

# 关节镜下微骨折联合富血小板血浆治疗膝骨关节炎

王晶<sup>1</sup> 李楷凡<sup>2</sup> 何秀明<sup>1</sup> 陈亚影<sup>1</sup> 郑晓宇<sup>1</sup> 王业杨<sup>2</sup>

**【摘要】 目的** 探讨关节镜下微骨折联合富血小板血浆治疗膝骨关节炎的初步临床疗效。**方法** 选取2020年1月至2022年1月中山火炬开发区人民医院骨科收治70例膝骨关节炎患者采取双盲法随机分为实验组和对照组,每组35例。对照组行关节镜下微骨折治疗,实验组在对照组基础之上行富血小板血浆(PRP)凝胶治疗。采用视觉模拟评分(VAS)、西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数(WOMAC)评价两组患者并发症发生情况及手术后患膝3、6、12个月疼痛、活动范围变化,同时对比手术后患膝3、6、12个月的MRI变化。计量资料采用 $t$ 检验或混合效应模型,计数资料采用卡方检验分析。**结果** 治疗后12个月,实验组总有效率为94%,相对于对照组的83%明显增高,差异具有统计学意义( $\chi^2=4.12, P<0.05$ );实验组治疗后3个月时VAS评分与对照组比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。在治疗后6、12个月实验组的VAS评分明显低于对照组(术后6个月: $t=2.163, P=0.038$ ;术后12个月: $t=5.632, P<0.001$ );治疗后3、6、12个月的膝关节WOMAC功能评分均低于对照组(术后3个月: $t=3.463, P=0.001$ ;术后6个月: $t=3.417, P=0.002$ ;术后12个月: $t=4.343, P<0.001$ )。同时治疗后随访12个月时,两组MRI膝关节软骨缺损范围均有不同程度好转。**结论** 中老年膝骨关节炎患者关节镜下微骨折联合富血小板血浆治疗,可明显减轻疼痛,改善膝关节功能,术后恢复良好,值得应用于临床治疗并推广。

**【关键词】** 关节镜; 微骨折; 富血小板血浆; 骨关节炎, 膝

## Arthroscopic microfracture combined with platelet-rich plasma in treatment of knee osteoarthritis

Wang Jing<sup>1</sup>, Li Kaifan<sup>2</sup>, He Xiuming<sup>1</sup>, Chen Yaying<sup>1</sup>, Zheng Xiaoyu<sup>1</sup>, Wang Yeyang<sup>2</sup>. <sup>1</sup>Department of Joint Surgery, Zhongshan Sixth People's Hospital (Zhongshan Torch Development Zone People's Hospital), Zhongshan 528437, China; <sup>2</sup>Orthopedic Center of the Second People's Hospital of Guangdong Province Affiliated to Jinan University, Guangzhou 510320, China

Corresponding author: Wang Yeyang, Email: wyysmu@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the preliminary clinical efficacy of arthroscopic microfracture combined with platelet-rich plasma (PRP) in the treatment of knee osteoarthritis. **Methods** From January 2020 to January 2022, 70 patients with knee osteoarthritis admitted to the orthopedics department of Zhongshan Torch Development Zone People's Hospital were randomly divided into the experimental group and the control group using a double-blind method, 35 cases in each group. The control group underwent arthroscopic microfracture treatment, while the experimental group received PRP gel treatment in addition to the same procedure. The incidence of complications, as well as changes in pain and range of motion of the affected knee at three, six and 12 months after surgery, were compared between the two groups using the visual analogue scale (VAS) and Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis index (WOMAC). MRI changes of the affected knee at three, six and 12 months after surgery were also compared. Continuous data were analyzed using  $t$  test or mixed-effect model, and categorical data were analyzed by  $\chi^2$  test. **Results** At 12 months after treatment, the

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2026.01.016

基金项目: 中山市科技局社会公益与基础研究重点项目(2022B3014); 广州市科技计划项目(2023A03J0266)

作者单位: 528437 中山市第六人民医院(中山火炬开发区人民医院)关节外科<sup>1</sup>; 510320 广州,暨南大学附属广东省第二人民医院骨科中心<sup>2</sup>

通信作者: 王业杨, Email: wyysmu@163.com

total effective rate in the experimental group was 94%, which was significantly higher than that (83%) of the control group, with a statistically significant difference ( $\chi^2=4.12, P<0.05$ ). There was no statistically significant difference in VAS scores between the experimental group and the control group at three months after treatment ( $P>0.05$ ). VAS scores in the experimental group were significantly lower than those in the control group at six and 12 months after treatment (six months:  $t=2.163, P=0.038$ ; 12 months:  $t=5.632, P<0.001$ ). WOMAC functional scores of the knee in the experimental group were lower than those in the control group at three, six and 12 months after treatment (three months:  $t=3.463, P=0.001$ ; six months:  $t=3.417, P=0.002$ ; 12 months:  $t=4.343, P<0.001$ ). Furthermore, at the 12-month follow-up after treatment, MRI showed varying degrees of improvement in the range of knee cartilage defects in both groups. **Conclusions** For middle-aged and elderly patients with knee osteoarthritis, arthroscopic microfracture combined with PRP treatment can significantly alleviate pain, improve knee joint function, and promote favorable postoperative recovery. This approach is worthy of clinical application and promotion.

**【Key words】** Arthroscopy; Microfracture; Platelet-rich plasma; Osteoarthritis, knee

膝关节骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)影响全球约2.6亿人,是常见致残性疾病。现有非手术治疗效果有限,且可能存在明显副作用<sup>[1]</sup>。富血小板血浆(platelet rich plasma, PRP)作为一种含多种生长因子的自体生物制剂,具有调节OA病理过程的潜力,但单纯关节腔注射难以有效浸润至软骨下骨,修复作用受限<sup>[2]</sup>。本研究采用关节镜下微骨折联合PRP凝胶植入的治疗方式,旨在提高PRP在损伤局部的滞留与释放,初步临床效果良好,现报告如下。

## 资料与方法

### 一、一般资料

选取2020年1月至2022年1月中山火炬开发区人民医院骨科收治的70例KOA行关节镜下微骨折治疗患者。根据随机数字表法,分为对照组(骨髓刺激)和实验组(骨髓刺激+PRP),各35例患者。本研究经中山火炬开发区人民医院伦理委员会批准[意见(2022)-004],患者均自愿参与本研究,其或家属均签署知情同意。

纳入标准:(1)符合影像学分级Kellgren-Lawrence(K-L)分级Ⅱ~Ⅲ级KOA的诊断标准<sup>[3]</sup>;(2)年龄45~75岁;(3)入组前1周内未服用非甾体抗炎药等药物;(4)视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)≥4分;(5)膝关节疼痛、乏力、经3个月正规保守治疗无效。

排除标准:(1)近3个月内进行过其他临床试验者;(2)有手术或关节镜治疗史患者;(3)凝血功能不良患者;(4)合并类风湿性关节炎、风湿性关节炎、关节感染患者;(5)合并严重心、肝、肾

功能不全或肿瘤患者。

### 二、方法

所有患者均行膝关节镜下微骨折术。麻醉后取仰卧位,建立标准关节镜入路,清理增生滑膜与病变组织,使用2.0 mm克氏针于软骨缺损区钻孔(深5 mm,间距2 mm),术毕留置引流并包扎。术后指导患者进行股四头肌训练。

实验组在此基础上植入PRP凝胶:采用二次离心法制备PRP<sup>[4]</sup>,加入凝血酶激活后形成凝胶,关节镜下精准推注至软骨缺损区。术中应用亚甲蓝示踪,术后3 d超声显示凝胶滞留率达(95.2±3.1)%,术后2 d引流量<5 ml/d,提示凝胶留存稳定。所有手术由同一医生完成。

### 三、主要观察指标

记录治疗前及治疗后3、6、12个月患膝疼痛、活动范围变化,采用VAS评分法、膝关节西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数量表(Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis index, WOMAC)功能评分进行评价。分别于两组治疗前、治疗后12个月行患膝MRI检查,判断膝关节软骨缺损范围有无形态变化。同时记录患者不良反应及并发症发生情况。

### 四、临床疗效评定标准

于术后12个月根据以下复合标准对临床疗效进行评定。

治愈:膝关节疼痛基本消失,活动无障碍。VAS评分减少≥75%,且WOMAC总分减少≥70%。

显效:膝关节疼痛明显减轻,活动轻度受限。50%≤VAS评分减少但<75%,或50%≤WOMAC总分减少<70%。

有效: 膝关节疼痛有所减轻, 活动仍部分受限。VAS 评分减少  $\geq 25\%$  但  $< 50\%$ , 和 / 或 WOMAC 总分减少  $\geq 25\%$  但  $< 50\%$ 。

无效: 膝关节疼痛及活动受限无明显改善或加重。VAS 评分减少  $< 25\%$ , 且 WOMAC 总分减少  $< 25\%$ 。

总有效率 = (治愈例数 + 显效例数 + 有效例数) / 总例数  $\times 100\%$ 。

### 五、统计学分析

采用 IBM SPSS Statistic 27.0 软件进行统计分析。等级资料(临床疗效分级、K-L 分级)采用 Mann-Whitney U 检验, 分类资料(性别、患侧、总有效率)用卡方检验; 重复测量数据的计量资料(VAS 评分、WOMAC 评分)符合正态分布采用  $\bar{x} \pm s$  描述, 混合效应模型(mixed-effects model)的时间-组别交互作用检验各时间点差异。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

### 一、两组基线资料比较

两组患者年龄、性别、侧别、身体质量指数(body mass index, BMI)、VAS 评分及 WOMAC 评分

等指标差异无统计学意义(均为  $P > 0.05$ )(表 1)。入组患者按 K-L 分级标准: II 级 28 例、III 级 42 例; 其中实验组 K-L 分级 II 级 13 例、III 级 22 例, 对照组 K-L 分级 II 级 15 例、III 级 20 例, 两组分级分布差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.32, P > 0.05$ ), 具有可比性。

### 二、临床疗效比较

两组研究过程中, 严格筛选依从性较高的患者入组, 患者均没有出现退出或失访现象, 未出现严重并发症及病情恶化现象。治疗后 12 个月, 实验组的总有效率为 94%, 明显高于对照组的 83%, 差异有统计学意义( $\chi^2 = 4.12, P < 0.01$ )(表 2)。

### 三、两组患者膝关节疼痛及功能比较

两组治疗后各时间点的 VAS 疼痛评分与膝关节 WOMAC 功能评分均较前有不同程度的改善, 实验组治疗后 3 个月时 VAS 评分与对照组比较未见明显差异( $P > 0.05$ ), 实验组在治疗后 6、12 个月的 VAS 评分明显低于对照组( $t = 2.163, P = 0.038$ ), 治疗后 3、6、12 个月的膝关节 WOMAC 功能评分均低于对照组(治疗后 3 个月:  $t = 3.463, P = 0.001$ ; 治疗后 6 个月:  $t = 3.417, P = 0.002$ ; 治疗后 12 个月:  $t = 4.343, P < 0.001$ )(表 3~4)。

表 1 两组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between two groups

组别 Groups	例数 Case number	性别 Gender		年龄[岁, ( $\bar{x} \pm s$ )] Age(year)	侧别 Side		BMI [kg/m <sup>2</sup> , ( $\bar{x} \pm s$ )]	VAS ( $\bar{x} \pm s$ )	WOMAC ( $\bar{x} \pm s$ )
		男 Male	女 Female		左 Left	右 Right			
对照组 Control group	35	15	20	57.3 $\pm$ 7.4	16	19	21.6 $\pm$ 1.7	5.4 $\pm$ 0.6	86.7 $\pm$ 6.3
实验组 Experimental group	35	12	23	58.7 $\pm$ 6.1	16	19	21.8 $\pm$ 1.5	5.7 $\pm$ 0.9	85.3 $\pm$ 6.6
<i>t</i> 值		-0.809		-0.729	0		-0.519	3.618	0.894
<i>P</i> 值		>0.05		>0.05	>0.05		>0.05	>0.05	>0.05

注: BMI-身体质量指数; VAS-视觉模拟评分; WOMAC-西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数

Note: BMI-body mass index; VAS-visual analogue scale; WOMAC- Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis index

表 2 两组患者的临床疗效比较

Table 2 Comparison of clinical efficacy in two groups

组别 Groups	例数 Case number	治愈 Cure	显效 Significant effect	有效 Effective	无效 Noneffective	总有效率[n(%)] Overall efficiency
对照组 Control group	35	5	15	9	6	29(83)
实验组 Experimental group	35	10	13	10	2	33(94)
$\chi^2$ 值						4.12
<i>P</i> 值						<0.01

表3 两组患者治疗前后VAS评分比较[分, ( $\bar{x}\pm s$ )]

Table 3 Comparison of VAS between two groups before and after treatment

组别 Groups	例数 Case number	治疗前 Before treatment	治疗后3个月 Three months after treatment	治疗后6个月 Six months after treatment	治疗后12个月 12 months after treatment
对照组 Control group	35	5.4±0.6	3.3±0.9	2.2±0.6	1.9±0.5
实验组 Experimental group	35	5.7±0.9	3.0±0.7	1.8±0.7	1.2±0.4
<i>t</i> 值		-1.575	1.276	2.163	5.632
<i>P</i> 值		>0.05	>0.05	0.038	<0.001

注: VAS-视觉模拟评分

Note: VAS-visual analogue scale

表4 两组患者治疗前后WOMAC评分比较[分, ( $\bar{x}\pm s$ )]

Table 4 Comparison of WOMAC between two groups before and after treatment

组别 Groups	例数 Case number	治疗前 Before treatment	治疗后3个月 Three months after treatment	治疗后6个月 Six months after treatment	治疗后12个月 12 months after treatment
对照组 Control group	35	87±6	61±9	53±8	46±6
实验组 Experimental group	35	85±7	54±8	47±7	40±6
<i>t</i> 值		0.894	3.463	3.417	4.343
<i>P</i> 值		>0.05	0.001	0.002	<0.001

注: WOMAC-西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数

Note: WOMAC- Western Ontario and McMaster Universities osteoarthritis index

#### 四、两组患者影像学评估结果比较

治疗后随访12个月时, 两组MRI膝关节软骨缺损范围均有不同程度好转。例如, 实验组中1例患者的术前软骨缺损面积15.2 mm<sup>2</sup>, 术后12个月缩小至4.3 mm<sup>2</sup> (T2值从55 ms降至35 ms)。对照组亦可见修复征象, 其中1例患者软骨缺损由14.8 mm<sup>2</sup>减少至6.7 mm<sup>2</sup>, T2值由58 ms降至42 ms。MRI影像改善趋势一致, 但因样本量限制及修复表现异质性, 未进行组间定量缺损面积的统计学比较。

### 讨论

微骨折术是治疗软骨损伤的常用技术, 具有成本低、操作简便的优势, 适用于小范围软骨病灶<sup>[5]</sup>。本研究纳入K-L II-III级、存在局灶性软骨缺损的患者, 符合其常规适应症。该技术通过穿透软骨下骨板诱导血凝块形成, 募集骨髓间充质干细胞(bone marrow mesenchymal stem cells, BMSCs)进行修复<sup>[6]</sup>。然而, 单纯微骨折生成的纤维软骨力学性能欠佳, 易受关节液冲刷, 且有损伤软骨下骨、导致骨质过度增生或囊肿形成的风险<sup>[7]</sup>。

动物实验表明, PRP联合微骨折能有效促进软骨修复<sup>[8-9]</sup>。本研究结果与之相符, 显示联合治疗在术后6、12个月的VAS评分, 以及术后各时间点的WOMAC功能评分均显著优于单纯微骨折组, 证实其能有效缓解疼痛并促进功能恢复。该疗法主要适用于本研究所纳入的轻中度、局灶性全层软骨缺损患者<sup>[8-9]</sup>, 对于K-L IV级重症患者的疗效尚不明确<sup>[7, 10]</sup>。

本研究证实, 关节镜下微骨折联合PRP凝胶可显著缓解轻中度KOA患者的疼痛并改善功能。其核心机制在于PRP凝胶在缺损区形成局部缓释系统, 持续释放高浓度生长因子。这些因子不仅能促进BMSCs增殖分化<sup>[11]</sup>, 还可抑制滑膜炎与基质降解<sup>[8]</sup>, 从而构建有利于软骨再生的微环境。微骨折提供的“物理支架”与PRP的“生物活性因子”协同作用, 是联合疗法取得更优远期疗效的关键。

实验组在术后3个月时VAS评分与对照组无差异, 但6个月后疼痛与功能改善均显著优于对照组。这表明PRP的修复作用始于微骨折初期之后, 重在长期组织重塑而非短期消炎, 与动物实验提示的关

键时间窗相符<sup>[8]</sup>。尽管两组 MRI 均显示软骨好转,但实验组更高的临床有效率提示, PRP 可能通过促进形成更优质的修复组织来延缓疾病进展<sup>[9]</sup>。

综上所述,关节镜下微骨折联合 PRP 可有效缓解 KOA 患者疼痛、改善功能,尤其适用于 K-L II-III 级患者<sup>[12]</sup>。该联合术式操作便捷,未增加并发症,且相较于多次 PRP 注射可能更具成本效益<sup>[13]</sup>,适合临床推广。本研究局限性包括样本量较小、随访时间较短,且未明确 PRP 制备的关键参数<sup>[14-15]</sup>。未来需通过大样本、长周期研究进一步规范治疗方案。

### 参 考 文 献

- [1] Bennell KL, Paterson KL, Metcalf BR, et al. Effect of intra-articular platelet-rich plasma vs placebo injection on pain and medial tibial cartilage volume in patients with knee osteoarthritis: the RESTORE randomized clinical trial[J]. JAMA, 2021, 326( 20 ): 2021 - 2030.
- [2] Werner BC, Cancienne JM, Browning R, et al. An analysis of current treatment trends in platelet-rich plasma therapy in the medicare database[J/OL]. Orthop J Sports Med, 2020, 8( 2 ): 2325967119900811. DOI:10.1177/2325967119900811.
- [3] 中华医学会骨科分会关节外科学组, 吴阶平医学基金会骨科专家委员会. 膝关节炎阶梯治疗专家共识(2018年版) [J/OL]. 中华关节外科杂志(电子版), 2019, 13( 1 ): 124 - 130.
- [4] Oo WM, Little C, Duong V, et al. The development of disease-modifying therapies for osteoarthritis ( DMOADs ): the evidence to date[J]. Drug Des Devel Ther, 2021, 15: 2921 - 2945.
- [5] Medina J, Garcia-Mansilla I, Fabricant PD, et al. Microfracture for the treatment of symptomatic cartilage lesions of the knee: a survey of international cartilage regeneration & joint preservation society[J]. Cartilage, 2021, 13( 1\_suppl ): 1148S - 1155S.
- [6] Boffa A, Previtali D, Altamura SA, et al. Platelet-rich plasma augmentation to microfracture provides a limited benefit for the treatment of cartilage lesions: a meta-analysis[J/OL]. Orthop J Sports Med, 2020, 8( 4 ): 2325967120910504. DOI:10.1177/2325967120910504.
- [7] Beck A, Murphy DJ, Carey-Smith R, et al. Treatment of articular cartilage defects with microfracture and autologous matrix-induced chondrogenesis leads to extensive subchondral bone cyst formation in a sheep model[J]. Am J Sports Med, 2016, 44( 10 ): 2629 - 2643.
- [8] Slimi F, Zribi W, Trigui M, et al. The effectiveness of platelet-rich plasma gel on full-thickness cartilage defect repair in a rabbit model[J]. Bone Joint Res, 2021, 10( 3 ): 192 - 202.
- [9] Milano G, Sanna Passino E, Deriu L, et al. The effect of platelet rich plasma combined with microfractures on the treatment of chondral defects: an experimental study in a sheep model[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2010, 18( 7 ): 971 - 980.
- [10] Mahamat Abdramane A, Abdirahman A, Opoku M, Fang M, Li Y, Yang X, Xiao W. Effectiveness of platelet-rich plasma plus microfracture compared with microfracture alone in the treatment of knee cartilage lesions: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. Int J Surg. 2026 Jan 12. doi: 10.1097/JS9.0000000000004610. Epub ahead of print. PMID: 41427522.
- [11] Fice MP, Miller JC, Christian R, et al. The role of platelet-rich plasma in cartilage pathology: an updated systematic review of the basic science evidence[J]. Arthroscopy, 2019, 35( 3 ): 961 - 976.e3.
- [12] 任弘. 富血小板血浆用于距骨软骨损伤治疗中的效果[J/OL]. 中华关节外科杂志(电子版), 2021, 15( 6 ): 687 - 692.
- [13] Rajan PV, Ng MK, Klika A, et al. The cost-effectiveness of platelet-rich plasma injections for knee osteoarthritis: a Markov decision analysis[J/OL]. J Bone Joint Surg Am, 2020, 102( 18 ): e104. DOI:10.2106/JBJS.19.01446.
- [14] Le ADK, Enweze L, DeBaun MR, et al. Current clinical recommendations for use of platelet-rich plasma[J]. Curr Rev Musculoskelet Med, 2018, 11( 4 ): 624 - 634.
- [15] 伍卫刚, 吴浩波. 富血小板血浆联合手术治疗膝关节炎复合半月板损伤[J/OL]. 中华关节外科杂志(电子版), 2021, 15( 3 ): 369 - 372.

(收稿日期: 2025 - 07 - 08)

(本文编辑: 张姝江、陈晓玲)

王晶, 李楷凡, 何秀明, 等. 关节镜下微骨折联合富血小板血浆治疗膝骨关节炎[J/OL]. 中华关节外科杂志(电子版), 2026, 20( 1 ): 122 - 126.