

· 荟萃分析 ·

## 富血小板血浆在软骨损伤微骨折治疗的荟萃分析<sup>△</sup>

吴维勇<sup>1</sup>, 彭兵<sup>1</sup>, 王业林<sup>2</sup>, 邢鹏<sup>2</sup>, 哈斯<sup>2</sup>, 王晓岚<sup>2</sup>, 郑雷刚<sup>2\*</sup>, 郁金岗<sup>2</sup>

(1. 天津中医药大学, 天津 301617; 2. 内蒙古自治区中医医院骨伤科, 内蒙古呼和浩特 010000)

**摘要:** [目的] 系统评价关节镜下微骨折联合富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 与单纯微骨折治疗关节软骨损伤的临床疗效。[方法] 计算机检索 2021 年 12 月 26 日以前 PubMed、Embase、Cochrane、知网、万方、维普以及中国生物文献数据库中微骨折联合富含血小板血浆与单纯微骨折治疗软骨损伤的临床对照研究。根据纳入和排除标准, 进行文献筛查、数据提取并评价其方法学质量。采用 RevMan 5.3 软件对术后疼痛评分及关节功能评分进行分析。[结果] 最终纳入 9 篇文献, 共 307 例软骨损伤患者, 其中 PRP 组 158 例, 非 PRP 组 149 例。荟萃分析结果显示: PRP 组术后 6、12、24 个月 VAS 评分均显著低于非 PRP 组 ( $P<0.05$ ); PRP 组术后 12、24 个月膝关节 IKDC 评分均显著高于非 PRP 组 ( $P<0.05$ )。末次随访时 (平均 21.4 个月) PRP 组踝关节 AOFAS 评分显著高于非 PRP 组 ( $P<0.05$ )。[结论] 联合 PRP 治疗可以在微骨折术的基础上进一步缓解关节疼痛, 改善关节功能, 起到增强微骨折术治疗效果的作用。

**关键词:** 骨性关节炎, 软骨缺损, 富血小板血浆, 微骨折, 荟萃分析

**中图分类号:** R683      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2023) 08-0700-05

**Microfracture combined with platelet rich plasma for cartilage injury: A meta analysis** // WU Wei-yong<sup>1,2</sup>, PENG Bing<sup>1</sup>, WANG Ye-lin<sup>2</sup>, XING Peng<sup>2</sup>, HA Si<sup>2</sup>, WANG Xiao-lan<sup>2</sup>, ZHENG Lei-gang<sup>2</sup>, YU Jin-gang<sup>2</sup>. 1. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China; 2. Department of Chinese Medical Orthopedics, Traditional Chinese Medicine Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010000, China

**Abstract: [Objective]** To compare the clinical outcomes of microfracture combined with platelet-rich plasma (PRP) versus microfracture only for treatment of cartilage lesions. **[Method]** The data bases, such as Cochrane Library, PubMed, Web of science, EMBASE, CNKI, Wanfang Data and CBM Data were searched for papers comparing clinical outcomes of microfracture combined with PRP versus microfracture only for cartilage lesions from the setting up to December 2021. After literature screening, quality assessment, and data extraction were conducted to meet the inclusion and exclusion criteria, Rev-Man 5.3 was used to perform the meta-analysis of the parameters related to clinical consequences. **[Results]** A total of 9 articles were enrolled in this study, involving 307 patients with cartilage lesions, including 158 cases in the PRP group and 149 cases in the non-PRP group. As results of the meta-analysis, the PRP group proved significantly superior to the non-PRP group in term of VAS scores at 6, 12 and 24 months after surgery ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ ;  $P=0.11$ ). The PRP group proved significantly superior to the non-PRP group in term of IKDC scores at 12 and 24 months after surgery ( $P<0.001$ ;  $P<0.001$ ). The PRP group proved significantly superior to the non-PRP group in AOFAS scores at the final follow-up lasted for 21.4 months on a mean ( $P<0.001$ ). **[Conclusion]** Microfracture combined with PRP does further relieve joint pain and improve joint function, which plays a role in enhancing the therapeutic effect of microfracture.

**Key words:** osteoarthritis, cartilage defect, platelet rich plasma, microfracture, meta-analysis

骨关节炎 (osteoarthritis, OA) 是世界范围内最常见的关节病变, 关节的长期超负荷会导致关节软骨的破坏, 从而引发炎症, 这随后导致关节疼痛、肿胀、活动受限<sup>[1, 2]</sup>。由于关节内透明软骨处于高压力和低

氧、低营养环境中, 限制了软骨的自我修复<sup>[3]</sup>。表浅的软骨损伤的愈合潜力较差, 反而触及到软骨下骨的全层损伤可能形成纤维软骨组织, 所以软骨-软骨下骨相互作用的渗透似乎在软骨修复中起重要作用。微

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.08.06

**△基金项目:** 内蒙古自然科学基金项目 (编号: 2017MS08163); 2022 年度自治区健康科技计划项目 (编号: 202201122); 内蒙古医科大学科技百万工程联合项目 (编号: YKD2020KJBWLH050)

**作者简介:** 吴维勇, 博士研究生, 研究方向: 中西医结合治疗骨科疾病, (电话) 18822025661, (电子信箱) wwy20213013@163.com

**\* 通信作者:** 郑雷刚, (电话) 13674888460, (电子信箱) zhengleigang2000@163.com

骨折术作为局部软骨缺损的一线治疗方法，其技术原理是在软骨缺损处对软骨下骨板进行简单的穿孔，以诱导出血并随后形成纤维蛋白凝块填充缺损，骨髓间充质干细胞迁移到凝块中并促进修复组织的形成<sup>[4]</sup>。但是微骨折术后形成的是以 I 型胶原为主的纤维软骨，其生物力学强度较正常的透明软骨组织差，有部分患者术后一段时间又会出现疼痛等症状，甚至需要再次手术<sup>[5]</sup>。近些年，研究人员一直尝试将微骨折术与新的治疗方式相结合，以提高软骨组织质量和耐久性<sup>[6]</sup>。富含血小板的血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 能够释放一系列生长因子，在构建更高质量的软骨中具有重要作用，在增强微骨折术治疗效果方面显示出巨大的潜力<sup>[7]</sup>。但微骨折联合 PRP 应用的效果和安全性尚未得到广泛共识。因此，这项荟萃分析纳入微骨折术联合 PRP 与单纯微骨折术的对比研究，评估最后的安全性和临床效果，为 PRP 是否能增强微骨折术的临床效果提供证据。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 研究对象：性别、侧别不限，有关节疼痛症状，MRI 诊断软骨损伤或缺损，并且缺损面积 $<4\text{ cm}^2$ ；(2) 干预措施：PRP 组为关节镜下微骨折术联合 PRP 治疗；(3) 对照措施：非 PRP 组为单纯关节镜下微骨折术治疗；(4) 结局指标：术后视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、国际膝关节委员会评估表评分 (International Knee Documentation Committee, IKDC) 和踝-后足评分系统评分 (The American Orthopaedic Foot & Ankle Society, AOFAS)；(5) 研究类型：所有随机对照研究和其他观察类研究，有完整数据资料，语言、国家无限制。

排除标准：(1) 动物实验研究；(2) 综述和系统评价类研究；(3) 缺乏对照组的研究；(4) 文献数据不完整 (会议摘要等) 的研究。

### 1.2 检索策略

计算机检索 PubMed、Embase 数据库和 Cochrane 图书馆、知网、万方、维普以及中国生物文献数据库检索时间为 2021 年 12 月 26 日以前，同时手工查阅相关骨科杂志等近 5 年发表的文章。文献检索使用医学主题词 (Mesh) 和相应的自由词进行。中文检索词为“微骨折”、“富血小板血浆”、“软骨损伤”、“关节炎”。英文检索使用的搜索词是 (Mesh: Arthroplasty, Subchondral 和自由词: microfracture, MFX,

bone marrow stimulation); (Mesh: Platelet-Rich Plasma 和自由词: platelet-rich plasma, PRP, platelet derived); (Mesh: Osteoarthritis 和自由词: Osteoarthritis, osteoarthritis, Osteoarthrosis)。

### 1.3 文献筛选、数据提取与评估

本研究数据提取、转换和分析的方法参考 Cochrane 系统评价手册<sup>[8]</sup>。两位评论作者分别提取了相关数据。数据包括作者、发表年份、研究类型、涉及的关节、干预措施、结局测量、随访时间、主要结果、不良事件和参与者特征 (如性别、年龄)。两位作者独立评估了每项研究的偏倚风险和质量，如果不能协商一致意见，则由第 3 位审查作者决定。随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT) 根据 Cochrane 偏倚风险评估标准进行方法学质量评价<sup>[8]</sup>，包括随机序列的产生 (选择偏倚)；分配隐藏 (选择偏倚)；所有研究参与者和人员采用盲法 (执行偏倚)；结局测量的盲法 (观察偏倚)；结局数据的完整性 (失访偏倚)；选择性报告研究结果 (报告偏倚)；其他偏倚等 7 个方面进行方法学质量评估。非随机对照试验研究选用纽卡斯尔-渥太华量表 (Newcastle-Ottawa Scale, NOS) 作为方法学质量评价标准<sup>[9]</sup>。

### 1.4 统计学方法

使用 Cochrane 协作网提供的 RevMan 5.3 软件进行荟萃分析。计数资料采用均数差 (mean difference, MD) 为效应指标和 95% 可信区间 (confidence interval, CI) 作为效应量进行汇总分析，以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。各研究间的异质性分析采用卡方检验及  $I^2$  进行统计学分析，若各研究间不存在异质性 ( $P\geq 0.05$ ,  $I^2<50\%$ ) 采用固定效应模型；相反，若研究间存在异质性 ( $P<0.05$ ,  $I^2\geq 50\%$ )，则采用随机效应模型，必要时采用敏感性分析，以确定其稳定性。对数据无法进行合并分析时进行描述性分析。

## 2 结果

### 2.1 检索结果

共检索出 336 篇文献，经过初步筛查去除重复文献 63 篇，阅读文题、摘要后再次排除 246 篇与本系统评价的目的、对象及干预措施无关的文献。剩余的 27 篇文献经过阅读全文后，10 篇动物实验文献被排除，3 篇综述型文献被排除，3 篇因未设置对照组而被排除，另 2 篇数据不全。最终纳入 9 篇文献。文献筛选流程见图 1。

### 2.2 纳入研究基本特征

经过筛选，最终纳入 9 项文献<sup>[10-18]</sup>，5 篇为 RCT 研究，4 篇非 RCT 研究，共 307 例软骨损伤患者，其中 PRP 组患者 158 例，非 PRP 组患者 149

例。共纳入 162 例患膝，145 例患踝，纳入研究的一般资料见表 1。经文献质量评价，上述文献质量中等偏上，可以纳入荟萃分析。

表 1 纳入文献一般资料

作者, 年	类型	部位	非 PRP 组 (例)	PRP 组 (例)	非 PRP 组 (例, 男/女)	PRP 组 (例, 男/女)	结局指标
Lee 2013	RCT	膝	25	24	15/10	14/10	①②③
Manco 2016 <sup>[13]</sup>	CS	膝	13	14	-	-	①②
Manunta 2013 <sup>[15]</sup>	RCT	膝	10	10	9/11	9/11	①②
Papalia 2016 <sup>[17]</sup>	CS	膝	17	19	6/11	9/10	①②⑤
Nguyen 2017 <sup>[16]</sup>	CS	膝	15	15	3/12	3/12	①③⑤
Guney 2015 <sup>[12]</sup>	RCT	踝	16	19	9/7	7/12	①④
Guney 2016 <sup>[11]</sup>	CS	踝	19	22	10/9	11/11	①④
Gormeli 2015 <sup>[10]</sup>	RCT	踝	13	13	8/5	5/8	①④
杨金杰 2020 <sup>[18]</sup>	RCT	踝	21	22	13/8	12/10	①④⑤

注: RCT=临床随机对照研究, CS=队列研究, PRP=富含血小板的血浆, ①视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS); ②国际膝关节委员会评估表评分 (International Knee Documentation Comitee, IKDC); ③膝关节 Lysholm 评分; ④美国骨科协会足踝外科分会评分 (The American Orthopaedic Foot & Ankle Society, AOFAS); ⑤核磁共振成像复查软骨形态

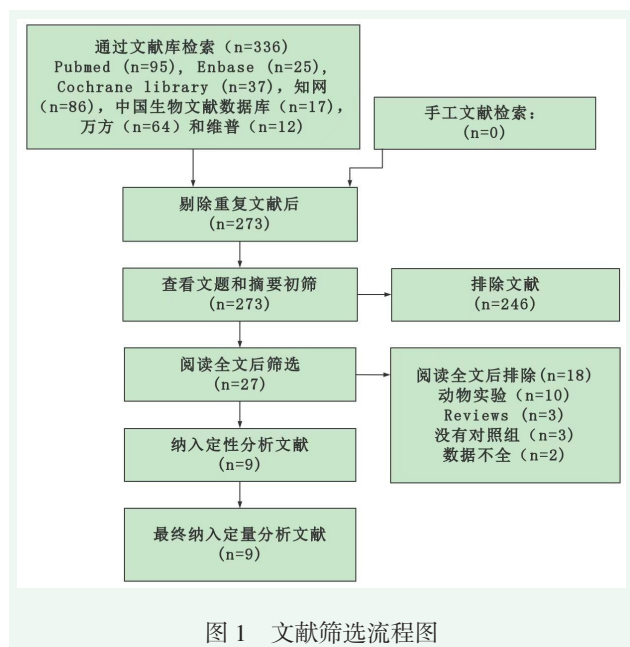


图 1 文献筛选流程图

## 2.3 荟萃分析结果

### 2.3.1 术后 VAS 评分

9 篇文献<sup>[10-18]</sup> 均对术后 VAS 评分进行统计，各组间存在异质性，治疗后 6 个月 ( $I^2=35%$ ,  $P=0.200$ )、12 个月 ( $I^2=74%$ ,  $P<0.001$ )、24 个月 ( $I^2=0%$ ,  $P=0.370$ )，采用随机效应模型，结果显示，相比非 PRP 组，PRP 组在缓解关节疼痛方具有更好的优势，且差异具有统计学意义 [ $MD=-0.60$ , 95% CI (-0.90, 0.30),  $P<0.001$ ]、 $[MD=-1.04$ , 95% CI (-1.48, -0.61),  $P<0.001$ ]、 $[MD=-1.16$ , 95% CI (-

1.64, -0.68),  $P=0.001$ ]。

### 2.3.2 术后 IKDC 评分

4 篇文献<sup>[13-15, 17]</sup> 对术后 12 个月的 IKDC 评分进行统计，其中 PRP 组 67 例；非 PRP 组 65 例，各组间无异质性，治疗后 12 个月 ( $I^2=44%$ ,  $P=0.170$ )，24 个月 ( $I^2=0%$ ,  $P=0.690$ )，采用固定效应模型，结果显示，相比非 PRP 组，PRP 组可获得更好的膝关节功能，且差异具有统计学意义 [ $MD=8.20$ , 95% CI (5.12, 11.27),  $P<0.001$ ]； $[MD=11.18$ , 95% CI (4.65, 17.71),  $P<0.001$ ]。

### 2.3.3 术后 AOFAS 评分

4 篇文献<sup>[10-12, 18]</sup> 对末次随访 (平均 21.4 个月) 的 AOFAS 评分进行统计，其中 PRP 组 76 例；非 PRP 组 69 例，各组间存在异质性 ( $I^2=83%$ ,  $P<0.001$ )，采用随机效应模型，结果显示，相比非 PRP 组，PRP 组可获得更好的踝关节功能，且差异具有统计学意义 [ $MD=11.98$ , 95% CI (5.59, 18.38),  $P<0.001$ ]。

### 2.3.4 软骨修复形态检测

4 项研究<sup>[13, 16-18]</sup> 对新生软骨形态进行复查，其中 Nguyen 等<sup>[16]</sup> 复查 MRI 结果显示微骨折联合富血小板血浆治疗后 12 个月，修复的软骨层明显增厚；Papalia<sup>[17]</sup> 5 年后对患者进行的 MRI 扫描显示，微骨折联合 PRP 组有 13% 患者软骨完全覆盖，63% 患者的软骨覆盖率 >50%，而非 PRP 组没有患者出现软骨完全覆盖，23% 患者软骨覆盖率超过 50%，17% 患者

有软骨下骨质暴露。Yang<sup>[18]</sup>对患者进行MRI复查发现,手术12个月后两组患者再生软骨均填充良好。Lee<sup>[13]</sup>在末次随访时,每组各选19例患者进行关节镜复查,结果发现,PRP组术后修复的新生软骨可以达到正常软骨水平约80%的强度,但是非PRP组只能达到正常软骨50%的强度。

### 2.3.5 发表偏倚

以涉及文献最多的术后12个月VAS评分为例分析发表偏倚,共有8篇文献纳入研究漏斗图,漏斗图显示纳入的研究大致呈左右对称的倒漏斗状分布,提示本系统评价纳入的文献发表偏倚并不明显。

## 3 讨论

对于面积 $<4\text{ cm}^2$ 的软骨损伤,微骨折技术通过对软骨下骨造成损伤,刺激骨髓细胞产生修复组织,可填补缺损<sup>[19]</sup>。但微骨折术后促进纤维软骨生长,其耐久性和抵抗力远不如天然透明软骨。所以如何改善微骨折技术从而产生更坚固耐用的软骨是研究热点<sup>[20]</sup>。关节腔内注射PRP是增强微骨折手术效果一种辅助方法,但是关于该技术的有效性和安全性没有被广泛接受,本研究全面整理相关文献,系统评价PRP是否能增强微骨折的治疗效果。

通过本荟萃分析结果发现,相比非PRP组,PRP组治疗后的VAS疼痛评分更低,IKDC膝关节功能评分与AOFAS踝关节功能评分更高,并且差异均具有统计学意义( $P<0.001$ )。本研究证明联合PRP注射可以在微骨折术的基础上进一步缓解病损关节的疼痛,并且有助于获得更好的关节功能。关节软骨损伤后会释放大量的炎性介质,炎性介质与组织的伤害性感受器受体相结合,导致外周致敏,引发疼痛。宿显良等<sup>[21]</sup>研究证明,PRP中富含生长因子和炎性调节剂,可以抑制TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 等参与软骨退变的炎性因子水平,从而有效控制疼痛,改善关节功能。除了PRP的抗炎作用,PRP可以协助微骨折发挥软骨修复作用。微骨折术后的形成的纤维软骨中蛋白聚糖含量更少,随着关节的进一步机械负荷,II型胶原水平随之降低,最终转化为以I型胶原为主的瘢痕组织。PRP注射后会分泌高浓度的生长因子,有增加软骨细胞增殖、维持透明样软骨形成表型的作用,可以促进损伤区域软骨的再生<sup>[22]</sup>。而且PRP中的生长因子还可以促进细胞外基质的生物合成,如蛋白多糖的表达和II型胶原沉积,可以弥补微骨折术后再生软骨中II型胶原的缺失,改善微骨折术后纤维软骨

抗压能力差的不足,从而降低由软骨损伤带来的关节疼痛,提高关节功能<sup>[23]</sup>。

本次纳入的研究中共有4项研究进行了术后的软骨形态复查,在MRI复查中,Nguyen<sup>[16]</sup>与Papalia<sup>[17]</sup>的研究发现PRP组形成的软骨轮廓与厚度优于非PRP组。Lee<sup>[13]</sup>通过关节镜对患者进行复查发现,经过PRP联合治疗后修复的新生软骨的强度更加接近正常软骨水平。PRP的增强效果在动物实验中同样得到了证实。Fortier等<sup>[24]</sup>利用马模型证明,与单独微骨折相比,PRP与微骨折联合使用可以更好地填充骨缺损处,从而改善全层软骨缺损的愈合。Milano等<sup>[25]</sup>采用绵羊软骨病变模型进行研究,发现与单纯微骨折相比,微骨折联合PRP治疗6个月后再生后软骨的国际软骨修复学会(International Cartilage Repair Society, ICRS)评分更高,宏观、组织学和生物力学结果明显更好。这也说明了PRP具有增强微骨折术修复软骨的质量的潜力,这一点在疼痛缓解与关节功能的恢复上也得到了侧面验证。

本研究的局限性:(1)关于PRP的制备标准、注射次数,注射周期等尚无统一标准,纳入的文献中也存在较大异质性;(2)由于微骨折术联合PRP的双臂对照研究较少,导致本研究纳入的样本量较小。

综上所述,联合PRP治疗可以在微骨折术的基础上进一步缓解关节疼痛,改善关节功能,起到增强微骨折术治疗效果的作用,是一种微创、安全的关节软骨修复技术。

### 参考文献

- [1] Abramoff B, Caldera FE. Osteoarthritis: pathology, diagnosis, and treatment options [J]. *Med Clin North Am*, 2020, 104 (2): 293-311.
- [2] Grassel S, Zaucke F, Madry H. Osteoarthritis: novel molecular mechanisms increase our understanding of the disease pathology [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (9): 1938.
- [3] Redler LH, Caldwell JM, Schulz BM, et al. Management of articular cartilage defects of the knee [J]. *Phys Sportsmed*, 2012, 40 (1): 20-35.
- [4] Corr D, Raikin J, O'Neil J, et al. Long-term outcomes of microfracture for treatment of osteochondral lesions of the talus [J]. *Foot Ankle Int*, 2021, 42 (7): 833-840.
- [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] Case JM, Scopp JM. Treatment of articular cartilage defects of the knee with microfracture and enhanced microfracture techniques

- [J]. *Sports Med Arthrosc Rev*, 2016, 24 (2): 63-68.
- [7] 徐明明, 张焱, 刘云鹏. 镜下微骨折联合富血小板血浆治疗距骨软骨损伤 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (6): 548-551.
- [8] Higgins JPT, Altman DG, Gtzsche PC, et al. The cochrane collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials [J]. *BMJ*, 2011, 343: d5928.
- [9] Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses [J]. *Eur J Epidemiol*, 2010, 25 (9): 603-605.
- [10] Gormeli G, Karakaplan M, Gormeli CA, et al. Clinical effects of platelet-rich plasma and hyaluronic acid as an additional therapy for talar osteochondral lesions treated with microfracture surgery: a prospective randomized clinical trial [J]. *Foot Ankle Int*, 2015, 36 (8): 891-900.
- [11] Guney A, Akar M, Karaman I, et al. Clinical outcomes of platelet rich plasma (PRP) as an adjunct to microfracture surgery in osteochondral lesions of the talus [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23 (8): 2384-2389.
- [12] Guney A, Yurdakul E, Karaman I, et al. Medium-term outcomes of mosaicplasty versus arthroscopic microfracture with or without platelet-rich plasma in the treatment of osteochondral lesions of the talus [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24 (4): 1293-1298.
- [13] Lee GW, Son JH, Kim JD, et al. Is platelet-rich plasma able to enhance the results of arthroscopic microfracture in early osteoarthritis and cartilage lesion over 40 years of age [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013, 23 (5): 581-587.
- [14] Manco A, Goderecci R, Rughetti A, et al. Microfracture versus microfracture and platelet-rich plasma: arthroscopic treatment of knee chondral lesions. A two-year follow-up study [J]. *Joints*, 2016, 4 (3): 142-147.
- [15] Manunta AF, Manconi A. The treatment of chondral lesions of the knee with the microfracture technique and platelet-rich plasma [J]. *Joints*, 2013, 1 (4): 167-170.
- [16] Nguyen PD, Tran TD, Nguyen HT, et al. Comparative clinical observation of arthroscopic microfracture in the presence and absence of a stromal vascular fraction injection for osteoarthritis [J]. *Stem Cells Transl Med*, 2017, 6 (1): 187-195.
- [17] Papalia R, Diaz BL, Torre G, et al. Intraoperative application platelet rich fibrin, postoperative injections of PRP or microfracture only for osteochondral lesions of the knee: a five-year retrospective evaluation [J]. *J Biol Regul Homeost Agents*, 2016, 30 (4 Suppl 1): 41-49.
- [18] 杨金杰. 微骨折术联合关节腔内注射富血小板血浆治疗小面积距骨骨软骨损伤 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34 (1): 53-56.
- [19] Yang Z, Wu Y, Yin K, et al. The therapeutic value of arthroscopic microfracture technique in combination with platelet-rich plasma injection for knee cartilage injury [J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13 (4): 2694-2701.
- [20] Albright JC, Daoud AK. Microfracture and microfracture plus [J]. *Clin Sports Med*, 2017, 36 (3): 501-507.
- [21] 宿显良, 娄秋华, 秦方园, 等. 自体富血小板血浆治疗膝关节炎的初步结果 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (17): 1601-1604.
- [22] 袁涛, 席刚, 韩鹏飞, 等. 关节腔内注射 PRP 与 HA 治疗膝关节炎性关节炎的荟萃分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (3): 235-242.
- [23] 綦惠, 靳少锋, 陈磊, 等. 富血小板血浆复合再生支架修复兔骨软骨缺损 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (8): 740-745.
- [24] Fortier LA, Chapman HS, Pownder SL, et al. Biocartilage improves cartilage repair compared with microfracture alone in an equine model of full-thickness cartilage loss [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44 (9): 2366-2374.
- [25] Milano G, Sanna PE, 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.

(收稿:2022-04-11 修回:2022-11-03)

(同行评议专家:唐三元 常锐 徐卫国)

(本文编辑:宁桦)