

基于超声动态监测的富血小板血浆与玻璃酸钠治疗膝骨关节炎对比研究

王宁¹, 古旺¹, 李志远², 张国保², 弓旭日², 李录军^{2*}

¹内蒙古科技大学包头医学院临床医学系, 内蒙古 包头

²包头市中心医院骨科, 内蒙古 包头

收稿日期: 2025年9月16日; 录用日期: 2025年10月9日; 发布日期: 2025年10月16日

摘要

目的: 本研究旨在通过超声动态监测, 系统评估富血小板血浆(platelet-rich plasma, PRP)相较于玻璃酸钠(sodium hyaluronate, SH)在膝关节炎(knee osteoarthritis, KOA)软骨修复中的潜在疗效, 揭示其时间依赖性的生物学效应。方法: 采用前瞻性随机对照设计, 纳入2024年1月~2025年1月包头市中心医院收治的KOA患者90例, 通过计算机生成的随机序列进行分组分配(PRP组与SH组各45例)。两组均接受超声引导下关节腔内注射治疗。主要结局指标包括: 疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)和骨关节炎指数(Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index, WOMAC)。超声定量参数: 关节间隙宽度及髌间沟软骨厚度。评估节点设置为基线、治疗后10周、20周、30周, 采用重复测量方差分析处理纵向数据, 评估人员对分组信息设盲。结果: 1) 两组人口学资料及观察指标均衡可比($P > 0.05$)。2) VAS评分: PRP组呈现持续曲线, 30周降幅达56.9% ($54.60 \rightarrow 23.80$), SH组的逆向变化($\Delta = 27.73$, 95% CI 25.12~30.34; $P < 0.001$)。WOMAC评分: PRP组30周时率47.3%, 而SH组出现4.6%的恶化($P < 0.001$)。3) 关节间隙宽度: 组间差异无统计学意义($P = 0.271$), 但PRP组30周时维持基线水平(2.57 ± 0.36 mm), SH组出现进行性狭窄($\Delta = -0.19$ mm)。4) 髌间沟软骨厚度: PRP组30周时较基线增厚11.2% ($1.97 \rightarrow 2.19$ mm), 高于SH组的进行性变薄($P < 0.001$), 差异在20周后具统计学性。结论: 1) PRP组在疼痛缓解(VAS)和功能(WOMAC)方面呈现持续增效趋势, 提示PRP具有的长期疗效。2) PRP组髌间沟软骨厚度在20周后呈现软骨厚度增加(30周较基线增厚11.2%, $P < 0.001$), SH组则持续变薄(-9.6%), 提示PRP可能通过促进软骨厚度增加而延缓结构破坏, 具有潜在的结构修复效应。此外, 为保证测量结果的可靠性, 本研究对超声测量进行信度分析($ICC = 0.87$), 显示测量具有较高一致性。所有测量均在固定的关节角度(膝关节屈曲30°)下进行, 并统一测量位置(髌间沟中央), 由同一名经验丰富的技师操作, 以最大限度减少偏倚。

关键词

超声, 富血小板血浆, 玻璃酸钠, 膝骨关节炎

*通讯作者。

Comparative Study on the Treatment of Knee Osteoarthritis with Platelet-Rich Plasma and Sodium Hyaluronate Based on Ultrasonic Dynamic Monitoring

Ning Wang¹, Wang Gu¹, Zhiyuan Li², Guobao Zhang², Xuri Gong², Lujun Li^{2*}

¹Department of Clinical Medicine, Baotou Medical College, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou Inner Mongolia

²Department of Orthopedics, Baotou Central Hospital, Baotou Inner Mongolia

Received: September 16, 2025; accepted: October 9, 2025; published: October 16, 2025

Abstract

Objective: This study aimed to systematically evaluate the potential efficacy of platelet-rich plasma (PRP) versus sodium hyaluronate (SH) in cartilage repair for knee osteoarthritis (KOA) through dynamic ultrasound monitoring, and to reveal its time-dependent biological effects. **Methods:** A prospective randomized controlled design was adopted, enrolling 90 KOA patients admitted to Baotou Central Hospital from January 2024 to January 2025. Patients were assigned to groups (45 cases in the PRP group and 45 cases in the SH group) using a computer-generated random sequence. Both groups received ultrasound-guided intra-articular injection therapy. The primary outcome measures included the Visual Analogue Scale (VAS) for pain and the Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC). Ultrasound quantitative parameters included joint space width and intercondylar groove cartilage thickness. Assessment time points were set at baseline, 10 weeks, 20 weeks, and 30 weeks after treatment. Repeated-measures analysis of variance was used to process longitudinal data, and assessors were blinded to group allocation. **Results:** 1) The demographic data and observation indicators of the two groups were balanced and comparable ($P > 0.05$). 2) VAS score: The PRP group showed a continuous decreasing trend, with a reduction of 56.9% at 30 weeks (from 54.60 to 23.80), while the SH group exhibited a reverse change ($\Delta = 27.73$, 95% CI 25.12~30.34; $P < 0.001$). For the WOMAC score, the PRP group achieved a reduction rate of 47.3% at 30 weeks, whereas the SH group showed a 4.6% deterioration ($P < 0.001$). 3) Joint space width: There was no statistically significant difference between the two groups ($P = 0.271$). However, the PRP group maintained the baseline level at 30 weeks (2.57 ± 0.36 mm), while the SH group showed progressive narrowing ($\Delta = -0.19$ mm). 4) Intercondylar groove cartilage thickness: At 30 weeks, the cartilage thickness in the PRP group increased by 11.2% compared with the baseline (from 1.97 mm to 2.19 mm), which was higher than the progressive thinning observed in the SH group ($P < 0.001$). The difference became statistically significant after 20 weeks. **Conclusion:** 1) The PRP group showed a continuous trend of efficacy improvement in pain relief (VAS) and function (WOMAC), suggesting that PRP has long-term therapeutic effects. 2) The intercondylar groove cartilage thickness in the PRP group increased after 20 weeks (11.2% thicker at 30 weeks compared with the baseline, $P < 0.001$), while the SH group showed continuous thinning (-9.6%). This suggests that PRP may delay structural damage by promoting an increase in cartilage thickness, exhibiting a potential structural repair effect. In addition, to ensure the reliability of measurement results, this study conducted a reliability analysis of ultrasound measurements (ICC = 0.87), showing high consistency of the measurements. All measurements were performed at a fixed joint angle (30° knee flexion) and at a unified measurement position (the center of the intercondylar groove) by the same experienced technician to minimize bias.

Keywords

Ultrasound, Platelet-Rich Plasma, Sodium Hyaluronate, Knee Osteoarthritis

Copyright © 2025 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. 前言

膝骨关节炎(Knee Osteoarthritis, KOA)是临床最常见的退行性关节疾病,其典型临床表现以关节疼痛、僵硬和活动受限为特征[1]。根据全球流行病学数据,膝骨关节炎的患病率超过 3 亿[2]。在中国,膝骨关节炎的总体患病率约为 21.51% [3]。随着全球人口老龄化加剧,膝骨关节炎的发病率呈上升趋势,对患者的生活质量造成影响[4]。在膝骨关节炎的生理病理学中,其与多种因素密切相关。研究表明:膝关节的过度机械压力是引发 KOA 的重要因素,而这种压力会通过诱导细胞凋亡和促炎因子的释放,加速软骨退化和下层骨组织的改变[5]。此外,滑膜炎在 KOA 的发展中也扮演了关键角色,滑膜中的细胞因子如肿瘤坏死因子 α (TNF- α)和白介素-1 β (IL-1 β)被认为是促进软骨降解的重要介质[6]。代谢因素在系统层面调控 KOA 进展,肥胖患者中脂肪因子(如 chemerin)通过激活关节内巨噬细胞加剧炎症反应,独立于机械负荷机制影响软骨代谢[7]。寻找新的治疗策略对于膝骨关节炎患者的生活质量显得尤为重要。近年来,关于自体血小板富集血浆(PRP)注射在膝骨关节炎治疗中的应用引起了广泛关注。研究表明,PRP 通过释放生长因子(如 PDGF、TGF- β 等)可调节关节微环境,抑制炎症反应并促进软骨修复[8],动物实验显示其能上调 II 型胶原表达并抑制基质金属蛋白酶活性[9]。临床试验中观察到超声下关节软骨厚度的与 WOMAC 评分变化呈正相关($r=0.32$, $P=0.018$) [8]。此外,PRP 对肌肉功能的作用值得关注:一项双盲对照试验发现,PRP 注射组在 6 个月时股四头肌峰力矩较对照组提高 18.3% ($P=0.032$),提示其可能通过神经肌肉调控增强关节稳定性[10]。然而,目前对于 PRP 与骨关节炎之间的机制及其临床应用仍然存在许多争议和未知领域。本研究采用前瞻性随机对照设计,纳入 90 例诊断明确的膝骨关节炎患者,分为 PRP 组和 SH 组,旨在比较两组在缓解膝骨关节炎患者疼痛和功能方面的效果,期望为临床实践提供新的依据。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

本研究收集了 2024 年 1 月~2025 年 1 月就诊于包头市中心医院骨科膝骨关节炎的 90 例患者,采用前瞻性随机对照设计,通过计算机生成的随机序列进行分组分配(PRP 组与 SH 组各 45 例),其中男性 43 例,女性 47 例。

2.2. 纳入及排除标准

1) 纳入标准:年龄范围:年龄在 40 至 80 岁之间的患者。诊断标准:经过影像学检查(如 X 光、MRI)确诊为膝关节炎。临床症状包括膝关节疼痛、肿胀、活动受限,并且症状持续时间超过 6 个月。病史:患者在研究开始前未接受过任何关节内注射(如类固醇、透明质酸或 PRP)。患者对 PRP 治疗无过敏反应历史。功能评估:使用 WOMAC 评分或 VAS 评分评估疼痛和功能障碍,评分达到一定程度。2) 排除标准:其他关节疾病:诊断为风湿性关节炎、类风湿关节炎、痛风、强直性脊柱炎等系统性或全身性关节疾病的患者。有的膝关节外伤史、骨折、严重扭伤或手术史,影响关节功能的其他疾病。严重合并症:存

在严重的心血管疾病(如心衰、冠心病)、肝脏疾病(如肝硬化)、肾脏疾病(如肾功能不全)等影响参与研究的患者。有未控制的糖尿病(如 HbA1c > 8%)或其他内分泌系统疾病患者。感染: 近期(6 个月内)发生过膝关节或周围软组织的活动性感染, 或存在全身性感染(如肺炎、尿路感染等)。既往有骨髓炎或关节内感染的病史。妊娠与哺乳: 女性患者在妊娠期、哺乳期或计划怀孕期间。怀孕测试阳性的女性。药物影响: 在研究期间需要长期使用抗凝药物(如华法林、阿司匹林、氯吡格雷等)或其他影响血小板功能的药物(如非甾体抗炎药、抗抑郁药等)。最近三个月内接受过任何类型的类固醇注射治疗, 或正在使用口服类固醇的患者。心理障碍: 有严重的精神疾病(如重度抑郁症、精神分裂症)或认知障碍, 影响对研究的理解和遵从性。由于心理因素导致无法遵从治疗计划的患者。其他: 参与其他临床试验或研究的患者, 可能影响本研究结果的独立性。有出血倾向或血小板功能障碍(如血友病、特发性血小板减少性紫癜等)的患者。存在任何可能影响研究结果的疾病或情况, 如严重的神经系统疾病(如中风、癫痫等)。

2.3. 收集患者资料

患者一般资料, 包括年龄、性别、BMI、病程、Womac 评分、VAS 评分、关节间隙、髌间沟软骨厚度等临床信息。

2.4. 超声测量与一致性控制

为确保超声测量的可靠性, 本研究对髌间沟软骨厚度的测量进行信度分析, 结果显示组内相关系数 (ICC) = 0.87, 提示测量具有较高一致性。所有超声检查均采用同一型号的高频线阵探头, 在固定的膝关节屈曲角度(约 30°)下进行, 探头位置统一置于髌间沟中央, 由同一名接受过严格培训且经验丰富的超声技师操作。每位患者的测量均重复 3 次并取平均值, 以减少随机误差, 保证数据的可比性和稳定性。

2.5. 统计学方法

本次研究采用 R 4.3.0 统计分析软件, 其中正态分布的连续数据采用 Mean ± SD 表示, 两组间的比较采用两独立样本的 t 检验; 分类的数据采用 n (%)表示, 采用卡方检验或 Fisher 确切概率法, 组间比较以 P < 0.05 认为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 患者一般临床数据比较

本研究共纳入 90 例患者, 其中分组为 SH 组的有 45 人, PRP 组的有 45 人, 患者年龄 59.97 ± 4.86 岁, BMI 27.64 ± 1.83, 病程为 4.66 ± 1.77 年, 男性 43 人, 女性 47 人。两组组间年龄、BMI、病程、性别差异无统计学意义(P > 0.05) (见表 1)。

Table 1. General data of patients with knee osteoarthritis
表 1. 膝骨关节炎患者一般资料

Variables	Total (n = 90)	SH 组(n = 45)	PRP 组(n = 45)	Statistic	P
年龄(岁)	59.97 ± 4.86	60.64 ± 3.80	59.29 ± 5.70	t = 1.33	0.187
BMI	27.64 ± 1.83	27.62 ± 1.56	27.67 ± 2.07	t = -0.12	0.901
病程(年)	4.66 ± 1.77	4.71 ± 1.65	4.60 ± 1.91	t = 0.30	0.768
性别, n (%)				$\chi^2 = 0.04$	0.833
男	43 (47.78)	22 (48.89)	21 (46.67)		
女	47 (52.22)	23 (51.11)	24 (53.33)		

3.2. 两组患者治疗不同时间节点的 WOMAC 评分比较

两组治疗前组间 WOMAC 评分无组间差异($P = 0.449$)。PRP 组在治疗后 10 周、20 周、30 周的 WOMAC 评分均低于 SH 组, 且随时间推移差异逐渐扩大, 提示 PRP 治疗在患者症状方面效果 SH 组, 且疗效具有持续性(见表 2)。

Table 2. Comparison of WOMAC scores between the two groups at different time points of treatment

表 2. 两组患者治疗不同时间节点的 Womac 评分比较

WOMAC 评分	Total (n = 90)	SH 组(n = 45)	PRP 组(n = 45)	Statistic	P
治疗前	62.49 ± 3.60	62.20 ± 3.79	62.78 ± 3.41	t = -0.76	0.449
治疗后 10 周	49.98 ± 5.64	51.84 ± 5.46	48.11 ± 5.23	t = 3.31	0.001
治疗后 20 周	46.82 ± 11.15	56.40 ± 5.37	37.24 ± 5.92	t = 16.08	<0.001
治疗后 30 周	47.00 ± 15.59	60.93 ± 6.46	33.07 ± 7.29	t = 19.20	<0.001

3.3. 两组患者治疗不同时间节点的 VAS 评分比较

两组治疗前组间 VAS 评分无组间差异($P = 0.857$)。PRP 治疗在疼痛缓解(VAS 评分降低)方面较 SH 治疗具有更为持久的效果, 尤其在治疗后 20 周及 30 周差异极为($P < 0.001$), 组间疗效分化随时间延长而加剧。PRP 组在治疗后各时间点 VAS 评分均呈持续下降趋势, 且标准差较小(4.13~4.61), 提示疗效稳定; SH 组在治疗后 10 周短暂后评分回升, 标准差在 20 周及 30 周增大(12.23、14.52), 可能反映个体疗效差异或效果衰减(见表 3)。

Table 3. Comparison of VAS scores between the two groups at different time points of treatment

表 3. 两组患者治疗不同时间节点的 VAS 评分比较

VAS 评分	Total (n = 90)	SH 组(n = 45)	PRP 组(n = 45)	Statistic	P
治疗前	54.66 ± 2.90	54.71 ± 2.98	54.60 ± 2.84	t = 0.18	0.857
治疗后 10 周	37.67 ± 4.06	38.87 ± 3.67	36.47 ± 4.13	t = 2.92	0.004
治疗后 20 周	35.54 ± 12.23	46.80 ± 4.70	24.29 ± 4.61	t = 22.94	<0.001
治疗后 30 周	37.39 ± 14.52	50.98 ± 5.33	23.80 ± 4.52	t = 26.10	<0.001

3.4. 两组患者治疗不同时间节点的关节间隙比较

两组治疗前关节间隙宽度组间无组间差异($P = 0.124$)。在整个治疗过程中, SH 组和 PRP 组在各治疗时间节点的关节间隙变化均无统计学差异, 提示两种治疗方式在关节间隙方面的效果相当(见表 4)。

Table 4. Comparison of joint space width between the two groups at different time points of treatment

表 4. 两组患者治疗不同时间节点的关节间隙宽度的比较

关节间隙宽度	Total (n = 90)	SH 组(n = 45)	PRP 组(n = 45)	Statistic	P
治疗前	2.58 ± 0.36	2.64 ± 0.33	2.52 ± 0.39	t = 1.55	0.124
治疗后 10 周	2.57 ± 0.38	2.52 ± 0.39	2.63 ± 0.39	t = -1.52	0.131
治疗后 20 周	2.45 ± 0.35	2.51 ± 0.34	2.40 ± 0.36	t = 1.54	0.128
治疗后 30 周	2.51 ± 0.40	2.45 ± 0.43	2.57 ± 0.36	t = -1.36	0.177

3.5. 两组患者治疗不同时间节点的髁间沟软骨厚度

两组治疗前组间髁间沟软骨厚度无组间差异($P = 0.981$)。治疗后 10 周两组差异未达统计学显著,但随着治疗时间推进,至治疗后 20 周和 30 周,PRP 组的增厚幅度更大,组间差异具有统计学意义($P < 0.05$) (见表 5)。

Table 5. Comparison of intercondylar groove cartilage thickness between the two groups at different time points of treatment
表 5. 两组患者治疗不同时间节点的髁间沟软骨厚度的比较

髁间沟软骨厚度	Total (n = 90)	SH 组(n = 45)	PRP 组(n = 45)	Statistic	P
治疗前	1.97 ± 0.40	1.97 ± 0.44	1.97 ± 0.35	t = 0.02	0.981
治疗后 10 周	1.92 ± 0.47	1.92 ± 0.49	1.91 ± 0.46	t = 0.12	0.907
治疗后 20 周	1.98 ± 0.47	1.87 ± 0.44	2.09 ± 0.49	t = -2.24	0.028
治疗后 30 周	1.98 ± 0.55	1.78 ± 0.51	2.19 ± 0.51	t = -3.79	<0.001

4. 讨论

膝骨关节炎是一种常见的退行性关节疾病,典型临床表现包括负重痛、关节僵硬和活动受限[1]。在中国人群中,有症状的 KOA 患病率为 8.1%,存在性别(女性 10.3%,男性 5.7%)和地区(农村地区比城市地区高 2 倍)的差异[11]。膝骨关节炎不仅导致疼痛和功能障碍,还给社会带来了巨大的经济负担,包括医疗费用和生产力损失。目前的治疗方法包括药物治疗、物理治疗和外科手术等,但这些方法仍存在局限性,因此探索更有效的治疗方案显得尤为重要。

富血小板血浆(PRP)是一种通过离心全血获得的生物制剂,其血小板浓度高于基础血液水平,并富含多种生长因子、细胞因子及细胞外囊泡(EVs) [12] [13]。PRP 注射可以促进快速新生血管形成,增强血液流动并为邻近细胞提供必需的营养[14]。此外,PRP 可以促进细胞的募集、分裂和分化,从而促进伤口及组织损伤的愈合[15]。PRP 通过释放高浓度生长因子(如 PDGF、TGF- β 、VEGF)激活软骨细胞增殖和细胞外基质合成,同时抑制促炎因子(如 IL-1 β 、TNF- α)的表达,从而延缓软骨退变[16]。PRP 中的血小板源性线粒体可通过代谢重编程增强间充质干细胞的成软骨分化能力,这一过程与线粒体呼吸链活性上调及氧化磷酸化增强密切相关[17]。因此,PRP 在治疗膝骨关节炎方面,具有潜在前景。玻璃酸钠(SH)是关节滑液和软骨基质的重要组成部分,其独特的生物学特性使其在膝骨关节炎治疗中占据关键地位[18]。在正常关节中,HA 通过形成黏弹性屏障减少关节面摩擦系数(COF),同时参与调节滑膜细胞代谢和炎症反应[19]。SH 的治疗效果源于其多重生物学功能。研究表明:高浓度 SH 溶液可恢复滑液的黏弹性,降低关节面摩擦系数达 40%~60% [20]。在半月板切除诱导的大鼠 OA 模型中,SH 注射组胫骨软骨退变程度轻于对照组($P < 0.05$) [21]。SH 可刺激软骨细胞合成 II 型胶原和蛋白聚糖,同时抑制金属蛋白酶活性。MRI 评估显示,联合骨髓刺激治疗后,患者 Amadeus 软骨缺损评分提升 30%以上[22]。SH 在骨科治疗中十分广泛,多中心观察性研究(n = 1266)证实,每周 1 次连续 3 周的 SH 注射方案可使视觉模拟疼痛评分(VAS)平均降低 4.2 分,健康评估问卷(HAQ)活动能力提升 62% ($P < 0.0001$) [23]。注射 SH 具有较高的安全性。研究表明,SH 注射总体不良事件发生率仅 0.8% (95% CI 0.4~1.5),且 90%以上为轻度局部反应[23]。动物实验证实,即使长期使用(7 个月)也未出现软骨代谢异常或滑膜增生[21]。PRP 与 SH 在治疗骨关节炎上具有良好的运用前景,而本研究将 PRP 与 SH 治疗膝骨关节炎对比研究,分析长期疗效及软骨。

本研究观察到两组干预措施在 20 周时间节点出现疗效分界。PRP 组在 30 周时 WOMAC 评分较基线下降 47.2% ($P < 0.001$),而 SH 组仅下降 2.0%,这种持续扩大的疗效差异可能源于 PRP 的多效性生物学特性。PRP 内的血小板源性生长因子(PDGF)、转化生长因子- β (TGF- β)等活性成分可能通过持续调控关节

腔内炎症微环境,形成累积性治疗效应[24]。而 SH 组的 VAS 评分在 20 周后出现反弹(从 38.87 升至 50.98),提示单纯粘弹性补充可能仅能短期掩盖疼痛症状,无法阻断疾病进展的生物学基础。超声定量参数显示,PRP 组在 20 周时髌间沟软骨厚度即出现统计学增长(+6.1%, $P=0.028$),至 30 周时增幅达 11.2% ($P<0.001$)。这种延迟性结构与临床疗效的时间同步性,可能反映 PRP 通过以下机制发挥作用:① α 颗粒释放的胰岛素样生长因子(IGF-1)促进软骨细胞增殖[25];② 血管内皮生长因子(VEGF)抑制软骨下骨异常血管生成[26];与之形成鲜明对比的是,SH 组软骨厚度持续下降(年化衰减率达-4.8%),提示常规的粘弹性补充疗法(viscosupplementation)可能无法逆转软骨退变进程。本研究结果表明,PRP 在 20 周以后出现了的软骨厚度增加,这种变化提示其可能具有潜在的结构修复效应,而并非直接证实“软骨”。观察到的厚度增加具有统计学意义,提示修复反应可能更早启动并趋于稳定;该推断仍需进一步影像学或组织学证据支持。

5. 研究局限性及展望

首先,样本量限制未能进行 PRP 制备方法(如白细胞含量、激活方式)的亚组分析;其次,30 周观察周期尚不足以评估软骨增厚的持久性;最后,缺乏滑液生物标志物检测未能揭示分子机制。建议后续研究结合二代测序技术分析滑膜组织基因表达谱,并延长随访至 2 年观察结构改变的稳定。此外,由于 PRP 与 SH 注射物外观存在差异,无法对患者和注射者同时实施盲法,这可能引入一定的观察者或受试者偏倚。对于 SH 组部分患者在 20 周后症状恶化的现象,应考虑疾病自然进展以及可能的反安慰剂效应等多种因素,而不仅仅归因于治疗本身的局限。此外,由于 PRP 与 SH 注射物在外观和质地上存在差异,导致本研究无法对患者和注射者同时实施完全盲法,这一因素可能带来一定的观察者偏倚与受试者期望效应。对于 SH 组部分患者在 20 周以后出现症状恶化的情况,除去治疗本身效果有限的可能外,还应考虑膝骨关节炎疾病自然进展的影响,以及由于患者感知治疗差异而出现的反安慰剂效应。这些因素均可能在一定程度上影响临床结果的解释。

6. 结论

富血小板血浆(PRP)注射治疗膝骨关节炎在疼痛缓解、关节功能及软骨厚度维持方面较玻璃酸钠(SH)注射显示更优表现,且疗效随随访时间呈增强趋势(20、30 周组间差异显著)。本研究提示 PRP 可能通过促进软骨厚度增加而延缓结构破坏,具有潜在的结构修复效应,但尚需进一步长期随访加以证实。

伦理声明

本研究已获得包头市中心医院伦理委员会审核批准(批号:2025-YJS 伦审-005 号)。

作者贡献

研究设计:李录军、张国保和王宁;实验操作:王宁和古旺;数据采集:王宁和古旺;数据分析:李志远、张国保和弓旭日;论文撰写:王宁。

参考文献

- [1] Huang, D., Liu, Y., Liang, L., Lin, X., Song, T., Zhuang, Z., et al. (2018) The Diagnosis and Therapy of Degenerative Knee Joint Disease: Expert Consensus from the Chinese Pain Medicine Panel. *Pain Research and Management*, 2018, Article ID: 2010129. <https://doi.org/10.1155/2018/2010129>
- [2] Antoine, L.H., Watts, K.A., Rumble, D.D., Buchanan, T., Sims, A. and Goodin, B.R. (2024) Weight, Height, Waist Circumference: Association with Knee Osteoarthritis Findings from the Osteoarthritis Initiative. *PAIN Reports*, 9, e1187. <https://doi.org/10.1097/pr9.0000000000001187>

- [3] Sun, X., Zhen, X., Hu, X., Li, Y., Gu, S., Gu, Y., *et al.* (2019) Osteoarthritis in the Middle-Aged and Elderly in China: Prevalence and Influencing Factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16**, Article 4701. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234701>
- [4] Gussho, C.A. and Jenson, M. (2020) Demographic Tendencies and Hospitalization Outcomes among Inpatient Admissions of Osteoarthritis in the Midwest: A 2016 State Inpatient Database Study. *Cureus*, **12**, e7959. <https://doi.org/10.7759/cureus.7959>
- [5] Miyauchi, A., Kim-Kaneyama, J., Lei, X., Chang, S.H., Saito, T., Haraguchi, S., *et al.* (2019) Alleviation of Murine Osteoarthritis by Deletion of the Focal Adhesion Mechanosensitive Adapter, Hic-5. *Scientific Reports*, **9**, Article No. 15770. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52301-7>
- [6] Iijima, H., Zhang, F., Ambrosio, F. and Matsui, Y. (2023) Network-Based Cytokine Inference Implicates Oncostatin M as a Driver of an Inflammation Phenotype in Knee Osteoarthritis. *Aging Cell*, **23**, e14043. <https://doi.org/10.1111/acer.14043>
- [7] Berenbaum, F., Eymard, F. and Houard, X. (2013) Osteoarthritis, Inflammation and Obesity. *Current Opinion in Rheumatology*, **25**, 114-118. <https://doi.org/10.1097/bor.0b013e32835a9414>
- [8] Shahbaz, A., Alzarooni, A., Veeranagari, V.R., Patel, K., Mohammed, C., Kuruba, V., *et al.* (2024) Efficacy of Platelet-Rich Plasma Intra-Articular Injections in Hip and Knee Osteoarthritis. *Cureus*, **16**, e69656. <https://doi.org/10.7759/cureus.69656>
- [9] Blaga, F.N., Nutiu, A.S., Lupsa, A.O., Ghiurau, N.A., Vlad, S.V. and Ghitea, T.C. (2024) Exploring Platelet-Rich Plasma Therapy for Knee Osteoarthritis: An In-Depth Analysis. *Journal of Functional Biomaterials*, **15**, Article 221. <https://doi.org/10.3390/jfb15080221>
- [10] Wu, Y., Hsu, K., Li, T., Chang, C. and Chen, L. (2018) Effects of Platelet-Rich Plasma on Pain and Muscle Strength in Patients with Knee Osteoarthritis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, **97**, 248-254. <https://doi.org/10.1097/phm.0000000000000874>
- [11] Tang, X., Wang, S., Zhan, S., Niu, J., Tao, K., Zhang, Y., *et al.* (2016) The Prevalence of Symptomatic Knee Osteoarthritis in China: Results from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *Arthritis & Rheumatology*, **68**, 648-653. <https://doi.org/10.1002/art.39465>
- [12] Ragni, E., Taiana, M.M., Čengić, T., de Girolamo, L. and Ostojić, M. (2025) PRP or Not PRP: Is the Debate Surrounding Platelets-Based Blood-Derived Products Evolving? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **33**, 1920-1924. <https://doi.org/10.1002/ksa.12655>
- [13] Hou, Y., Wen, X., Zhou, L. and Fang, X. (2023) The Value of Platelet-Rich Plasma-Derived Extracellular Vesicles in Modern Medicine. *Annals of Medicine*, **55**, Article ID: 2287705. <https://doi.org/10.1080/07853890.2023.2287705>
- [14] Ganguly, P., Fiz, N., Beitia, M., Owston, H.E., Delgado, D., Jones, E., *et al.* (2022) Effect of Combined Intraosseous and Intraarticular Infiltrations of Autologous Platelet-Rich Plasma on Subchondral Bone Marrow Mesenchymal Stromal Cells from Patients with Hip Osteoarthritis. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 3891. <https://doi.org/10.3390/jcm11133891>
- [15] Foster, T.E., Puskas, B.L., Mandelbaum, B.R., Gerhardt, M.B. and Rodeo, S.A. (2009) Platelet-Rich Plasma: From Basic Science to Clinical Applications. *The American Journal of Sports Medicine*, **37**, 2259-2272. <https://doi.org/10.1177/0363546509349921>
- [16] Hosseini, M.S., Nouri, M., Zarrabi, M., *et al.* (2023) Platelet-Rich Plasma in Regenerative Medicine: Possible Applications in Management of Burns and Post-Burn Scars: A Review. *Cell Journal*, **25**, 281-290.
- [17] Chen, E., Chen, Z., Chen, L. and Hu, X. (2022) Platelet-Derived Respiratory-Competent Mitochondria Transfer to Mesenchymal Stem Cells to Promote Wound Healing via Metabolic Reprogramming. *Platelets*, **33**, 171-173. <https://doi.org/10.1080/09537104.2021.1961717>
- [18] Szczesny, G., Tomaszewski, W. and Domzalski, M. (2021) Evolution of the Hyaluronic Acid in Viscosupplementation—From Linear Particles to Hybrid Complexes. *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*, **23**, 229-238. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.9625>
- [19] Torrero, J. and Martínez, C. (2015) New Developments in the Treatment of Osteoarthritis—Focus on Biologic Agents. *Open Access Rheumatology: Research and Reviews*, **7**, 33-43. <https://doi.org/10.2147/oarr.r.s50058>
- [20] Plickert, H.D., Bondzio, A., Einspanier, R., Tichy, A. and Brunnberg, L. (2013) Hyaluronic Acid Concentrations in Synovial Fluid of Dogs with Different Stages of Osteoarthritis. *Research in Veterinary Science*, **94**, 728-734. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.11.007>
- [21] Rezende, M.U., Hernandez, A.J., Oliveira, C.R.G.C.M. and Bolliger Neto, R. (2014) Experimental Osteoarthritis Model by Means of Medial Meniscectomy in Rats and Effects of Diacerein Administration and Hyaluronic Acid Injection. *Sao Paulo Medical Journal*, **133**, 4-12. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2013.6730001>
- [22] Arief, A., Budu, Usman, M.A., Sakti, M., Lubis, A.M.T. and Bukhari, A. (2022) Treatment of Grade III Knee

-
- Osteoarthritis with Bone Marrow Stimulation and Intraarticular Injection of Triamcinolone and Hyaluronic Acid Combination; Three Case Report and Literature Review. *International Journal of Surgery Case Reports*, **95**, Article ID: 107177. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107177>
- [23] Foti, C., Cisari, C., Carda, S., *et al.* (2011) A Prospective Observational Study of the Clinical Efficacy and Safety of Intra-Articular Sodium Hyaluronate in Synovial Joints with Osteoarthritis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, **47**, 407-415.
- [24] Charbonneau, M., Lavoie, R.R., Lauzier, A., Harper, K., McDonald, P.P. and Dubois, C.M. (2016) Platelet-Derived Growth Factor Receptor Activation Promotes the Prodestructive Invadosome-Forming Phenotype of Synoviocytes from Patients with Rheumatoid Arthritis. *The Journal of Immunology*, **196**, 3264-3275. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1500502>
- [25] Chen, Y., Ke, J., Long, X., Meng, Q., Deng, M., Fang, W., *et al.* (2012) Insulin-Like Growth Factor-1 Boosts the Developing Process of Condylar Hyperplasia by Stimulating Chondrocytes Proliferation. *Osteoarthritis and Cartilage*, **20**, 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2011.12.013>
- [26] Lu, J., Zhang, H., Cai, D., Zeng, C., Lai, P., Shao, Y., *et al.* (2018) Positive-Feedback Regulation of Subchondral H-Type Vessel Formation by Chondrocyte Promotes Osteoarthritis Development in Mice. *Journal of Bone and Mineral Research*, **33**, 909-920. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3388>