

doi:10.3969/j.issn.1006-9852.2025.07.007

低温等离子联合胶原酶治疗腰椎融合术后邻近节段椎间盘突出临床研究 *

刘亚明¹ 张静涛² 齐 璨³ 常和平¹ 程艳欣¹ 赵森明^{1△}(¹ 河北医科大学第三医院疼痛科, 石家庄 050051; ² 河北医科大学第三医院友谊院区骨科, 石家庄 050051;³ 河北医科大学第三医院湘江院区骨科, 石家庄 050051)

摘 要 目的: 观察低温等离子消融联合胶原酶溶盘术治疗腰椎融合术后邻近节段椎间盘突出的临床疗效。**方法:** 回顾性分析 2020 年 6 月至 2023 年 1 月河北医科大学第三医院疼痛科收治的 63 例腰椎融合术后邻近节段椎间盘突出病人的临床资料, 其中男性 42 例, 女性 21 例, 所有病人均为单纯椎间盘突出不伴有椎管狭窄、节段不稳以及关节突关节病变。根据手术方法分为低温等离子消融+连续硬膜外腔镇痛联合胶原酶溶盘组(联合组) 30 例和单纯低温等离子消融+连续硬膜外腔镇痛组(消融组) 33 例。比较两组病人术前、术后 1、6、12 个月的疼痛视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI), 术后 12 个月时采用改良 MacNab 标准评估两组疗效。**结果:** 联合组中有 2 例翻身时发生导管脱落, 再次置管后完成后续治疗, 其余病人均顺利完成手术。两组病人术后 1 天、1、6、12 个月时与术前相比 VAS 评分均显著降低 ($P < 0.05$), 术后 1 天两组间 VAS 评分相比差异无统计学意义, 术后 1 个月联合组 VAS 评分显著高于消融组 ($t = 2.351, P = 0.022$), 术后 6、12 个月时联合组 VAS 评分显著低于单纯消融组 ($P < 0.05$)。两组术后 1、6、12 个月 ODI 指数与术前相比均显著降低 ($P < 0.05$), 各时间点两组组间比较差异无统计学意义。术后 12 个月随访时联合组优良率 86.67% (26/30), 消融组优良率 78.79% (26/33), 两组差异无统计学意义。**结论:** 低温等离子消融+连续硬膜外腔镇痛联合胶原酶溶盘术以及单纯低温等离子消融+连续硬膜外腔镇痛治疗腰椎融合术后邻近节段椎间盘突出均能获得较好的临床疗效, 虽然联合组术后 1 个月内疼痛症状出现反弹, 但中期随访结果表明, 联合组疼痛缓解程度优于消融组。

关键词 腰椎术后; 低温等离子; 胶原酶溶盘; 邻近节段退变; 微创

Clinical study on the treatment of adjacent segment disc herniation after lumbar fusion surgery with low-temperature plasma combined with collagenase *

LIU Ya-ming¹, ZHANG Jing-tao², QI Can³, CHANG He-ping¹, CHENG Yan-xin¹, ZHAO Sen-ming^{1△}(¹ Department of Pain Medicine, Hebei Medical University Third Hospital, Shijiazhuang 050051, China;² Department of Orthopedics, Hebei Medical University Third Hospital Youyi Campus, Shijiazhuang 050051, China; ³ Department of Orthopedics, Hebei Medical University Third Hospital Xiangjiang Campus, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract Objective: To evaluate the clinical efficacy of coblation nucleoplasty combined with collagenase chemonucleolysis in treating adjacent-segment disc herniation following lumbar fusion surgery. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 63 patients with adjacent-segment disc herniation after lumbar fusion surgery, treated at the Department of Pain Management, Third Hospital of Hebei Medical University, from June 2020 to January 2023. The cohort included 42 males and 21 females. All patients exhibited isolated disc herniation without spinal stenosis, segmental instability, or facet joint pathology. Patients were divided into two groups: the combination group (30 cases) receiving coblation nucleoplasty + continuous epidural analgesia + collagenase chemonucleolysis, and the ablation group (33 cases) receiving coblation nucleoplasty + continuous epidural

* 基金项目: 河北省卫生健康委员会医学科学研究计划指导性课题 (20241108)

△ 通信作者 赵森明 senming63@hotmail.com



analgesia alone. Visual analogue scale (VAS) scores and Oswestry disability index (ODI) were compared preoperatively and at 1, 6, and 12 months postoperatively. Clinical outcomes were assessed using the modified MacNab criteria at 12 months postoperatively. **Results:** Two patients in the combination group experienced catheter dislodgement during repositioning, but subsequent treatments were completed after catheter reinsertion. All other procedures were uneventful. Both groups exhibited significant reductions in VAS scores postoperatively compared with baseline ($P < 0.05$). While no intergroup difference in VAS was observed at postoperative day 1, the combination group showed higher VAS scores at 1 month ($t = 2.351, P = 0.022$) but significantly lower scores than the ablation group at 6 and 12 months ($P < 0.05$). ODI scores decreased significantly in both groups at all postoperative intervals ($P < 0.05$), with no intergroup differences. At the 12-month follow-up after surgery, the excellent and good rate in the combined group was 86.67% (26/30); in the ablation group, it was 78.79% (26/33). No statistically significant difference in efficacy rates was observed between groups. **Conclusion:** Both coblation nucleoplasty with continuous epidural analgesia and its combination with collagenase chemonucleolysis achieved favorable clinical outcomes for adjacent-segment disc herniation post-lumbar fusion. Although transient pain exacerbation occurred in the combination group within the first postoperative month, mid-term follow-up revealed superior pain relief compared to ablation therapy alone.

Keywords after lumbar spine surgery; low-temperature plasma; collagenase disc decompression; adjacent segment degeneration; minimally invasive

腰椎椎体间融合术是治疗腰椎退行性疾病的主要手术方式之一，但随着融合技术的普及与随访时间的延长，腰椎融合术后邻近节段退变 (adjacent segment degeneration, ASD) 逐渐成为各国学者关注的焦点。ASD 又细分为影像学邻近节段退变和症状性邻近节段退变，前者主要是指病人只在随访期间出现了影像学的改变，多不伴有明显的临床症状，无需手术干预；症状性邻近节段退变 (adjacent segment disease, ASDis) 是指融合节段上方或下方出现椎间盘或关节突关节等的退变并且出现对应的临床症状，影响手术远期优良率，多需要行二次手术^[1]。文献报道腰椎融合术后影像学邻近节段退变的发病率为 8%~100%，ASDis 的发病率为 5.2%~18.5%^[2]。然而，既往大部分关于 ASDis 的研究中并未将邻近节段椎间盘突出与邻近节段关节突关节退变区别开来，本研究中 ASDis 特指邻近节段椎间盘突出。目前，对于 ASDis 的治疗尚无统一标准，由于手术瘢痕、软组织粘连、内固定移除等问题使得再次行传统开放手术存在一定困难及风险，近些年有学者提出应用微创方式解决 ASDis，如经皮椎间孔镜技术^[3]、斜外侧入路椎体间融合术 (oblique lateral interbody fusion, OLIF)^[4]、极外侧入路椎间融合术 (extreme lateral interbody fusion, XLIF)^[5] 等，在治疗 ASDis 方面取得了一定的成效，但仍存在局限性，如学习曲线陡峭、设备昂贵、技术要求高、可能出现神经损伤等并发症。低温等离子消融术联合胶原酶溶盘术治疗 ASDis 尚未见相关报道，该术式不仅

具有微创的优势，还将物理消融与化学溶解有机结合，保证手术疗效的同时降低手术风险，手术技术易于掌握，并且设备价格低廉适宜推广应用。我科采用低温等离子消融术联合胶原酶溶盘术治疗 ASDis 取得满意的临床疗效，本研究旨在为临床解决症状性 ASD 提供一种更加微创、可行的治疗方式，并验证其有效性。

方 法

1. 一般资料

本研究通过河北医科大学第三医院医学伦理委员会审核 (伦理批号 W-2024-073-1)，回顾性分析 2020 年 6 月至 2023 年 1 月河北医科大学第三医院疼痛科收治的腰椎内固定融合术后 ASDis 病人 63 例。所有病人符合症状性 ASD 诊断标准^[6]。其中男性 42 例，女性 21 例；单节段融合术 45 例，双节段 14 例，三节段 4 例；ASD 发生部位 52 例为上位椎间盘，11 例为下位椎间盘，且经保守治疗无效。根据手术方式分为低温等离子消融 + 连续硬膜外腔镇痛联合胶原酶溶盘组 (联合组) 30 例和单纯低温等离子消融 + 连续硬膜外腔镇痛组 (消融组) 33 例，所有手术均由我科同一组医师完成。两组病人的性别、年龄、术前疼痛视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)、病变节段及初次手术术式等比较差异均无统计学意义。



纳入标准：①符合腰椎融合术后 ASDis 的诊断标准：融合术后症状缓解 > 6 个月，出现与影像学相符的临床症状；②保守治疗 3 个月无效；③典型单侧下肢神经症状。

排除标准：①存在融合器塌陷、后移，螺钉松动、断裂等手术并发症；②病变节段存在失稳、滑脱或峡部裂；③症状为关节突关节退变引起的脊神经后支区域疼痛；④存在椎间盘钙化或椎管狭窄；⑤马尾神经损伤表现者；⑥合并其他神经系统疾病（周围神经病变等）。

设备仪器：低温等离子体多功能手术系统（西安高通，型号：SM-D380A）；注射用胶原酶（辽宁味邦生物制药有限公司，600 单位/支，国药准字 H10960177）；G 形臂（德国西门子，型号：Cios-Alpha）。

2. 样本量计算方法

本研究为两组重复测量实验设计，设定一类错误为 0.05，二类错误为 0.9，重复测量次数为 5 次，组间差异值设定为 0.7，根据 PASS 11.0 计算得到每组所需最小样本量为 26，考虑 15% 的脱失率，调整后的样本量为 30 例，考虑到实际的临床操作和资源限制，最终纳入 63 例，其中联合组 30 例，消融组 33 例。

3. 方法

（1）术前准备：所有病人术前行腰椎正侧位 X 线、CT（椎间盘 CT 及内固定节段椎体 CT 平扫，排除内固定松动等问题）及 MRI 检查，检查三大常规、肝肾功能、电解质及凝血功能，排除手术禁忌证。术前谈话并签署知情同意书。

（2）手术方法：两组病人入手术室后均先行硬膜外穿刺置管术：开放静脉通路，常规心电监护，取侧卧抱膝位（棘突间隙更容易穿刺），0.4% 利多卡因 2 ml 局部麻醉后取手术瘢痕上/下方正中棘突间隙为穿刺点，18 号硬膜外穿刺针穿刺，进入硬膜外腔后，开口方向朝向病变间隙，缓慢置入硬膜外导管（硬膜外后间隙），深度 4~6 cm，此时部分病人有下肢触电感，回抽无血及脑脊液后注入碘海醇注射液 1~2 ml，G 形臂透视，根据造影剂位置再次调整导管深度，确保造影剂可弥散至病变间隙后退出穿刺针穿刺点丝线固定导管。置管结束后进行低温等离子消融术：病人取俯卧位，G 形臂透视下确定责任间盘，穿刺路径一般采用后外侧“安全三角区”入路，平行于突出椎间隙向患侧正中旁开 8~10 cm，0.4% 利多卡因 5 ml 局部浸润麻醉后用 18G 穿刺针穿刺，进针时针尖先抵住关节突关节，

然后紧贴关节突关节前外缘轻轻滑进安全三角区，到达纤维环，并进入突出的椎间盘，G 形臂透视下确定位置无误后将腰椎等离子刀头（DXR-G1100-A185 型）用生理盐水润湿，通过套管置入最深处，在 G 形臂透视下确认刀头前端位于术前规划的靶点处时（见图 1 B1），连接等离子多功能手术系统主机并将消融功率设置为 1 档进行超短程测试（0.5 s），无神经刺激症状时再调为 2、3 档后分别进行测试，如出现下肢神经刺激症状则立即停止并将套管针和刀头同时稍进深，确保刀头位置安全后用 3 档进行 360° 旋转消融，9 s 为 1 个消融周期，根据突出程度消融 2~4 个周期，然后 3 档热凝 2 个周期共 18 s，边热凝边将刀头缓慢后退 1 cm 以对汽化通道固缩成型。将套管针和刀头同时后退 1 cm 并再次重复上述过程，即完成靶点的消融成形，然后将套管针和刀头同时进深 2~3 cm 达髓核中心后进行髓核消融成形（见图 1 B2）。在消融和热凝过程中，刀头上会有一层黑色碳粉或凝固胶原组织附着，这是髓核和突出组织在汽化过程中分解产生的碳分子，应经常用生理盐水湿纱布块擦拭干净，保证刀头消融效率。术毕拔出刀头和穿刺针，局部无菌辅料覆盖。

返回病房后两组病人均经硬膜外置管处连接硬膜外泵（利多卡因注射液 1 g + 地塞米松磷酸钠注射液 10 mg + 维生素 B₁₂ 注射液 1 mg，用 0.9% 生理盐水配至 300 ml），行硬膜外连续镇痛治疗。低温等离子消融术后第 3 天消融组直接拔出硬膜外导管，穿刺点无菌辅料覆盖。联合组则经硬膜外管行椎管造影（见图 1 B3, B4），可见造影剂位于目标间隙，明确导管位置后俯卧位下行硬膜外胶原酶溶盘术：首先进行局部麻醉药试验，注射 2% 利多卡因 4 ml，观察病人 15~20 min，若无蛛网膜下腔麻醉表现方可进行下一步操作，将 900 U（3 ml）胶原酶分 3 次注入（每次 1 ml，间隔 30 min），最后用 0.5 ml 生理盐水冲洗导管后拔出，无菌辅料覆盖，病人尽可能持续俯卧位 8 小时，老年病人无法耐受者可采用膝胸位与俯卧位交替的方式进行。

（3）术后处理：两组病人术后均心电监护、绝对卧床 12 h，注意观察下肢运动及感觉有无异常变化；硬膜外导管处连接硬膜外泵，泵速 3~5 ml/h。嘱病人尽量少下地活动，避免导管异常脱落。联合组胶原酶溶盘过程中病人俯卧位 8 h，而后绝对卧床 72 h，消融组拔出硬膜外导管后可佩戴腰围逐渐下地活动，两组病人术后 1 个月内均避免过度活动，3 个月内佩戴腰围，避免腰部过度负重。

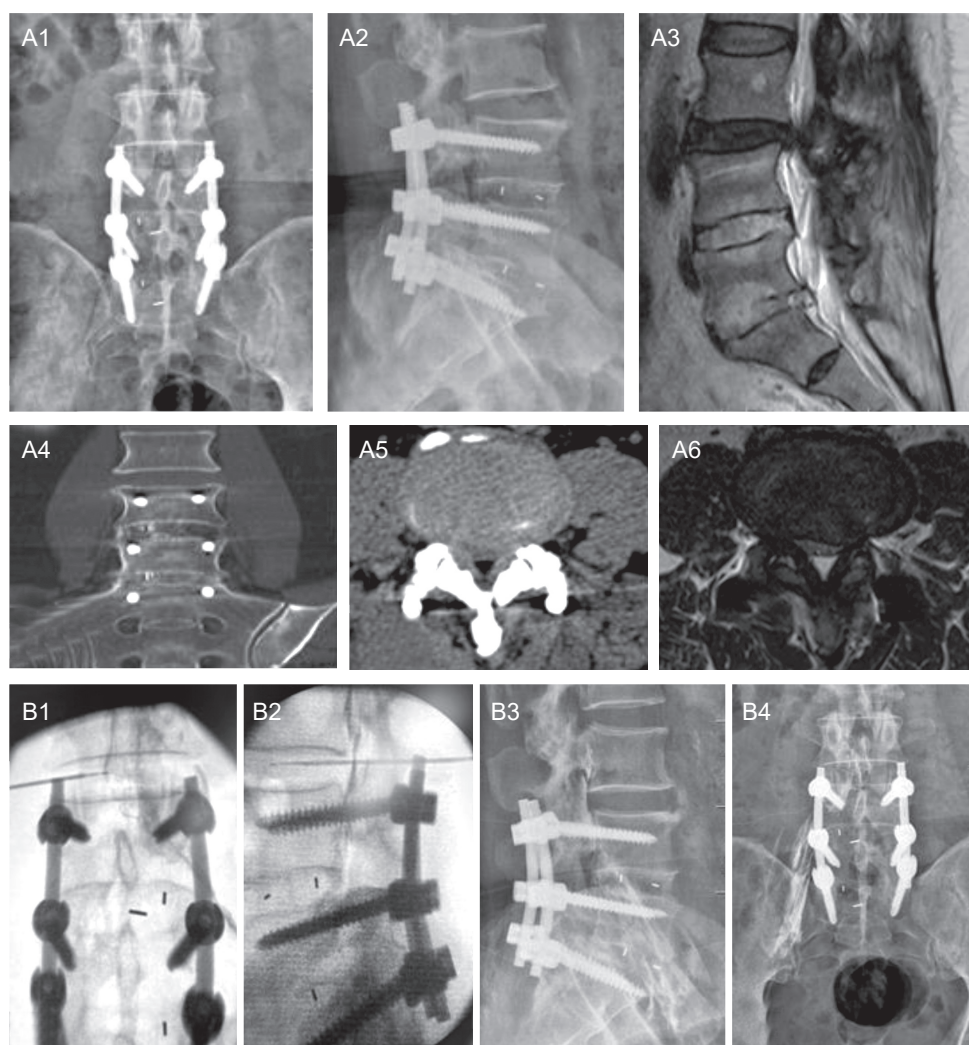


图 1 联合组病例

病例：男，67 岁，主因腰椎术后 8 年，左下肢疼痛 6 个月入院

(A1、A2) 术前腰椎正侧位 X 线示：L₄₋₅、L₅S₁ 内固定、融合器位置良好，L₃₋₄ 轻度不稳；(A3、A6) 术前 MRI 示：L₃₋₄ 椎间盘左后方突出；(A4) 术前 CT 示：L₄~S₁ 融合良好；(A5) 椎间盘 CT 示：L₃₋₄ 椎间盘左后突出，不伴有钙化；(B1、B2) 低温等离子消融术中可见等离子刀头位置良好，位于髓核部位，此时仍可见硬膜外置管后造影剂残留；(B3、B4) 溶盘前造影可见造影剂位置位于 L₃₋₄ 椎间隙水平。

Fig. 1 Case in combination group

A 67 years old male patient, admitted to the hospital mainly due to left lower limb pain for half a year after lumbar spine surgery 8 years ago.

(A1, A2) Preoperative lumbar spine anteroposterior and lateral X-rays showed good position of internal fixation and fusion devices at L₄₋₅ and L₅S₁, with mild instability at L₃₋₄; (A3, A6) Preoperative MRI showed left posterior disc herniation at L₃₋₄; (A4) Preoperative CT showed good fusion from L₄-S₁; (A5) CT of the intervertebral disc showed left posterior herniation of the L₃₋₄ disc without calcification; (B1, B2) During the low-temperature plasma ablation procedure, the plasma blade was well positioned at the nucleus pulposus, with residual contrast medium still visible after epidural catheter placement; (B3, B4) Before collagenase discography, contrast medium can be seen at the L₃₋₄ intervertebral space.

4. 疗效评价方法

记录术前、术后（拔出硬膜外导管后）第 1 天、1、6、12 个月时下肢疼痛 VAS 评分。0 分表示无痛；10 分表示无法忍受的剧烈疼痛；1~9 分则表示不同程度的疼痛，评分越高疼痛越重。记录术前、术

后 1、6、12 个月 Oswestry 功能障碍指数，ODI 问卷由 10 个问题组成，每个问题 6 个选项，6 个选项赋分依次为 0~5 分，具体计算方式：（实际问卷表得分 ÷ 50）× 100%，其数值越高表明功能障碍越严重。术后 12 个月时采用改良 MacNab 标准^[7] 进行治



疗效果总评价, 优: 治疗后原有疼痛症状完全消失, 恢复原来的工作和生活; 良: 有轻微症状, 活动轻度受限, 不需服用镇痛药物, 对工作生活无明显影响; 可: 症状减轻, 活动受限, 需服用非甾体抗炎药物, 影响正常工作和生活; 差: 治疗前后无明显差别, 需服用镇痛药物, 无法正常工作和生活。优和良的百分比之和为优良率。记录手术相关并发症及不良事件, 包括硬膜外导管脱出、重要神经血管损伤、硬脊膜破裂等。

5. 统计学分析

采用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行分析, 符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, 两组组间比较采用成组 t 检验, 重复测量资料采用重复测量方差分析 (repeated measures ANOVA), 计数资料以例 (%) 表示, 组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组一般资料比较

两组病人的性别、年龄、术前 VAS 评分、术前 ODI 指数、病变节段及初次手术术式等比较差异均无统计学意义 (见表 1)。

2. 两组 VAS 评分比较

两组各时间点 VAS 评分与术前相比均显著降低 ($P < 0.05$), 术后第 1 天两组间相比差异无统计学意义 ($P = 0.084$), 术后 1 个月联合组 VAS 评分显著高于消融组 ($t = 2.351, P = 0.022$), 术后 6、12 个月时联合组 VAS 评分显著低于消融组 ($P < 0.05$), 其他时间点两组 VAS 评分比较差异无统计学意义; 两组

VAS 评分除联合组术后 1 个月时 VAS 评分出现反弹高于术后 1 天 ($t = 2.104, P = 0.041$), 其余时间点两组均随时间推移而呈下降趋势 (见表 2)。

3. 两组 ODI 指数比较

两组术后 1、6、12 个月 ODI 指数与术前相比均显著降低 ($P < 0.05$, 见表 3); 各时间点两组间比较差异无统计学意义。

4. 两组术后随访优良率比较

术后 12 个月随访时联合组疗效为优 18 例 (60%)、良 8 例 (26.67%)、可 4 例 (13.33%), 优良率 86.67% (26/30); 消融组组疗效为优 17 例 (51.52%)、良 9 例 (27.27%)、可 7 例 (21.21%), 优良率 78.79% (26/33), 优良率两组差异无统计学意义 ($\chi^2 = 0.43, P = 0.498$, 见表 4)。

5. 并发症分析

联合组中有 2 例翻身时发生导管脱落, 再次置管后完成后续治疗。其余病人均顺利完成手术, 未发生神经、血管损伤等并发症。

讨 论

ASD 的发生是多因素所致, 有自然退变因素、病人自身因素和手术相关因素^[8], 病人自身因素包括术前邻近节段已存在的退变、年龄、性别、骨质疏松和绝经状态、体重指数 (body mass index, BMI)、多裂肌脂肪浸润程度^[9]等; 手术相关因素包括内固定的植入、融合节段的长短、术后矢状面的平衡、手术对脊柱后方复合体的破坏^[10]等。ASD 的发生机制目前尚未完全明确, 但学术界多认为邻近椎间隙生物力学的变化是邻近节段椎间盘突出

表 1 两组病人一般资料比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics between the two groups

变量 Variate	联合组 ($n = 30$) Combination group	消融组 ($n = 33$) Ablation group	P 值 P value
男/女 (例) Male/Female (n)	22/8	20/13	0.29
年龄 (岁) Age (Years)	60.2 $\pm$ 12.7	62.4 $\pm$ 10.5	0.46
术前 VAS 评分 Pre-operation VAS scores	7.23 $\pm$ 0.97	7.44 $\pm$ 0.81	0.35
术前 ODI 指数 Pre-operation ODI (%)	70.14 $\pm$ 5.37	71.23 $\pm$ 6.25	0.724
初次手术术式 (例) Surgical approach of the initial surgery (n)			0.81
后路腰椎间融合术 PLIF	21	22	
单侧经椎间孔腰椎间融合术 TLIF	9	11	
病变节段 (例) Herniated segments (n)			0.59
L ₃₋₄	8	6	
L ₄₋₅	17	20	
L ₅ S ₁	5	7	



表 2 两组病人不同时间点 VAS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm SD$)

Table 2 Comparison of VAS scores in two groups at different time points (score, $\bar{x} \pm SD$)

组别 Group	例数 Number	术前 Pre-operation	术后 1 天 Post-operation 1 d	术后 1 个月 Post-operation 1 m	术后 6 个月 Post-operation 6 m	术后 12 个月 Post-operation 12 m
联合组 Combination group	30	7.23±0.97	2.48±0.64*	2.72±0.37* ^{#△}	1.64±0.58* [○]	1.55±0.72* [○]
消融组 Ablation group	33	7.44±0.81	2.71±0.53*	2.03±0.73*	1.92±0.67*	1.88±0.61*
<i>t</i> 值 <i>t</i> value		-1.432	-1.754	2.351	-2.245	-2.098
<i>P</i> 值 <i>P</i> value		0.156	0.084	0.022	0.028	0.039

**P* < 0.05, 组内各时间点与术前相比; [#]*P* < 0.05, 联合组术后 1 个月与术后 1 天相比; [△]*P* < 0.05, 术后 1 个月联合组与消融组相比;
[○]*P* < 0.05, 术后 6、12 个月联合组与消融组相比

**P* < 0.05, compared with per-operation each time point in the group; [#]*P* < 0.05, compared between 1 m and 1 d post-operation in the combination group; [△]*P* < 0.05, compared between the combination group and the ablation group 1 m post-operation; [○]*P* < 0.05, compared between the combination group and the ablation group at 6 and 12 m post-operation.

表 3 两组病人不同时间点 ODI 指数比较 (% , $\bar{x} \pm SD$)

Table 3 Comparison of ODI scores in two groups at different time points (% , $\bar{x} \pm SD$)

组别 Group	例数 Number	术前 Pre-operation	术后 1 个月 Post-operation 1 m	术后 6 个月 Post-operation 6 m	术后 12 个月 Post-operation 12 m
联合组 Combination group	30	70.14±5.37	28.92±6.81***	19.71±4.33***	13.71±3.97***
消融组 Ablation group	33	71.23±6.25	27.63±5.26***	20.32±5.58***	14.45±4.26***
<i>t</i> 值 <i>t</i> value		0.355	0.762	0.531	0.730
<i>P</i> 值 <i>P</i> value		0.724	0.449	0.597	0.468

****P* < 0.001, 术后各时间点与同组术前相比

****P* < 0.001, compared between post-operation time points and pre-operation time points in the same group.

表 4 两组术后优良率比较

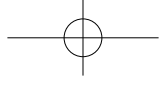
Table 4 Comparison of the excellent and good rate between the two groups postoperatively

组别 Group	例数 Number	优 (例) Excellent (zz)	良 (例) Good (zz)	可 (例) Fair (zz)	差 (例) Poor (zz)	优良率 (%) Excellent and good rate (%)
联合组 Combination group	30	18	8	4	0	86.67%
消融组 Ablation group	33	17	9	7	0	78.79%

重要原因, 且上位椎间盘更易受到影响, 因此临床中上位邻近节段椎间盘突出更多见。近些年也有动物实验^[11,12]证实, 髓核细胞凋亡以及髓核细胞外基质降解和自噬作用在 ASD 发生过程中发挥重要作用。

传统后路开放翻修术治疗症状性 ASD 时涉及到内固定移除或延长、手术瘢痕、组织粘连等问题, 且解剖层次不清导致容易发生神经血管损伤、硬脊膜撕裂、更大范围的肌肉损伤等并发症^[13]。并且如果翻修时仍采用传统内固定融合手术可能导致其他节段再次发生 ASDis, 因此需要探索更微创且有效的治疗方式。低温等离子消融术和胶原酶溶盘术应用历史悠久、技术成熟。动物实验^[14]和尸体研究^[15]

中均已证实低温等离子消融可以使髓核组织内的胶原纤维气化、收缩和固化, 缩小椎间盘的总体积, 从而减低椎间盘压力, 这一结论也得到了影像学上的确认。Richard 等^[16]利用 MRI 来观察低温等离子术后髓核体积的缩小, 通过对比发现术后髓核体积较术前缩小且差异有统计学意义。胶原酶溶盘技术自从 1970 年应用以来, 已有大量的研究证实其对髓核内的胶原分子有解链变性作用, 最终降解为相关氨基酸, 被机体中和和吸收, 从而使突出物减小或消失, 可减轻其对神经组织的压迫, 达到缓解或消除病人症状的目的。硬膜外腔连续镇痛可以迅速缓解病人症状, 地塞米松的使用可以消除神经炎, 并



通过液压分离作用缓解神经根周围粘连,同时可以使胶原酶注射更通畅、更易达到靶点。He 等^[17]研究表明,维生素 B₁₂ 在硬膜外应用时可以促进神经修复和再生,并且能缓解神经根水肿引起的疼痛。

本研究中两组病人均在低温等离子消融术后进行 3 天的硬膜外腔连续镇痛治疗,目的是消除神经炎症,迅速缓解症状保证短期疗效,同时控制两组唯一变量为胶原酶的使用与否。两组各时间点 VAS 评分与术前相比均显著降低,说明两种手术方式均可以显著缓解病人术前症状;术后第 1 天两组间 VAS 评分相比差异无统计学意义,可能与硬膜外泵的使用有关,利多卡因及地塞米松强大的抗炎和镇痛作用使得两组疼痛缓解程度无差异;术后 1 个月联合组 VAS 评分显著高于消融组,且联合组术后 1 个月时出现症状轻微反弹,VAS 评分高于术后 1 天,可能与胶原纤维在胶原酶的作用下出现溶解,导致椎间盘或椎管内容物增加,椎管内的窦椎神经受到刺激有关^[18],并且胶原酶溶解这一化学反应需要一定时间完成,此时若病人疼痛耐受不佳可按照指南^[19]推荐适当给予非甾体抗炎药物或脱水药物治疗;然而术后 6、12 个月时联合组 VAS 评分显著低于单纯消融组,说明低温等离子消融术联合胶原酶溶盘术在术后 6 个月后对于疼痛缓解更明显,可能与胶原酶在一定程度上进一步缩小突出物体积有关,但需要在今后的研究中通过影像学随访论证这一猜测。由于病人术后 1 个月内以卧床为主,因此本研究只随访分析了术后 1、6、12 个月时 ODI 指数,两组间相比差异无统计学意义,但术后与术前相比均显著改善。

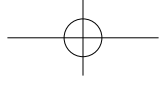
优良率方面联合组为 86.67% 高于消融组的 78.79%,但两组相比差异无统计学意义。既往有报道指出在治疗腰椎间盘突出时单纯胶原酶溶盘术的整体有效率在 85.4%^[20]左右,低温等离子消融联合胶原酶溶盘治疗优良率可达 89.7%^[21],与本研究结果相似。本研究认为溶盘前确认硬膜外导管的位置良好是保证有效率最重要的因素。在本研究中为保证手术效果,所有病人均在术中以及溶盘前进行椎管造影,术中椎管造影保证了硬膜外置管尖端位置,保证硬膜外泵可以有效扩充硬膜外间隙,为后续胶原酶顺利注入打好基础;溶盘前造影可以再次确认导管位置,避免导管移位或进入蛛网膜下腔,如果造影剂位置不佳可通过此次造影过程调整导管深度甚至重新置管。但需要注意术后硬膜外导管护理的重要性,本研究中联合组有 2 例病人由于出汗较多导致固定导管胶布松动,病人翻身期间出现导管脱落,再次置管后完成后续治

疗,导管脱落不仅影响病人治疗进程,还有可能增加穿刺处甚至椎管内感染的风险,因此建议术后家属协助病人轴性翻身谨防脱管事件发生。

虽然等离子刀头可以调节方向做到靶点消融,但其缺乏胶原酶的弥散性,胶原酶在注射后可通过弥散至压力减小的椎间盘区域,弥补等离子消融作用范围的不足^[22],将低温等离子消融术与胶原酶溶盘术联合应用于症状性 ASD 的治疗,可以充分发挥这两种微创术式的优势,降低手术风险和病人费用的同时缓解症状,减轻神经压迫。但也存在一定局限性:①由于手术瘢痕、椎管内组织粘连等问题导致硬膜外穿刺置管困难甚至硬膜撕裂或者置管后造影剂充盈不到理想位置。因此根据病变节段选择合适穿刺路径尤为重要。本研究中 52 例为上位间盘的 ASD,穿刺置管部位选在目标间盘上一棘突间隙最佳,向下置管后造影。11 例为下位椎间盘 ASD,选择穿刺置管部位为瘢痕远方棘突间隙,其中 1 例为骶管置管。所有病人术中造影均显示造影剂达到目标间盘位置。②术后连接硬膜外泵可以达到充分开放硬膜外间隙的作用,为后续的胶原酶溶盘打好基础,术前椎管较窄,怀疑存在硬膜外粘连情况的病人可适当调快泵速,但应注意密切观察病人双下肢感觉、运动,避免发生跌倒等不良事件。③胶原酶的液态物理特性导致其位置难以精准控制,且注射后若病人下地活动可能导致胶原酶位置变化,影响溶盘效果。因此,本研究中所有病人在行胶原酶溶盘过程中俯卧位 8 小时,而后绝对卧床 72 小时,术后 1 个月内避免过多活动,3 个月内佩戴腰围,避免腰部过度负重。卧床期间可通过指导病人,尤其血栓评估为高风险的病人,进行踝泵运动或直腿抬高预防下肢深静脉血栓。

综上所述,低温等离子消融术+连续硬膜外腔镇痛联合胶原酶溶盘术以及单纯低温等离子消融术+连续硬膜外腔镇痛治疗腰椎融合术后邻近节段椎间盘突出均能获得较好的临床疗效,虽然联合组术后 1 个月内疼痛症状出现反弹,但从中期随访结果看,联合组疼痛缓解程度优于消融组。临床工作中可根据病人实际情况和影像学检查选择具体术式,如老年病人无法耐受长时间俯卧位溶盘手术的可选择进行单纯低温等离子消融+连续硬膜外腔镇痛,突出物较大或多节段突出病人可选择低温等离子消融术+连续硬膜外腔镇痛联合胶原酶溶盘术。今后需要扩大样本量,完善长期随访的影像学结果,才能进一步验证两种术式的适应证及有效性。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。



参 考 文 献

- [1] Helgeson MD, Bevevino AJ, Hilibrand AS. Update on the evidence for adjacent segment degeneration and disease[J]. *Spine J*, 2013, 13(3):342-351.
- [2] Xia XP, Chen HL, Cheng HB. Prevalence of adjacent segment degeneration after spine surgery: a systematic review and meta analysis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(7):597-608.
- [3] 高利峰, 刘雅普, 李鹏, 等. 经皮椎间孔镜技术治疗腰椎固定术后邻近节段椎间盘突出症 [J]. *颈腰痛杂志*, 2024, 45(3):442-446.
- [4] 蔡毅, 彭小忠, 卓祥龙, 等. 斜外侧入路腰椎椎间融合术治疗后路腰椎融合术后邻近节段退变的早期疗效 [J]. *颈腰痛杂志*, 2023, 44(3):395-398.
- [5] 杨浩志, 马向阳, 邹小宝, 等. XLIF 技术治疗腰椎融合术后邻近节段退变性疾病 [J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2018, 10(4):197-202.
- [6] Min JH, Jang JS, Jung B, *et al.* The clinical characteristics and risk factors for the adjacent degeneration in instrumented lumbar fusion[J]. *J Spine Disord Tech*, 2008, 21(5):305-309.
- [7] Macnab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve root involvement in sixty-eight patients[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1971, 53:891-903.
- [8] Lau KKL, Samartzis D, To NSC, *et al.* Demographic, surgical, and radiographic risk factors for symptomatic adjacent segment disease after lumbar fusion: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2021, 103(15):1438-1450.
- [9] 尚琦松, 向伟, 陆云, 等. 多裂肌脂肪浸润的 Goutallier 分级与腰椎融合术后相邻节段退变的相关性分析 [J]. *颈腰痛杂志*, 2024, 45(5):820-824.
- [10] 魏巍, 王天昊, 刘建恒, 等. 后方韧带复合体损伤对腰椎后路椎间融合术后邻近节段影响的有限元分析 [J]. *颈腰痛杂志*, 2023, 44(3):324-328.
- [11] Hei L, Ge ZH, Yuan WQ, *et al.* Evaluation of a rabbit model of adjacent intervertebral disc degeneration after fixation and fusion and maintenance in an upright feeding cage[J]. *Neurol Res*, 2021, 43(6):447-457.
- [12] Sun JW, Chen FY, Wei XD, *et al.* Establishment of a rabbit model of adjacent intervertebral disk degeneration after lumbar fusion and fixation and evaluation of autophagy factor expression in nucleus pulposus cells[J]. *Orthopedics*, 2024, 47(4):e167-173.
- [13] Galetta MS, Lorentz NA, Lan R, *et al.* Reoperation rates due to adjacent segment disease following primary 1 to 2-level minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Spine*, 2023, 48(18):1295-1299.
- [14] Richard K, Birger M, Florian S, *et al.* Disc volume reduction with percutaneous nucleoplasty in an animal model[J]. *PLoS ONE*, 2012, 7(11):e50221.
- [15] Chen YC, Lee SH, Chen D. Intradiscal pressure study of percutaneous disc decompression with nucleoplasty in human cadavers[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(7):661-665.
- [16] Richard K, Birger M, Florian S, *et al.* Percutaneous disc decompression with nucleoplasty volumetry of the nucleus pulposus using ultrahigh-field MRI[J]. *PLoS ONE*, 2012, 7(7):e41497.
- [17] He C, Li JH, Hu W, *et al.* Effects of dexamethasone combined with vitamin B₁₂ on percutaneous endoscopic interlaminar discectomy early outcomes: a randomized controlled trial[J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1):733.
- [18] 武春银, 陈家骅. 胶原酶治疗腰椎间盘突出症术后疼痛加重的原因分析 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2008, 14(6):372-375.
- [19] 魏建梅, 许丽媛, 彭莉萍, 等. 腰椎间盘突出胶原酶溶解术围手术期护理中国专家共识 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2023, 29(11):801-804.
- [20] Eijiro O, Satoshi S, Satoshi N, *et al.* The effectiveness of chemonucleolysis with chondriase for treatment of painful lumbar disc herniation[J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(4):548-554.
- [21] 赵丽, 王立奎, 朱本藩, 等. 计算机断层扫描术引导下靶点低温等离子联合胶原酶治疗腰椎间盘突出症的疗效分析 [J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2018, 39(9):836-840.
- [22] 张达颖, 樊碧发, 宋文阁, 等. 腰椎间盘突出胶原酶溶解术临床应用中国专家共识 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2022, 28(2):81-85.