

筋膜链理论指导的冲击波预处理联合富血小板血浆注射治疗中早期膝骨关节炎的疗效观察：一项随机对照研究

牛纪珍¹, 王大卫², 王开乐¹, 周佳华¹, 张洪翠^{1*}

¹山东省文登整骨医院康复科, 山东 威海

²山东省文登整骨医院骨科, 山东 威海

收稿日期: 2026年6月7日; 录用日期: 2026年7月1日; 发布日期: 2026年7月8日

摘要

目的: 探讨基于筋膜链理论的体外冲击波(radial extracorporeal shockwave therapy, rESWT)预处理联合富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)注射对膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)患者疼痛及关节功能的临床疗效。方法: 将80例中重度KOA患者按随机数字表法分为观察组与对照组, 每组40例。对照组仅接受关节腔内PRP注射治疗; 观察组在PRP注射前接受基于筋膜链评估的rESWT治疗(每周1次, 连续3周)。分别于治疗前及治疗后, 采用视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)、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)、Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)、计时起立-行走测试(Timed Up and Go test, TUG)、膝关节活动度(range of motion, ROM)、测定60°/s角速度下膝关节屈伸肌峰力矩值(PT)、总做功(TW)、屈/伸肌肌力比值(H/Q)进行评估。结果: 治疗前, 2组患者VAS评分、WOMAC评分、BBS评分、TUG评分、屈曲ROM比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2组患者VAS评分、WOMAC评分、TUG评分均低于治疗前, BBS评分及屈曲ROM高于治疗前, 且观察组上述指标均优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗前, 2组患者膝关节伸膝肌群PT、TW比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2组患者膝关节伸膝肌群PT、TW均高于治疗前, 且观察组上述2指标均优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗前, 2组患者膝关节屈膝肌群PT、TW比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2组患者膝关节屈膝肌群PT、TW均高于治疗前, 且观察组上述2指标均优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗前, 2组患者H/Q比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2组患者H/Q均低于治疗前, 且观察组优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 以筋膜链理论为指导的rESWT预处理能有效缓解KOA患者疼痛, 改善关节功能与平衡能力, 增强PRP疗效, 其作用机制可能与优化下肢力学链及调节疼痛-运动控制环路有关。

关键词

膝骨关节炎, 筋膜链, 发散式冲击波, 富血小板血浆, 疼痛

*通讯作者。

文章引用: 牛纪珍, 王大卫, 王开乐, 周佳华, 张洪翠. 筋膜链理论指导的冲击波预处理联合富血小板血浆注射治疗中早期膝骨关节炎的疗效观察: 一项随机对照研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(7): 578-587.

DOI: 10.12677/acm.2026.1672563

Observation on the Efficacy of Shock Wave Pretreatment Guided by Fascia Chain Theory Combined with Platelet-Rich Plasma Injection in the Treatment of Early-to-Mid-Stage Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Study

Jizhen Niu¹, Dawei Wang², Kaile Wang¹, Jiahua Zhou¹, Hongcui Zhang^{1*}

¹Department of Rehabilitation, Shandong Wendeng Osteopathic Hospital, Weihai Shandong

²Department of Orthopedics, Shandong Wendeng Osteopathic Hospital, Weihai Shandong

Received: June 7, 2026; accepted: July 1, 2026; published: July 8, 2026

Abstract

Objective: To investigate the clinical efficacy of radial extracorporeal shockwave therapy (rESWT) preconditioning based on fascial chain theory, followed by intra-articular platelet-rich plasma (PRP) injection, for knee osteoarthritis (KOA). **Methods:** Eighty patients with moderate to severe KOA were randomly assigned to either the observation group (n = 40) or the control group (n = 40) using a random number table. The control group received PRP injection alone. The observation group received rESWT based on fascial chain assessment (once weekly for 3 weeks) prior to PRP injection. Before and after the treatment, evaluations were conducted using the Visual Analogue Scale (VAS), the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), the Berg Balance Scale (BBS), the Timed Up and Go test (TUG), the range of motion (ROM) of the knee joint, the peak torque values of the knee flexion and extension muscles at 60°/s (PT), total work (TW), and the ratio of flexor to extensor muscle strength (H/Q). **Results:** Before treatment, there were no statistically significant differences in VAS scores, WOMAC scores, BBS scores, TUG scores, and flexion ROM between the two groups ($P > 0.05$). After treatment, the VAS scores, WOMAC scores, and TUG scores of both groups were lower than those before treatment, while the BBS scores and flexion ROM were higher than those before treatment. Moreover, the above indicators in the observation group were better than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Before treatment, there were no statistically significant differences in the PT and TW of the knee extensor muscles between the two groups ($P > 0.05$). After treatment, the PT and TW of the knee extensor muscles in both groups were significantly higher than those before treatment, and both indicators in the observation group were significantly better than those in the control group (all $P < 0.05$). Before treatment, there were no statistically significant differences in the PT and TW of the knee flexor muscles between the two groups ($P > 0.05$); after treatment, the PT and TW of the knee flexor muscles in both groups were significantly higher than those before treatment, and both indicators in the observation group were significantly better than those in the control group (all $P < 0.05$). Before treatment, there were no statistically significant differences in H/Q between the two groups ($P > 0.05$). After treatment, the H/Q of both groups was lower than that before treatment, and the observation group was better than the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion:** rESWT preconditioning guided by fascial chain theory can effectively enhance the efficacy of PRP in treating KOA by optimizing the lower limb biomechanical chain

and improving neuromuscular control, demonstrating a synergistic effect of “mechanical intervention-biological repair”. This integrated strategy provides a new approach for KOA rehabilitation.

Keywords

Knee Osteoarthritis, Fascial Chain, Radial Extracorporeal Shockwave Therapy, Platelet-Rich Plasma, Pain

Copyright © 2026 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

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是以关节软骨退行性病变为核心, 伴慢性疼痛与功能障碍的常见疾病, 严重影响患者生活质量[1]。KOA 疼痛机制复杂, 72%可归因于关节外因素[2], 凸显下肢生物力学环境的关键作用。膝关节作为下肢力线枢纽, 其稳定依赖周围肌群、筋膜的动态平衡[3], 力线失衡会导致周围软组织代偿负荷增加, 诱发肌筋膜疼痛综合征(MPS)及激痛点(MTrPs)。MTrPs 是 KOA 疼痛慢性化与功能障碍的重要环节, 也是筋膜链理论的临床体现[4][5]。该理论强调整体力学完整性, 认为肌筋膜网络张力与力线失调是疼痛根源。因此, KOA 治疗需兼顾关节内病变与周围 MTrPs 处理、筋膜张力及力线恢复, 方能突破疼痛管理瓶颈。

在治疗手段上, 富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)作为一种再生医学疗法, 通过浓缩释放高浓度的生长因子与细胞因子, 已被多项研究证实能有效缓解 KOA 疼痛、促进组织修复并改善关节功能[6][7]。然而, PRP 主要作用于关节腔内环境, 对于关节外因 MTrPs 及筋膜张力异常导致的疼痛和力学失衡, 其针对性有限。体外冲击波治疗(radial extracorporeal shockwave therapy, rESWT)作为一种非侵入性物理治疗技术, 已被证明能有效灭活 MTrPs、松解粘连的筋膜、降低异常肌张力, 并通过调节 P 物质等疼痛相关介质的释放产生明确的镇痛效应[8][9]。这使其成为从筋膜链层面干预 KOA 关节外疼痛因素的理想选择。

基于上述认识, 提出整合性治疗思路: 以筋膜链理论为指导, 先采用聚焦式体外冲击波(rESWT)预处理膝关节周围关键肌筋膜触发点(MTrPs)及张力异常筋膜, 快速镇痛、松解软组织并初步恢复力学平衡; 再行关节腔内 PRP 注射, 靶向修复关节内退变结构。理论上, rESWT 预处理可为 PRP 创造更优局部力学与生物环境, 二者具协同增效潜力。然而, 目前缺乏基于筋膜链理论的序贯联合疗法与单一 PRP 疗法的系统性优效性研究。

本研究旨在验证: 相较于单纯 PRP 关节腔内注射, 筋膜链导向的 rESWT 预处理联合 PRP 治疗, 是否能更显著减轻膝骨关节炎(KOA)患者疼痛、改善膝关节功能及提升生活质量。研究结果有望为 KOA 提供融合生物力学调控与生物学修复的多模式序贯新策略, 兼具理论价值与实践意义。

2. 对象与方法

2.1. 对象

本研究选取 2022 年 6 月~2023 年 12 月我院康复科与筋伤科收治的 80 例单膝 KOA 患者进行研究。采用随机数字法分为对照组($n = 40$)与观察组($n = 40$)。2 组患者的年龄、性别、病程、患侧、体重指数、K-L 分级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)。

Table 1. Baseline characteristics of patients in the two groups [$\bar{x} \pm s$, n (%)]**表 1.** 2 组患者一般资料比较 [$\bar{x} \pm s$, n (%)]

组别	年龄(岁)	性别		病程(年)	患侧(例)		BMI (kg/m ²)	K-L 分级	
		男	女		左	右		II	III
观察组 (n = 40)	63.2 ± 6.8	17 (42.50)	23 (57.50)	5.9 ± 2.4	18 (45.00)	22 (55.00)	25.9 ± 3.0	24 (60.00)	16 (40.00)
对照组 (n = 40)	62.5 ± 7.2	15 (37.50)	25 (62.50)	6.2 ± 2.6	20 (50.00)	20 (50.00)	26.3 ± 3.2	22 (55.00)	18 (45.00)
t/ χ^2	0.255	0.116		0.220	0.644		0.588	0.323	
P	0.826	0.712		0.813	0.412		0.632	0.617	

2.2. 纳入与排除标准

纳入标准：① 符合美国风湿病学会 KOA 诊断标准；② Kellgren-Lawrence 分级 II~III 级[10]；③ 年龄 45~75 岁；④ 入组前 VAS 评分 ≥ 4 分；⑤ 签署知情同意书。

排除标准：① 合并严重心脑血管疾病、凝血功能障碍或免疫系统疾病；② 膝关节周围感染、皮肤破损或肿瘤；③ 患有类风湿关节炎、痛风性关节炎等其它炎性关节病；④ 近期(3 个月内)接受过膝关节手术或注射治疗；⑤ 存在严重影响平衡功能的中枢或外周神经系统疾病。

2.3. 方法

对照组患者仅接受关节腔内 PRP 注射治疗，不进行冲击波预处理。为保证与观察组治疗时间节点的可比性，对照组在入组后第 4 周(即观察组完成 3 次 rESWT 预处理后第 7 天)实施 PRP 注射一次。PRP 制备采用二次离心法[11]：取患者肘正中静脉自体血 20 mL，置于含枸橼酸钠抗凝剂的采血管中，第一次以 1500 r/min 离心 10 分钟，吸取全部上层血浆及白膜层至无菌离心管，第二次以 3000 r/min 离心 10 分钟，弃去上清液，保留底部血小板颗粒及约 2 mL 残余血浆，轻轻震荡混匀后获得液态 PRP，血小板浓度达基线值的 4~6 倍，使用前加入激活剂[11]。注射操作在门诊治疗室无菌条件下完成：患者取仰卧位，患侧膝关节屈曲约 30°，常规碘伏消毒铺巾，根据影像学及触诊选取髌上外侧或前内侧入路，以 21 G 穿刺针在超声引导下单次穿刺进入关节腔，回抽确认无关节积液或积血后，缓慢推注 PRP 5 mL [11]。注射完毕后以无菌敷料覆盖穿刺点，由操作者辅助患者进行被动全范围屈伸活动 10~15 次，使 PRP 均匀涂布于软骨表面。嘱患者平卧观察 30 分钟，无不良反应后方可离开。

观察组患者在 PRP 注射前接受基于筋膜链理论的 rESWT 预处理。评估与治疗均由一名经过统一标准化培训的高年资康复治疗师独立完成，试验前已建立详细的 SOP 以确保操作一致。筋膜链功能障碍的判定采用“姿势 - 动作 - 触诊”三阶段：前深链需满足站立相骨盆前倾伴股骨内旋、单腿下蹲膝外翻趋势，重点触诊髂腰肌、股直肌、胫骨前肌区域的活化 MTrPs [12]；后表链以指地距离 > 15 cm、俯卧位被动膝屈曲角度 $< 120^\circ$ 为阳性，触诊腓绳肌、腓肠肌处典型牵涉痛；体侧链则以单腿站立 Trendelenburg 征阳性及 Ober 试验受限为据，联同阔筋膜张肌、髂胫束上活化触发点确认[13]。关键 MTrPs 的确定遵循“主诉疼痛复制与即刻功能改善”原则：对各可疑触发点，以改良指压法垂直下压，当感知筋膜带首次出现组织阻力骤升并诱发患者清晰深部胀痛时，维持该压力 2~3 秒；若诱发的牵涉痛能精确再现患者日常膝痛，且施压停止并短暂按压该点后，主动膝关节屈曲活动度或 30 秒坐 - 站测试疼痛评分改善 $\geq 15\%$ ，即定为主要触发点。rESWT 采用瑞士 EMS 公司 Swiss DolorClast® Master 发散式冲击波治疗仪，探头对准已标记的关键 MTrPs 及沿相应筋膜链走行的卫星触发点，参数设置为压力 2.0~2.5 bar、频率 8~10 Hz，

每次治疗总冲击数 3000~4000 次, 每周 1 次, 连续 3 周[14] [15]。末次 rESWT 治疗后第 7 天行 PRP 注射, 方法同对照组。关键结局指标由一名不知分组及治疗过程的独立助理采集, 以消除操作者偏倚。

2.4. 观察指标

(1) 膝关节疼痛程度: 2 组患者治疗前后, 采用视觉模拟评分法(VAS)评估膝关节疼痛程度, 评分范围为 0~10 分, 评分越高表示疼痛程度越严重[16]。

(2) 关节功能: 2 组患者治疗前后, 采用西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)自评关节功能, 量表包含 24 个条目(疼痛 5 项、僵硬 2 项、功能 17 项), 采用 5 级 Likert 评分(0~4 分, 0 分为无症状, 4 分为极度严重), 总分 0~96 分, 评分越高症状越重[17]。

(3) 平衡功能: 2 组患者治疗前后, 采用 Berg 平衡量表(BBS)评估患者的平衡功能, 该量表包括 14 个项目, 采用 5 级评分法(0~4 分), 分数和患者的平衡功能呈正相关[18]。

(4) 功能性移动能力: 采用 TUG 评定; 治疗前后通过计时受试者从坐姿站起、行走 3 m、转身并返回坐下的过程, 评估其行动能力及跌倒风险[17]。

(5) 关节活动度: 对比两组治疗前后膝关节活动度, 采用量角器测量两组患者治疗前后的膝关节的活动度, 取 3 次测量的平均值作为记录结果[19]。

(6) 肌力指标: 采用等速肌力训练系统(美国 BIODEX 4pro850)测定膝关节屈伸肌峰力矩值(PT)、总做功(TW)、屈/伸肌肌力比值(H/Q)为观察指标。以测量 3 次 60°/s 屈伸膝关节取平均值作为结果, 相邻 2 次测量间隔 10 min [20]。这些参数可客观量化膝关节周围肌群的最大肌力、相对力量及肌力平衡性, 对评估运动功能稳定性及预防损伤具有重要意义[21]。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件对研究数据进行统计学分析。计量资料均符合正态分布, 以($\bar{x} \pm s$)表示, 组间、组内比较行独立样本 t 检验, 计数资料以 n(%)表示, 组间比较行 χ^2 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组患者治疗前后疗效指标比较

治疗前, 2 组患者 VAS 评分、WOMAC 评分、BBS 评分、TUG 评分、屈曲 ROM 比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者 VAS 评分、WOMAC 评分、TUG 评分均低于治疗前, BBS 评分及屈曲 ROM 高于治疗前, 且观察组上述指标均优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 见表 2。

Table 2. Comparisons of therapeutic efficacy indicators before and after treatment between the two patient groups ($\bar{x} \pm s$, points)
表 2. 2 组患者治疗前后各疗效指标比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	VAS		WOMAC		BBS		TUG		屈曲 ROM	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组 (n = 40)	6.85 ± 1.12	3.72 ± 0.95	48.65 ± 6.20	28.35 ± 5.12	45.1 ± 4.0	48.2 ± 3.1	12.7 ± 1.9	10.8 ± 1.4	115.6 ± 8.1	124.2 ± 6.9
观察组 (n = 40)	6.91 ± 1.08	2.38 ± 0.82	49.10 ± 5.95	21.50 ± 4.08	44.8 ± 3.9	51.3 ± 2.7	12.5 ± 1.8	9.2 ± 1.2	114.8 ± 8.7	129.5 ± 6.0
t	0.624	5.063	0.927	9.203	0.581	5.422	0.466	1.866	0.815	2.858
P	0.201	<0.001	0.104	<0.001	0.312	<0.001	0.412	<0.001	0.168	<0.001

3.2. 两组患者治疗前后膝关节伸膝肌群等速力量比较

治疗前, 2 组患者 PT、TW 比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者 PT、TW 均高于治疗前, 且观察组上述 2 指标均优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 见表 3。

Table 3. Comparisons of isokinetic muscle strength of knee extensor muscle group before and after treatment between two patient groups ($\bar{x} \pm s$, points)

表 3. 2 组患者治疗前后膝关节伸膝肌群等速肌力比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	PT (N·M)		TW (J)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组(n = 40)	24.12 ± 2.45	26.63 ± 3.15	123.25 ± 10.35	132.14 ± 7.95
观察组(n = 40)	23.69 ± 3.02	28.42 ± 3.22	122.45 ± 12.87	154.36 ± 8.26
<i>t</i>	0.739	3.420	0.685	6.175
<i>P</i>	0.222	<0.001	0.298	<0.001

3.3. 两组患者治疗前后膝关节屈膝肌群等速力量比较

治疗前, 2 组患者 PT、TW 比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者 PT、TW 均高于治疗前, 且观察组上述 2 指标均优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 见表 4。

Table 4. Comparison of isokinetic knee flexor strength between the two groups before and after treatment ($\bar{x} \pm s$, points)

表 4. 2 组患者治疗前后膝关节屈膝肌群等速肌力比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	PT (N·M)		TW (J)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组(n = 40)	16.28 ± 3.12	20.08 ± 3.45	92.13 ± 9.26	100.15 ± 11.35
观察组(n = 40)	15.88 ± 3.29	25.70 ± 3.01	93.05 ± 8.88	115.40 ± 10.48
<i>t</i>	0.579	5.418	0.426	7.416
<i>P</i>	0.316	<0.001	0.422	<0.001

3.4. 两组患者治疗前后膝关节 H/Q 比较

治疗前, 2 组患者 H/Q 比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 治疗后, 2 组患者 H/Q 均低于治疗前, 且观察组优于对照组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 见表 5。

Table 5. Comparison of the knee H/Q ratio between the two groups before and after treatment ($\bar{x} \pm s$, %)

表 5. 2 组患者治疗前后膝关节 H/Q 比较($\bar{x} \pm s$, %)

组别	治疗前	治疗后
对照组(n = 40)	66.75 ± 10.34	59.47 ± 11.02
观察组(n = 40)	67.25 ± 9.68	53.58 ± 8.77
<i>t</i>	0.832	8.662
<i>P</i>	0.176	<0.001

4. 讨论

本研究结果显示, 基于筋膜链理论的体外冲击波(rESWT)预处理显著增强了富血小板血浆(PRP)注射在膝骨关节炎(KOA)治疗中的临床疗效。相较于单纯采用 PRP 治疗的组别, 联合治疗组在疼痛控制、功能改善以及平衡能力提升等方面均呈现出更为优异的效果。

膝骨关节炎(KOA)的疼痛本质为混合性疼痛, 其核心病理机制涉及关节内病变引发的伤害性疼痛及外周与中枢敏化介导的疼痛放大效应[22] [23], 而肌筋膜触发点(MTrPs)作为骨骼肌内的高度敏感区域, 其激活后诱发的特征性牵涉痛及交感神经反应, 是导致 KOA 疼痛复杂化、慢性化的关键外周驱动因素[24] [25]。本研究观察组视觉模拟评分法(VAS)疼痛评分的显著改善, 正是基于径向体外冲击波疗法(rESWT)对下肢关键筋膜链(前深链、体侧链)上 MTrPs 的精准灭活作用, 其力学信号可直接破坏过度敏感的疼痛感受器簇, 同时通过调节降钙素基因相关肽(CGRP)、P 物质等疼痛介质的释放, 从源头阻断“疼痛-肌肉痉挛-疼痛”的恶性循环[8] [26], 且 rESWT 所诱导的局部微循环改善与组织氧合增加, 能加速疼痛代谢产物的清除, 进一步为疼痛缓解构建有利的生物学环境[27]。从疼痛管理的整体策略来看, 本研究采用的 rESWT 联合富血小板血浆(PRP)方案, 核心逻辑在于构建“外周靶点干预-中枢敏化调控-生物修复增效”的三维干预体系, 二者并非简单叠加, 而是通过靶向不同病理环节形成互补: rESWT 既针对 KOA 疼痛的外周关键驱动因素(MTrPs)发挥作用, 通过灭活敏化靶点、解除肌肉痉挛直接阻断疼痛信号的起始传导[28], 又可通过调节促炎因子白介素- 1β 、肿瘤坏死因子(TNF- α)间接抑制中枢神经系统的敏化进程[29], 实现从外周到中枢的跨层面疼痛调控; 而 PRP 作为关节内生物修复剂, 能够精准调控炎症微环境, 减少伤害性信号的持续传入[30], 与 rESWT 形成“外周阻断-中枢调控”的疼痛干预闭环, 最终实现疼痛控制效果的优化, 为联合组 VAS 评分的显著改善提供了充分的机制支撑。

筋膜链理论明确指出, 人体运动功能的实现依赖于肌筋膜经线的力学完整性[31], 而膝关节作为下肢承重与运动的核心节点, 其功能状态与上下游筋膜链的力学平衡直接相关——前深链功能障碍会导致股骨内旋增加, 引发髌股关节应力异常; 体侧链紧张则通过髂胫束加剧膝关节侧方压力[32] [33], 这种力学失衡不仅会加重疼痛, 更会直接干扰关节内修复进程。基于这一核心逻辑, 本研究将 rESWT 作为联合治疗的预处理环节, 其核心目标并非单纯镇痛, 而是通过对异常筋膜链的系统性评估与针对性松解, 重建接近生理状态的下肢力学传导模式。这种“力学环境优化”为后续 PRP 的关节内修复创造了关键前提: 稳定的力学环境可避免异常应力对修复组织的牵拉损伤, 确保 PRP 所介导的生物修复作用充分发挥。正是基于“力学优化先行、生物修复跟进”的协同策略, 本研究联合组在西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)功能评分及定时起立行走测试(TUG)中均表现优异, 充分证实了该联合方案在改善患者功能性活动能力方面的临床价值, 也凸显了力学平衡在 KOA 综合治疗中的核心地位。

值得关注的是, 联合治疗组在伯格平衡量表(BBS)评分上的显著优势, 提示 rESWT 的治疗作用已超越传统的镇痛与松解范畴。我们推测, rESWT 产生的机械振动可作为强效的躯体感觉输入, 刺激分布于筋膜中的机械感受器(如鲁菲尼小体), 进而改善因疼痛与废用导致的躯体感觉功能受损, 优化患者的运动控制策略[25] [34]。这种“神经肌肉唤醒”效应对于恢复 KOA 患者的动态稳定性、降低跌倒风险具有至关重要的意义, 而这一获益是单纯 PRP 注射难以实现的——因为 PRP 主要聚焦于关节内的生物修复, 无法直接改善神经肌肉调控功能, 这也进一步凸显了联合治疗的独特优势。

此外, 本研究通过等速肌力测试结果证实, 治疗后患者膝关节屈、伸肌群的峰值力矩(PT)及总做功(TW)均显著提高, 腘绳肌/股四头肌力矩比(H/Q)亦趋于合理范围。这些指标的系统性改善, 表明 rESWT 不仅能有效增强膝关节周围肌群的绝对力量与持续做功能力, 还能优化拮抗肌群间的协调配比, 从而纠正治疗前的肌力失衡状态。具体而言, PT 值的提升反映了肌群最大瞬时收缩能力的增强, TW 值的增长

体现了肌肉耐力与功能持续性的改善，而 H/Q 比值的优化则直接关联关节动态稳定性与损伤风险的控制[35]。值得关注的是，rESWT 对膝关节功能的重建作用，与其在足底筋膜炎治疗中“通过调节筋膜链改善力学分布”的机制一脉相承[36][37]。二者均基于筋膜链理论，通过调节肌筋膜系统的张力传导与力学平衡，实现局部生物力学环境的优化：在膝关节，表现为减少异常应力、重建关节稳定性；在足底，则体现为缓解筋膜过度牵张、改善步态支撑。综上，本研究从肌力与筋膜链双重视角阐明，rESWT 通过调节核心肌力指标与筋膜力学状态，协同重建了膝关节的生物力学平衡，为患者功能恢复提供了理论与实证支持。

本研究存在一定局限性。首先，采用单中心设计，样本来源较为局限，可能影响结果的外部推广性。其次，筋膜链功能及激痛点评估主要依赖治疗师的手法触诊，尽管已通过标准化培训与严格信度检验保证了稳定性，但尚缺乏更为客观的定量指标。未来研究可引入超声弹性成像技术量化筋膜组织张力、动态肌电分析肌肉募集模式等方法，以更客观地揭示 rESWT 预处理对筋膜链功能的调控机制。在研究设计层面，建议今后开展设计更严格的多组随机对照试验，通过合理的安慰剂对照与分层随机化，在控制潜在混杂因素的基础上，明确 rESWT 的特异性疗效，并探索不同疾病严重程度亚组间的治疗差异，为精准治疗方案的制定提供依据。

5. 结论

综上所述，基于筋膜链理论的发散式冲击波预处理能有效缓解 KOA 疼痛，并可通过优化下肢力学链与改善神经肌肉控制，增强 PRP 注射的疗效。这种融合“力学干预”与“生物学修复”的整合策略，为 KOA 的综合性疼痛管理提供了有前景的新方向。

声 明

本研究获得山东省文登整骨医院伦理委员会审核通过(批件号：LL20230812)，患者均签署知情同意书。

基金项目

“基于经筋与肌筋膜理论探讨冲击波联合 PRP 治疗膝骨性关节炎的临床疗效及作用机制”，山东省威海市中医药科技项目(2023N-24)。

“强化腰椎-骨盆-髋关节复合体疗法在‘骨盆前倾-腰椎前凸’型腰腿痛的疗效观察”，山东省威海市中医药科技项目(2025III-14)。

参考文献

- [1] Hunter, D.J. and Bierma-Zeinstra, S. (2019) Osteoarthritis. *The Lancet*, **393**, 1745-1759. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)30417-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)30417-9)
- [2] 周靓靓, 曲冰, 张杰, 等. 基于等速肌力测试探究电针治疗老年膝骨关节炎对下肢肌力的影响研究[J]. 老年医学与保健, 2024, 30(3): 840-845.
- [3] 程亚博. 骨性关节炎患者膝关节等速测试与 Q 角测量研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都体育学院, 2012.
- [4] Kordi Yoosefinejad, A., Samani, M., Jabarifard, F., Setooni, M., Mirsalari, R., Kaviani, F., *et al.* (2021) Comparison of the Prevalence of Myofascial Trigger Points of Muscles Acting on Knee between Patients with Moderate Degree of Knee Osteoarthritis and Healthy Matched People. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, **25**, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.10.012>
- [5] Stecco, C. and Schleip, R. (2016) A Fascia and the Fascial System. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, **20**, 139-140. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.11.012>
- [6] Belk, J.W., Kraeutler, M.J., Houck, D.A., Goodrich, J.A., Dragoo, J.L. and McCarty, E.C. (2020) Platelet-Rich Plasma

- versus Hyaluronic Acid for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *The American Journal of Sports Medicine*, **49**, 249-260. <https://doi.org/10.1177/0363546520909397>
- [7] Park, Y., Kim, J., Ha, C. and Lee, D. (2021) Clinical Efficacy of Platelet-Rich Plasma Injection and Its Association with Growth Factors in the Treatment of Mild to Moderate Knee Osteoarthritis: A Randomized Double-Blind Controlled Clinical Trial as Compared with Hyaluronic Acid. *The American Journal of Sports Medicine*, **49**, 487-496. <https://doi.org/10.1177/0363546520986867>
- [8] Ryskalin, L., Morucci, G., Natale, G., Soldani, P. and Gesi, M. (2022) Molecular Mechanisms Underlying the Pain-Relieving Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy: A Focus on Fascia Nociceptors. *Life*, **12**, Article 743. <https://doi.org/10.3390/life12050743>
- [9] 沃春新, 徐正涛, 秦乐, 等. 体外冲击波治疗大鼠肌筋膜疼痛及其机制初探[J]. 中国疼痛医学杂志, 2018, 24(8): 586-592.
- [10] Kellgren, J.H. and Lawrence, J.S. (1957) Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, **16**, 494-502. <https://doi.org/10.1136/ard.16.4.494>
- [11] Nawaz, H.M.T., Jawwad, M.A., Khan, M.U., Qadir, M.J., Farooq, M.O. and Nawaz, M.H. (2025) Efficacy of Platelet-Rich Plasma Injections in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, **17**, e94288. <https://doi.org/10.7759/cureus.94288>
- [12] (2023) Myofascial Pain and Dysfunction: Diagnostics and Therapy.
- [13] Fortin, C., Feldman, D.E., Tanaka, C., Houde, M. and Labelle, H. (2012) Inter-Rater Reliability of the Evaluation of Muscular Chains Associated with Posture Alterations in Scoliosis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **13**, Article No. 80. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-80>
- [14] Ren, P., Wang, Z., Liang, Z., Xia, S., Yuan, X., Zhou, F., et al. (2025) Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy for Pain and Function in Adults with Knee Osteoarthritis: Protocol for a Placebo-Controlled, Randomized Clinical Trial. *Trials*, **26**, Article No. 139. <https://doi.org/10.1186/s13063-025-08844-4>
- [15] Khadour, F.A., Khadour, Y.A. and Alharbi, N.S.K. (2025) Synergistic Effects of Low-Intensity Pulsed Ultrasound and Extracorporeal Shock Wave Therapy in Knee Osteoarthritis: Clinical Outcomes and Biochemical Mechanisms. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **20**, Article No. 942. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06384-w>
- [16] 魏爱淳, 周永进, 徐旭东, 等. 消肿止痛散外敷联合依托考昔口服治疗对膝骨性关节炎患者血清炎症介质和骨代谢分子水平的影响[J]. 保健医学研究与实践, 2025, 22(6): 32-37.
- [17] 刘翔, 蒋晶晶, 连晓文, 等. 塞来昔布联合硫酸氨基葡萄糖氯化钾配合推拿手法治疗膝骨关节炎的效果及对关节功能与炎症指标的影响[J]. 临床合理用药, 2025, 18(31): 121-124.
- [18] 刘龙, 何万军, 田雪峰. 外骨骼机器人对偏瘫亚急性期患者步行能力及步态生物力学的影响[J]. 保健医学研究与实践, 2024, 21(S1): 68-72.
- [19] 让敏. 膝关节骨性关节炎康复治疗中应用等速肌力训练的效果[J]. 中外医学研究, 2022, 20(14): 167-171.
- [20] 周晶晶, 邓海鹏, 崔海东, 等. 早期开展腓绳肌等速离心训练对前交叉韧带重建术后患者膝关节功能、生物力学和移植形态的影响[J]. 保健医学研究与实践, 2025, 22(6): 84-90.
- [21] 孙鑫, 谢露, 姿本敬, 等. 等速技术在膝骨关节炎防治阶段应用的研究进展[J]. 现代仪器与医疗, 2023, 29(2): 77-82.
- [22] Roelofs, A.J. and De Bari, C. (2024) Osteoarthritis Year in Review 2023: Biology. *Osteoarthritis and Cartilage*, **32**, 148-158. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2023.11.002>
- [23] 佟思含, 黄轶刚, 张长青. 老年退行性关节炎的疼痛机制[J]. 实用老年医学, 2023, 37(10): 989-994.
- [24] Cao, L., Gao, Y., Wu, K., Li, Y., Chen, C. and Yuan, S. (2020) Sympathetic Hyperinnervation in Myofascial Trigger Points. *Medical Hypotheses*, **139**, Article 109633. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109633>
- [25] 杨春, 杜以宽, 李鹏, 等. 人体筋膜组织的神经支配及神经内分泌调控[J]. 解剖学杂志, 2015, 38(3): 361-364.
- [26] 刘志成, 宋健, 张其亮. 体外冲击波与膝关节腔内注射透明质酸钠治疗膝骨关节炎的比较[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(15): 2297-2302.
- [27] Kisch, T., Wuerfel, W., Forstmeier, V., Liodaki, E., Stang, F.H., Knobloch, K., et al. (2016) Repetitive Shock Wave Therapy Improves Muscular Microcirculation. *Journal of Surgical Research*, **201**, 440-445. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.11.049>
- [28] 曾雪琴, 孙银娣, 史达, 等. 基于肌筋膜触发点理论的体外冲击波疗法治疗膝骨性关节炎的临床效果[J]. 临床医学研究与实践, 2022, 7(11): 16-19.
- [29] 杨兴月, 黄圆月, 安松松, 等. 体外冲击波疗法对膝关节骨性关节炎大鼠滑膜和软骨组织炎症因子的影响及机

- 制[J]. 贵州医科大学学报, 2024, 49(1): 48-55.
- [30] 温媛媛, 樊肖冲, 卜慧莲, 等. 自体富血小板血浆关节腔内注射治疗对早中期膝关节炎患者疼痛介质水平的影响[J]. 实用中西医结合临床, 2021, 21(21): 32-33.
- [31] Myers, T.W. (2014) *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists*. 3rd Edition, Elsevier.
- [32] Tyler, T.F., Nicholas, S.J., Mullaney, M.J. and McHugh, M.P. (2006) The Role of Hip Muscle Function in the Treatment of Patellofemoral Pain Syndrome. *The American Journal of Sports Medicine*, **34**, 630-636. <https://doi.org/10.1177/0363546505281808>
- [33] Noehren, B., Schmitz, A., Hempel, R., Westlake, C. and Black, W. (2014) Assessment of Strength, Flexibility, and Running Mechanics in Men with Iliotibial Band Syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, **44**, 217-222. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4991>
- [34] Simental-Mendía, M., Simental-Mendía, L.E., Sánchez-García, A., Sahebkar, A., Jamialahmadi, T., Vilchez-Cavazos, F., *et al.* (2024) Effect of Extracorporeal Shockwave Therapy on Plantar Fascia Thickness in Plantar Fasciitis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **144**, 3503-3516. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05464-6>
- [35] 张衍辉, 王鹏, 焦琳, 等. 膝关节炎患者膝关节屈伸肌群不同角速度等速肌力测试研究[J]. 中国医药指南, 2024, 22(31): 5-7.
- [36] 王希燕, 王洋, 李铁山. 经肌筋膜链进行冲击波治疗足底筋膜炎的效果研究[J]. 解放军医药杂志, 2021, 33(8): 45-48.
- [37] 刘鑫, 邹雨栖, 杨曼, 等. “肌筋膜链理论”在体外冲击波治疗足底筋膜炎中的应用[J]. 中国康复, 2022, 37(3): 189-192.