失产生积极影响^[15]。LF-PEMFs 疗法充当腺苷的调节剂,可增强内源性激动剂功能,通过降低细胞因子水平和改善细胞外基质合成来抑制 NF- κ B 和 MAPK 等炎症途径,从而治疗各种慢性低度炎症性疾病^[16]。雷火灸内含有沉香、木香等药材,其产生的温热刺激可促使局部血液及淋巴回流通畅,起到调节体内炎症水平的作用^[17]。研究表明,刺激“肝俞”“肾俞”穴可降低机体 IL-1 β 等炎症因子表达,减少白细胞及淋巴细胞数量,起到抗炎、镇痛、免疫调节的作用^[18-19]。

IL-1 β 是 IL-1 的亚型之一,可间接促进 TNF- α 诱导破骨细胞生成,也可在 p38 丝裂原活化蛋白激酶(p38MAPK)的刺激下诱导基质细胞 RANKL 表达,从而直接刺激破骨细胞前体分化^[20]。另有研究表明,肌肉来源的 IL-1 β 通过依赖性刺激 BRCA1 邻近基因 1 蛋白/泛素结合蛋白 p62/核因子 E2 相关因

子2信号通路促进癌症恶病质中的氧化应激,靶向调控其水平可作为缓解骨骼肌质量和功能丧失的潜在靶点^[21]。TNF- α 是炎性细胞诱导的组织损伤关键因子,可通过核因子 κ B蛋白复合物的核因子 κ -轻链-增强子促进破骨细胞形成,以及实现肌肉蛋白的降解,抑制TNF- α 水平可减少肌肉创伤后的炎性反应并抑制骨丢失^[22-23]。IL-6是一种多效性细胞因子,作为肌肉分泌因子之一,不仅在调节肌肉本身功能方面发挥着重要作用,而且通过多种复杂的信号转导途径双向调节骨代谢过程,从而影响骨形成和骨吸收之间的平衡^[24]。本研究显示,单纯LF-PEMFs和雷火灸治疗均可不同程度地降低患者血清IL-1 β 、IL-6和TNF- α 水平,但综合组降低至更佳水平且作用维持至6个月随访,组间比较综合组疗效优于LF-PEMFs组或雷火灸组。说明LF-PEMFs联合雷火灸不仅能有效调节POP患者体内炎性状态,且远期临床疗效优于单纯LF-PEMFs或雷火灸治疗。

骨骼和骨骼肌作为运动系统的功能单元,在机体的发育生长过程中紧密协同,并通过旁分泌和内分泌等途径实现交互串扰^[25]。越来越多的证据表明,与衰老相关的骨量丢失与肌肉功能的损失之间存在关联性,提高躯体活动能力或许可以延缓骨量丢失^[26-27]。6 m步行速度是评价老年人肌肉功能的重要指标,2022年肌少-骨质疏松症专家共识^[28]明确指出,该指标所反映的肌肉功能下降是肌少-骨质疏松症的诊断标准之一。本研究结果显示,三组患者在治疗3个月时和6个月随访时6 m步行速度较治疗前均有不同程度的提升,其中综合组提升至更高水平,说明3个月的LF-PEMFs联合雷火灸治疗可对POP患者的肌肉功能产生最佳临床效益,且具有较好的远期疗效。BMD方面,三组患者在6个月随访时腰总和髋总BMD组内和组间比较均未见显著差异。然而综合组患者腰总及髋总BMD在随访时较治疗前均呈现出改善趋势,说明LF-PEMFs联合雷火灸治疗能在改善骨密度方面产生积极作用。结合本研究结果中POP患者血清IL-1 β 、IL-6和TNF- α 水平治疗前后的变化差异,推测LF-PEMFs联合雷火灸改善POP患者肌肉功能和延缓其骨矿丢失是通过降低体内炎性水平实现的。然而,若想使BMD产生明显差异,临床上可能还需持续时间更长的干预和进一步的观察。

综上,LF-PEMFs联合雷火灸可有效提高POP患者肌肉功能,降低血清炎性因子含量,并对BMD

具有积极的改善作用。本研究为中西医结合干预POP提供了安全有效的临床治疗思路,也为POP与免疫系统的相关性提供了新的临床研究基础。为深入探究在“筋骨互用”视角下炎性因子如何调控原发性骨质疏松症,本课题组将开展相关动物实验进一步加以验证。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会, 中国营养学会, 中国老年医学学会. 原发性骨质疏松症与肌少症的营养和运动管理专家共识(2025年)[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2025, 41(5): 355-364.
Chinese Society of Osteoporosis and Bone Mineral Diseases, Chinese Nutrition Society, Chinese Geriatrics Society. Expert consensus on the nutrition and exercise management for primary osteoporosis and sarcopenia (2025) (in Chinese)[J]. Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism, 2025, 41(5): 355-364.
- [2] Górczewska B, Jakubowska-Pietkiewicz E. Sociodemographic factors affecting the disease acceptance in the group of women with postmenopausal osteoporosis [J]. Int J Occup Med Environ Health, 2022, 35(3): 273-283.
- [3] Haeri N S, Perera S, Greenspan S L. The association of bone turnover markers with muscle function, falls, and frailty in older women in long-term care[J]. J Frailty Aging, 2023, 12(4): 284-290.
- [4] Luo J, Li L, Shi W S, et al. Oxidative stress and inflammation: roles in osteoporosis [J]. Front Immunol, 2025, 16: 1611932.
- [5] Antuna E, Cachán-Vega C, Bermejo-Millo J C, et al. Inflammaging: implications in sarcopenia [J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(23): 15039.
- [6] Chen Y, Braun B J, Menger M M, et al. Intermittent exposure to a 16 Hz extremely low frequency pulsed electromagnetic field promotes osteogenesis *in vitro* through activating piezo 1-induced Ca^{2+} influx in osteoprogenitor cells [J]. J Funct Biomater, 2023, 14(3): 165.
- [7] 徐荣达, 张赫, 段思宇, 等. 脉冲电磁场对肌肉骨组织作用的研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32(3): 254-258.
Xu R D, Zhang H, Duan S Y, et al. Research progress in effect of pulsed electromagnetic fields on muscle and bone tissue (in Chinese)[J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32(3): 254-258.
- [8] Zhang J L, Zhai X, Wang X, et al. The effect of thunder-fire moxibustion on lumbar disc herniation: study protocol for a randomized controlled trial [J]. Front Public Health, 2022, 10: 930830.
- [9] 刘静, 王彤, 徐道明, 等. 雷火灸对骨质疏松症伴骨骼肌质量减少患者运动功能的影响: 随机对照试验[J]. 针刺研究, 2022, 47(9): 809-813.

- Liu J, Wang T, Xu D M, et al. Effects of thunder-fire moxibustion on the motor function in the patients of osteoporosis with low skeletal muscle mass: a randomized controlled trial (in Chinese) [J]. *Acupuncture Research*, 2022, 47(9): 809-813.
- [10] 徐道明, 刘静, 张迪, 等. 雷火灸对原发性骨质疏松症伴低肌肉质量女性患者平衡功能和肌骨代谢的影响[J]. *中国针灸*, 2024, 44(8): 859-864.
- Xu D M, Liu J, Zhang D, et al. Effects of thunder-fire moxibustion on balance function and musculoskeletal metabolism in female patients of primary osteoporosis with low muscle mass (in Chinese) [J]. *Chinese Acupuncture & Moxibustion*, 2024, 44(8): 859-864.
- [11] 夏维波, 章振林, 林华, 等. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(3): 281-309.
- Xia W B, Zhang Z L, Lin H, et al. Guidelines for the diagnosis and management of primary osteoporosis(2017) (in Chinese) [J]. *Chinese Journal of Osteoporosis*, 2019, 25(3): 281-309.
- [12] Klasson C L, Sathir S, Pontzer H. Daily physical activity is negatively associated with thyroid hormone levels, inflammation, and immune system markers among men and women in the NHANES dataset [J]. *PLoS One*, 2022, 17(7): e0270221.
- [13] Chang K V, Wu W T, Chen Y H, et al. Enhanced serum levels of tumor necrosis factor- α , interleukin-1 β , and-6 in sarcopenia: alleviation through exercise and nutrition intervention[J]. *Aging*, 2023, 15(22): 13471-13485.
- [14] Cao R R, Yu X H, Xiong M F, et al. The immune factors have complex causal regulation effects on bone mineral density [J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 959417.
- [15] Damani J J, de Souza M J, Strock N C A, et al. Associations between inflammatory mediators and bone outcomes in postmenopausal women: a cross-sectional analysis of baseline data from the prune study [J]. *J Inflamm Res*, 2023, 16: 639-663.
- [16] Kaadan A, Salati S, Cadossi R, et al. Regulation of inflammatory responses by pulsed electromagnetic fields [J]. *Bioengineering*, 2025, 12(5): 474.
- [17] 吴燕, 曾政, 何敏, 等. 雷火灸辅助治疗股骨头缺血性坏死的疗效及对外周血 TNF- α 、VEGF 水平的影响[J]. *上海针灸杂志*, 2020, 39(6): 753-757.
- Wu Y, Zeng Z, He M, et al. Efficacy of thunder-fire wonder moxibustion as adjuvant treatment for ischemic necrosis of femoral head and its effect on peripheral blood TNF- α and VEGF levels (in Chinese) [J]. *Shanghai Journal of Acupuncture and Moxibustion*, 2020, 39(6): 753-757.
- [18] 路晓清, 陈俊, 唐海婷, 等. 艾灸对 RA 家兔的抗炎效应及对其滑膜中 c-IAP1/c-IAP2-NLRP3-IL-1 β 信号通路的影响 [J]. *中国老年学杂志*, 2025, 45(15): 3667-3672.
- Lu X Q, Chen J, Tang H T, et al. The anti-inflammatory effect of moxibustion on RA rabbits and its influence on the c-IAP1/c-IAP2-NLRP3-IL-1 β signaling pathway in their synovium (in Chinese) [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2025, 45(15): 3667-3672.
- [19] 朱依玲, 张英, 金清, 等. 针刺肝经腧穴对兔血液生理生化指标的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2020(13): 84-86.
- Zhu Y L, Zhang Y, Jin Q, et al. Effect of acupuncture at acupoints of liver meridian on blood physiological and biochemical indexes in rabbits (in Chinese) [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020(13): 84-86.
- [20] Fischer V, Haffner-Luntzer M. Interaction between bone and immune cells: Implications for postmenopausal osteoporosis [J]. *Semin Cell Dev Biol*, 2022, 123: 14-21.
- [21] Yamada M, Warabi E, Oishi H, et al. Muscle-derived IL-1 β regulates EcSOD expression *via* the NBR1-p62-Nrf2 pathway in muscle during cancer *Cachexia* [J]. *J Physiol*, 2024, 602(17): 4215-4235.
- [22] Stratos I, Behrendt A K, Anselm C, et al. Inhibition of TNF- α restores muscle force, inhibits inflammation, and reduces apoptosis of traumatized skeletal muscles [J]. *Cells*, 2022, 11(15): 2397.
- [23] Yao Q S, He L, Bao C S, et al. The role of TNF- α in osteoporosis, bone repair and inflammatory bone diseases: a review [J]. *Tissue Cell*, 2024, 89: 102422.
- [24] Zhu C Y, Ding X Q, Chen M, et al. Exercise-mediated skeletal muscle-derived IL-6 regulates bone metabolism: a new perspective on muscle-bone crosstalk [J]. *Biomolecules*, 2025, 15(6): 893.
- [25] Kirk B, Lombardi G, Duque G. Bone and muscle crosstalk in ageing and disease [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2025, 21(6): 375-390.
- [26] Smith C, Sim M, Dalla Via J, et al. The interconnection between muscle and bone: a common clinical management pathway [J]. *Calcif Tissue Int*, 2024, 114(1): 24-37.
- [27] 黄驰欢, 徐道明, 刘静, 等. 中老年女性骨密度与肌肉质量及躯体功能水平的相关性分析 [J]. *医学研究杂志*, 2024, 53(8): 141-145.
- Huang C H, Xu D M, Liu J, et al. Analysis of the correlation of bone mineral density and muscle mass and physical function level in middle-aged and elderly women (in Chinese) [J]. *Journal of Medical Research*, 2024, 53(8): 141-145.
- [28] 黄宏兴, 史晓林, 李盛华, 等. 肌少-骨质疏松症专家共识 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2022, 28(11): 1561-1570.
- Huang H X, Shi X L, Li S H, et al. Sarcopenia-osteoporosis expert consensus (in Chinese) [J]. *Chinese Journal of Osteoporosis*, 2022, 28(11): 1561-1570.

收稿日期: - - 修回日期: - -