

## • 临床研究 Clinical research •

腰椎间盘内注射自体富血小板血浆联合脉冲射频治疗  
椎间盘源性腰痛效果分析

吴桂鹏, 徐小青, 单玉兰, 周媛

**【摘要】** 目的 比较 CT 引导下腰椎间盘内注射自体富血小板血浆 (PRP) 和注射自体 PRP 联合脉冲射频 (PRF) 治疗椎间盘源性腰痛 (DBP) 的效果。方法 前瞻性纳入 2019 年 7 月至 2023 年 12 月在海安市人民医院接受诊治的 98 例 DBP 患者, 根据治疗方法随机分为实验组 (自体 PRP 联合 PRF,  $n = 50$ ) 和对照组 (单纯 PRP,  $n = 48$ )。比较两组患者术前及术后 1、3、6、12 个月基线资料、疼痛视觉模拟评分 (VAS)、Roland-Morris 残疾调查问卷 (RMDQ) 评分、Leeds 神经病理性症状和体征评分 (LANSS)、欧洲生命质量学会五维问卷 (EQ-5D) 评分以及非甾体类消炎镇痛药应用情况。结果 两组患者基线资料及术中和术后不良反应发生率比较差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。术后 12 个月, 所有患者 VAS、RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分及非甾体类消炎镇痛药物应用情况显著优于术前 (均  $P < 0.05$ )。实验组术后 3、6、12 个月 VAS、RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分及镇痛药应用显著优于同期对照组 (均  $P < 0.05$ )。疼痛缓解比例  $> 50\%$  和  $> 80\%$  患者显著高于同期对照组 (均  $P < 0.01$ )。结论 CT 引导下单纯椎间盘内注射自体 PRP 及自体 PRP 联合 PRF, 均可显著改善 DBP 患者疼痛、机体功能和生活质量, 并显著减少非甾体类消炎镇痛药物应用。自体 PRP 联合 PRF 疗效显著优于单纯自体 PRP。

**【关键词】** 富血小板血浆; 脉冲射频; 椎间盘源性腰痛

中图分类号: R681 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2025)-009-0983-05

**CT-guided lumbar disc injection of autologous platelet-rich plasma combined with pulsed radiofrequency therapy for discogenic back pain: analysis of its therapeutic effect** WU Guipeng, XU Xiaoqing, SHAN Yulan, ZHOU Yuan. Pain Department, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong, Jiangsu Province 226001, China

Corresponding author: ZHOU Yuan, E-mail: wgptt1217@163.com

**【Abstract】** **Objective** To compare the long-term efficacy of intradiscal injection of autologous platelet-rich plasma (PRP) and intradiscal injection of autologous PRP combined with pulsed radiofrequency (PRF) therapy for discogenic back pain (DBP). **Methods** Prospective inclusion of 98 DBP patients who received treatment at Hai'an People's Hospital from July 2019 to December 2023 was conducted. The patients were randomly divided into study group (receiving PRP combined with PRF,  $n = 50$ ) and control group (receiving PRP only,  $n = 48$ ). The preoperative and the postoperative 1-, 3-, 6-, and 12-month baseline data, visual analog scale (VAS) score, Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ) score, Leeds Neurological Symptoms and Signs Score (LANSS), European Society for Quality of Life Five Dimensional Questionnaire (EQ-5D) score, and the use of non-steroidal anti-inflammatory and analgesic drugs were compared between the two groups. **Results** There was no statistically significant differences in the baseline data and the incidence of intraoperative and postoperative adverse reactions between the two groups (both  $P > 0.05$ ). At 12 months after surgery, the VAS, RMDQ, LANSS, EQ-5D scores, and the use of non-steroidal anti-inflammatory and analgesic drugs in all patients were significantly better than those before surgery (all  $P < 0.05$ ). The postoperative 3-, 6-, and 12-month

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2025.09.013

基金项目: 南通大学临床医学专项基金(2022LY007)

作者单位: 226001 江苏南通 南通大学附属医院疼痛科(吴桂鹏、周媛); 海安市人民医院麻醉疼痛科(吴桂鹏、徐小青、单玉兰)

通信作者: 周媛 E-mail: wgptt1217@163.com

VAS, RMDQ, LANSS, EQ-5D scores, and the analgesic dosage in the study group were significantly better than those in the control group (all  $P < 0.05$ ), and the percentages of patients with pain relief greater than 50% and greater than 80% were also significantly higher than those in the control group (all  $P < 0.01$ ). **Conclusion** for the treatment of DBP, both CT-guided intradiscal injection of autologous PRP and CT-guided intradiscal injection of autologous PRP combined with PRF can significantly improve pain, body function, and quality of life in DBP patients, and significantly reduce the use of non-steroidal anti-inflammatory and analgesic drugs. The efficacy of autologous PRP combined with PRF is remarkably better than that of autologous PRP alone

**【Key words】** platelet-rich plasma; pulsed radiofrequency; discogenic back pain

流行病学调查显示约 84% 成人有终身罹患腰痛风险<sup>[1]</sup>。全球疾病负担 (global burden of disease, GBD) 研究显示腰痛发生率约为 7.3%<sup>[2]</sup>。腰椎间盘突出是椎间盘源性腰痛 (discogenic back pain, DBP) 主要病理基础<sup>[3]</sup>, 其确切病理生理机制仍未明确。DBP 保守治疗通过制动、物理疗法及非甾体类抗炎药缓解症状, 但有 20% 复发率<sup>[4-5]</sup>, 手术治疗通过椎间融合术实现疼痛控制。近年微创介入疗法取得了重要进展, 其中富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 凭借高浓度生长因子介导的组织修复与抗炎特性<sup>[6-7]</sup> 以及脉冲射频 (pulsed radiofrequency, PRF) 通过电场效应产生镇痛与促修复作用<sup>[8]</sup>, 已成为 DBP 治疗研究热点。近期体外实验研究显示 PRF 可显著激活 PRP 生物效能<sup>[9]</sup>。为此, 本研究采用椎间盘内注射自体 PRP 联合 PRF 以及单纯 PRP 治疗 DBP, 现将临床观察结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

前瞻性纳入 2019 年 7 月至 2023 年 12 月在海安市人民医院接受诊治的 98 例 DBP 患者。纳入标准: ①慢性 DBP 病程  $\geq 6$  个月; ②非手术治疗 (硬膜外皮质类固醇注射、物理疗法和口服非甾体类消炎药) 后, 疼痛未显著缓解; ③神经系统检查未见异常; ④直腿抬高试验阴性; ⑤MR 检查未显示神经压迫性病变; ⑥靶椎间盘内注入低容量 ( $\leq 1.25$  mL) 对比剂后出现持续性腰痛, 且注射 2% 利多卡因 1 mL 后可获显著缓解。排除标准: ①严重腰椎管狭窄; ②腰椎不稳; ③全身感染或体表穿刺位点局部感染; ④有腰椎开放性手术史; ⑤慢性下肢神经根性病变; ⑥凝血功能障碍; ⑦妊娠和哺乳期。根据计算机生成的随机数字表, 将纳入研究患者按 1:1 比例分为实验组 (椎间盘内注射自体 PRP 联合 PRF 治疗,

$n = 50$ ) 和对照组 (单纯 PRP 治疗,  $n = 48$ )。本研究已获海安市人民医院伦理委员会批准, 入组患者均签署手术知情同意书。

### 1.2 治疗方法

自体 PRP 制备: 抽取患者全血 40 mL, 置于含抗凝剂试管中; 以 1 100 r/min 离心 5 min 分离富含血小板和白细胞的血浆层, 再以 3 000 r/min 离心 15 min 去除上层血清, 最后自下层回收 PRP 约 6 mL, 留下 2 mL 用于血小板浓度实验室分析, 4 mL 用于椎间盘注射。PRP 中所获血小板浓度, 应至少为全血血小板浓度的 3 倍<sup>[10]</sup>。为了防止术中感染, 两组患者均在术前 1 h 内通过外周静脉注射抗生素。

CT 引导下椎间盘内注射自体 PRP: 患者俯卧于 CT 诊疗床, 腰腹部垫薄枕, 靶椎间盘体表贴定位栅; 连接心电监护仪, 开放外周静脉通道; CT 扫描靶椎间盘并描记经皮椎间盘穿刺路径, 在体表标记穿刺点; 常规消毒铺巾, 体表穿刺点用 1% 利多卡因局部浸润麻醉, CT 动态监视下穿刺针穿刺置入至靶椎间盘内, 拔除套管针针芯, 向靶椎间盘内缓慢注射 PRP 约 2 mL。CT 引导靶椎间盘穿刺及盘内注射对比剂影像见图 1。

CT 引导下椎间盘内注射自体 PRP 联合 PRF: 靶椎间盘内穿刺及 PRP 注射方法同上述。PRP 注射结束后, 通过射频套管针连接射频电极, 进行椎间盘 PRF 治疗 (频率 5 Hz, 脉宽 5 ms, 电压 60 V, 最高温度 42 °C), 持续时间 20 min。

术毕, 所有患者在留观室观察 1 h, 无异常反应后返回病房。术后 7 d 内保持卧床休息, 随后可进行日常生活活动。

### 1.3 数据收集

收集两组患者年龄、性别、体质指数 (BMI)、基础疾病、病变椎间盘节段、疼痛病程, 术前及术后 1、3、6、12 个月疼痛视觉模拟评分 (VAS)、



①CT 引导靶腰椎间盘穿刺路径设置;②按照穿刺路径将穿刺针穿刺置入至靶椎间盘内;③靶椎间盘内注入对比剂

图 1 CT 引导靶椎间盘穿刺及盘内注射对比剂影像

Figure 1 CT guided target intervertebral disc puncture and intradiscal injection of contrast agent

Roland-Morris 残疾调查问卷 (RMDQ) 评分、Leeds 神经病理性症状和体征评分 (LANSS)、欧洲生活质量学会五维问卷 (EuroQol 5-dimension questionnaire, EQ-5D) 评分以及非甾体类消炎镇痛药应用情况。分析疼痛缓解  $>50\%$  和  $>80\%$  比例, 观察术中和术后不良反应差异。

#### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。计数资料以率 (%) 表示, 组间比较用卡方检验。计量资料符合正态分布以均数  $\pm$  标准差表示, 组间比较用独立样本  $t$  检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者基线资料比较

两组患者基线资料比较差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ ), 见表 1。

表 1 两组患者基线资料比较

Table 1 Demographic and clinical characteristics of patients in the experimental group and control group

参数	实验组 ( $n = 50$ )	对照组 ( $n = 48$ )	$P$ 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	47.2 $\pm$ 10.1	44.3 $\pm$ 8.2	0.114
性别 ( $n$ )			0.529
男	26	28	
女	24	20	
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	21.46 $\pm$ 2.71	20.93 $\pm$ 3.07	0.367
伴高血压 ( $n$ )	5	11	0.084
伴糖尿病 ( $n$ )	3	8	0.094
病程 (年, $\bar{x} \pm s$ )	4.72 $\pm$ 1.42	5.03 $\pm$ 2.01	0.379
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )	6.93 $\pm$ 1.61	7.11 $\pm$ 1.48	0.566
病变椎间盘节段 ( $n$ )			0.441
L2/3	2	1	
L3/4	4	3	
L4/5	33	32	
L5/S1	11	12	

### 2.2 两组手术前后 VAS 评分及疼痛缓解率比较

术后 1、3、6、12 个月, 两组总体 VAS 评分显著优于术前 (均  $P < 0.01$ ), 实验组 VAS 评分分别显著优于对照组 (均  $P < 0.01$ ), 见表 2。术后 12 个月随

访显示, 实验组、对照组分别有 49 例 (98.00%)、41 例 (85.42%) 患者疼痛缓解比例  $>50\%$ , 44 例 (88.00%)、27 例 (56.25%) 疼痛缓解比例  $>80\%$ ; 实验组疼痛缓解比例  $>50\%$ 、 $>80\%$  患者显著高于对照组 (均  $P < 0.01$ ), 见表 3。

表 2 两组术后疼痛缓解率比较 [ $n(\%)$ ]

Table 2 Number and percentage of patients in the experimental and control groups who experienced postoperative pain relief [ $n(\%)$ ]

时间	实验组 ( $n = 50$ )	对照组 ( $n = 48$ )	$P$ 值
术前	6.93 $\pm$ 1.61	7.11 $\pm$ 1.48	0.566
术后 1 个月	2.46 $\pm$ 1.18	3.67 $\pm$ 1.58	$<0.001$
术后 3 个月	1.78 $\pm$ 0.21	2.49 $\pm$ 1.45	0.001
术后 6 个月	1.06 $\pm$ 0.37	1.91 $\pm$ 0.22	$<0.001$
术后 12 个月	0.76 $\pm$ 0.32	2.01 $\pm$ 1.00	$<0.001$

表 3 两组手术前后 VAS 评分比较 (分,  $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 VAS pain scores of experimental and control groups over time (point,  $\bar{x} \pm s$ )

疼痛缓解率	实验组 ( $n = 50$ )	对照组 ( $n = 48$ )	$P$ 值
$<50\%$	1(2.00)	7(14.58)	0.005
$>50\%$	49(98.00)	41(85.42)	
$<80\%$	6(12.00)	21(43.75)	$<0.001$
$>80\%$	44(88.00)	27(56.25)	

### 2.3 两组术后口服镇痛药物比较

随着术后随访时间延长, 所有患者口服非甾体类消炎镇痛药持续减少。术后 1、3、6、12 个月实验组不需要口服非甾体类消炎镇痛药患者分别多于对照组 (均  $P < 0.05$ ), 见表 4。

### 2.4 两组术后 RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分比较

术后所有患者 RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分均出现随时间持续、统计学意义上的显著改善。术后 1、3、6、12 个月所有患者 RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分分别显著优于术前 (均  $P < 0.05$ )。实验组术后 1、3、6、12 个月 LANSS、EQ-5D 评分分别显著优于对照组 (均  $P < 0.05$ ), 术后 3、6、12 个月 RMDQ 评分分别显著优于对照组 (均  $P < 0.01$ ), 见表 5。

表 4 两组术后口服非甾体类消炎镇痛药比较(n)

Table 4 Comparison of the number of patients taking or not taking nonsteroidal anti-inflammatory drugs at different follow-up times before and after surgery between two groups of patients(n)

口服非甾体类消炎镇痛药	实验组(n=50)	对照组(n=48)	P 值
术前			0.099
是	40	44	
否	10	4	
术后 1 个月			0.039
是	12	21	
否	38	27	
术后 3 个月			0.011
是	6	16	
否	44	32	
术后 6 个月			0.030
是	3	10	
否	47	38	
术后 12 个月			0.038
是	2	8	
否	48	40	

2.5 术中和术后不良反应

所有患者均未出现感染、神经根性疼痛等严重不良事件。对照组有 1 例患者感到腰背部酸痛不适,实验组有 2 例穿刺部位疼痛,这些不良反应经对症处理后 24 h 内得到显著缓解。

3 讨论

腰椎间盘突出是慢性 DBP 重要病理基础<sup>[3]</sup>。椎间盘由纤维环、髓核、软骨终板及骨终板构成,其营养供应主要依赖弥散,仅纤维环外层由窦椎神经和交感神经支配。椎间盘变性确切机制尚未完全阐明,但主要表现为蛋白多糖和 II 型胶原降解、I 型胶原沉积增加,最终导致纤维化<sup>[11-12]</sup>。椎间盘变性过程中,白细胞介素-1 $\beta$ 、肿瘤坏死因子- $\alpha$  等促炎因子显著上调,通过激活基质金属蛋白酶、一氧化氮及聚集蛋白聚糖酶,加速细胞外基质(ECM)破坏<sup>[12-13]</sup>。PRP 富含多种生长因子,可促进细胞增殖、迁移及 ECM 合成,同时具有抗炎作用<sup>[6-7]</sup>。研

究表明,PRP 对椎间盘细胞具有再生潜力,椎间盘损伤后早期应用 PRP 可维持椎间盘形态、减少炎性因子释放并延缓退变进程<sup>[14]</sup>。临床研究进一步支持 PRP 疗效,椎间盘内注射可显著缓解 DBP 患者疼痛并改善功能。一项前瞻性、双盲、随机对照试验研究显示,1 年随访期间 PRP 治疗组患者疼痛和功能均得到改善<sup>[15]</sup>。

PRF 治疗 DBP 作用机制尚未完全阐明,目前认为其镇痛效应可能源于两方面:①高压电流产生强电场可作用于长入椎间盘的神经末梢,产生生物效应<sup>[16-17]</sup>;②强电场通过调节免疫反应,降低 IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$ 、IL-6 等促炎因子水平<sup>[18-21]</sup>。但现有临床证据存在矛盾,如系统评价显示疗效不一致,多数患者术后出现疼痛复发,这提示该疗法长期有效性仍需进一步验证<sup>[22]</sup>。Michno 等<sup>[9]</sup> 近期研究发现,PRF 可有效激活 PRP 中血小板因子 4(PF4)和三磷酸腺苷释放,其中 PF4 释放量达到未激活 PRP 的 3 倍;PRF 激活过程不会影响血小板完整性、代谢活性和生理功能。

本研究结果显示,根据疼痛 VAS 评分、疼痛缓解率以及 RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分标准,单次椎间盘内注射 PRP 后 1 年随访时 DBP 患者疼痛和身体功能均得到显著改善,这与既往研究报道<sup>[15]</sup> 一致,对照组疼痛缓解比例 >50% 患者达到 85.42%,疼痛缓解比例 >80% 患者达到 56.25%;表明椎间盘内注射 PRP 对修复椎间盘变性具有较长疗效。本研究中实验组术后 1、3、6、12 个月 VAS 评分、疼痛缓解率、RMDQ 评分、LANSS 评分、EQ-5D 评分等均显著优于对照组,证实 PRF 可增强 PRP 临床疗效,两者具有协同效应,表明 PRF 在体内亦可有效地活化 PRP。

本研究局限性:①单中心设计且样本量有限,可能影响结果普适性;②未定量分析 PRP 成分(血小板、红细胞、白细胞计数及生长因子浓度),难以评估 PRP 质量对疗效的影响;③治疗顺序固定(PRP 注

表 5 两组术后 RMDQ、LANSS、EQ-5D 评分比较(分,  $\bar{x} \pm s$ )

Table 5 Comparison of total score, LanSS score, and EQ-5D of Roland Morris Disability Questionnaire between two groups of patients at different follow-up time periods after surgery(point,  $\bar{x} \pm s$ )

时间	RMDQ 评分		P 值	LANSS 评分		P 值	EQ-5D 评分		P 值
	实验组	对照组		实验组	对照组		实验组	对照组	
术前	15.78 $\pm$ 6.53	16.26 $\pm$ 5.27	0.690	9.34 $\pm$ 4.63	9.37 $\pm$ 4.11	0.973	52.75 $\pm$ 18.34	51.63 $\pm$ 23.27	0.791
术后 1 个月	9.36 $\pm$ 7.21	12.17 $\pm$ 6.23	0.421	3.31 $\pm$ 1.54	5.98 $\pm$ 1.37	<0.001	81.38 $\pm$ 15.53	60.67 $\pm$ 21.22	0.001
术后 3 个月	2.72 $\pm$ 1.16	7.34 $\pm$ 5.29	0.001	2.21 $\pm$ 1.12	3.24 $\pm$ 1.48	<0.001	83.61 $\pm$ 14.37	76.53 $\pm$ 14.13	0.016
术后 6 个月	1.92 $\pm$ 0.86	5.58 $\pm$ 2.36	<0.001	2.13 $\pm$ 0.89	2.47 $\pm$ 0.65	0.034	88.59 $\pm$ 16.35	79.64 $\pm$ 15.91	0.007
术后 12 个月	1.57 $\pm$ 0.64	4.37 $\pm$ 1.94	<0.001	1.54 $\pm$ 0.66	1.97 $\pm$ 0.85	0.006	87.21 $\pm$ 11.87	81.39 $\pm$ 13.46	0.025

射后行 PRF), 未探讨 PRF 预处理对 PRP 疗效的潜在影响; ④随访期间缺乏系统性影像学评估, 无法客观评价椎间盘形态学改变。未来需进一步开展多中心大样本研究, 纳入 PRP 成分分析、治疗顺序比较及长期影像学随访, 以全面评估该联合疗法的临床价值。

#### [参考文献]

- [1] Knezevic NN, Candido KD, Vlaeyen J, et al. Low back pain [J]. *Lancet*, 2021, 398: 78-92.
- [2] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021; a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021 [J]. *Lancet*, 2024, 403: 2133-2161.
- [3] Kos N, Gradisnik L, Velnar T. A brief review of the degenerative intervertebral disc disease [J]. *Med Arch*, 2019, 73: 421-424.
- [4] Byvaltsev VA, Kalinin AA, Aliyev MA, et al. Long-term results and surgical strategy development for degenerative disease treatment in athletes; a retrospective single-center study [J]. *Eur Spine J*, 2024, 33: 3359-3368.
- [5] Scott-Young M, Lee S, Nielsen D, et al. Comparison of mid-to long-term follow-up of patient-reported outcomes measures after single-level lumbar total disc arthroplasty, multi-level lumbar total disc arthroplasty, and the lumbar hybrid procedure for the treatment of degenerative disc disease [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2022, 47: 377-386.
- [6] Everts P, Onishi K, Jayaram P, et al. Platelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations in 2020 [J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21: 7794.
- [7] Belebecha V, Casagrande R, Urbano MR, et al. Effect of the platelet-rich plasma covering of polypropylene mesh on oxidative stress, inflammation, and adhesions [J]. *Int Urogynecol J*, 2020, 31: 139-147.
- [8] 阚厚铭, 申文. 脉冲射频治疗慢性疼痛的细胞和分子机制研究进展 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2023, 29: 809-814.  
Kan HM, Shen W. Research progress on cellular and molecular mechanisms of pulsed radiofrequency therapy for chronic pain [J]. *Chin J Pain Med*, 2023, 29: 809-814.
- [9] Michno A, Kirkor Z, Gojtowska E, et al. Pulsed Radiofrequency Neuromodulation Contributes to Activation of Platelet-Rich Plasma in In Vitro Conditions [J]. *Neuromodulation*, 2021, 24: 1451-1457.
- [10] 徐小青, 穆玉娟, 刘向东, 等. CT 引导下硬膜外前外侧间隙注射富血小板血浆与复方倍他米松治疗腰神经根性疼痛 [J]. *介入放射学杂志*, 2023, 32: 996-1000.  
Xu XQ, Mu YJ, Liu XD, et al. CT-guided epidural anterolateral space injection of platelet-rich plasma and compound betamethasone for lumbar radicular pain [J]. *J Intervent Radiol*, 2023, 32: 996-1000.
- [11] Wang Y, Cheng H, Wang T, et al. Oxidative stress in intervertebral disc degeneration: Molecular mechanisms, pathogenesis and treatment [J]. *Cell Prolif*, 2023, 56: e13448.
- [12] Wang Y, Che M, Xin J, et al. The role of IL-1 $\beta$  and TNF- $\alpha$  in intervertebral disc degeneration [J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 131: 110660.
- [13] Sano T, Akeda K, Yamada J, et al. Expression of the RANK/RANKL/OPG system in the human intervertebral disc: implication for the pathogenesis of intervertebral disc degeneration [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20: 225.
- [14] Binch A, Fitzgerald JC, Growney EA, et al. Cell-based strategies for IVD repair: clinical progress and translational obstacles [J]. *Nat Rev Rheumatol*, 2021, 17: 158-175.
- [15] Li P, Zhang R, Zhou Q. Efficacy of platelet-rich plasma in retarding intervertebral disc degeneration: a meta-analysis of animal studies [J]. *Biomed Res Int*, 2017, 2017: 7919201.
- [16] Gelalis ID, Christoforou G, Charchanti A, et al. Autologous platelet-rich plasma (PRP) effect on intervertebral disc restoration: an experimental rabbit model [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2019, 29: 545-551.
- [17] 张建波, 陈金生, 宫庆娟, 等. 椎间盘内注射富血小板血浆与射频热凝治疗盘源性腰痛的疗效比较 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2022, 28: 515-521.  
Zhang JB, Chen JS, Gong QJ, et al. Comparison of the efficacy of intradiscal platelet-rich plasma injection and radiofrequency thermocoagulation for discogenic low back pain [J]. *Chin J Pain Med*, 2022, 28: 515-521.
- [18] Napoli A, Alfieri G, Scipione R, et al. Pulsed radiofrequency for low-back pain and sciatica [J]. *Expert Rev Med Devices*, 2020, 17: 83-86.
- [19] De la Cruz J, Benzecry Almeida D, Silva Marques M, et al. Elucidating the Mechanisms of Pulsed Radiofrequency for Pain Treatment [J]. *Cureus*, 2023, 15: e44922.
- [20] Facchini G, Spinnato P, Guglielmi G, et al. A comprehensive review of pulsed radiofrequency in the treatment of pain associated with different spinal conditions [J]. *Br J Radiol*, 2017, 90: 20150406.
- [21] Jamison DE, Cohen SP. Radiofrequency techniques to treat chronic knee pain: a comprehensive review of anatomy, effectiveness, treatment parameters, and patient selection [J]. *J Pain Res*, 2018, 11: 1879-1888.
- [22] Kwak SG, Lee DG, Chang MC. Effectiveness of pulsed radiofrequency treatment on cervical radicular pain: a meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97: e11761.
- [23] Gaynor JS, Hagberg S, Gurfein BT. Veterinary applications of pulsed electromagnetic field therapy [J]. *Res Vet Sci*, 2018, 119: 1-8.
- [24] Ozkumur G, Kirimlioglu E, Kaya E, et al. Effects of continuous and pulsed radiofrequency applied for 120 and 240 seconds to rats' sciatic nerve [J]. *Agri*, 2024, 36: 1-12.
- [25] Sayed D, Naidu RK, Patel KV, et al. Best Practice Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Vertebrogenic Pain with Basivertebral Nerve Ablation from the American Society of Pain and Neuroscience [J]. *J Pain Res*, 2022, 15: 2801-2819.

(收稿日期: 2025-02-23)

(本文编辑: 谷 珂)