

· 临床研究 ·

关节镜下保留残端修补对肩袖损伤术后肩关节功能及腱-骨界面愈合的影响

夏新成¹ 吴战坡¹ 李群¹ 包先国¹ 丁祖运^{1△}

[摘要] **目的:**分析关节镜下肩袖足印区保留残端修补技术对肩袖损伤术后肩关节功能及腱-骨界面愈合模式的影响。**方法:**纳入2023年1月至2024年1月收治的158例肩袖损伤患者,其中79例行关节镜下肩袖足印区保留残端修补术(观察组),79例行关节镜下肩袖足印区去除残端修补术(对照组)。比较两组患者术前、术后3个月及12个月时肩关节活动度(前屈上举、外展上举、体侧外旋、外展内旋)、外展肌力比值、美国肩肘外科协会(ASES)评分、Constant-Murley评分、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分;比较两组患者术前及术后12个月时骨隧道扩大程度、移植物腱-骨节点 T_2 值;比较术后12个月时两组患者Sugaya分型;随访期间记录患者术后并发症。**结果:**重复测量方差分析结果显示,两组患者的肩关节活动度、外展肌力比值的时间效应、组间效应和交互效应差异有统计学意义($P < 0.05$);观察组患者与对照组患者肩关节活动度、外展肌力比值水平随时间变化趋势不同;观察组患者术后3个月及12个月的肩关节活动度、外展肌力比值均优于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。广义估计方程(GEE)模型分析显示,Constant-Murley评分、ASES评分和疼痛VAS评分在组别、时间及二者交互项中差异有统计学意义($P < 0.05$)。术后12个月时观察组患者骨隧道扩大程度大于对照组[(2.26 ± 0.24)mm vs (1.07 ± 0.13)mm],移植物腱-骨节点 T_2 值小于对照组[(54.08 ± 10.23)ms vs (117.52 ± 12.37)ms],差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者肩袖愈合Sugaya分型差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者均未出现并发症。**结论:**关节镜下保留残端修补技术通过保留生物活性残端组织,契合“筋骨并重”的中西医结合修复理念,可显著改善肩袖损伤患者的肩关节功能,减轻疼痛,优化腱-骨界面愈合质量,降低再撕裂风险。该术式生物学优势与中医“筋骨并重”“以筋养筋”的修复理念相契合,可为探索中西医结合康复方案提供现代解剖学与生物力学基础。

[关键词] 保留残端修补技术;足印区肩袖残端;肩袖损伤;肩关节;腱-骨界面愈合

[中图分类号] R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2026)05-0068-10

DOI: 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.260510

The Effect of Arthroscopic Residual Tissue Repair on Shoulder Joint Function and Tendon-Bone Interface Healing after Rotator Cuff Repair Surgery

XIA Xincheng¹ WU Zhanpo¹ LI Qun¹ BAO Xianguo¹ DING Zuyun^{1△}

¹Nanjing Lishui People's Hospital, Nanjing 211200, China.

Abstract Objective: This study evaluates the effects of arthroscopic footprint-preserving surgical techniques in rotator cuff reconstruction. The primary focus centers on postoperative functional recovery and tendon-bone interface healing patterns at the tendon-bone interface. **Methods:** A total of 158 patients with rotator cuff tears treated between January 2023 to January 2024 were enrolled. Seventy-nine patients underwent arthroscopic footprint-retaining rotator cuff repair (observation group), while 79 others underwent arthroscopic footprint-debridement rotator cuff repair (control group). Comparisons

were made between the two groups regarding shoulder range of motion (forward flexion, abduction, external rotation at the side, and internal rotation in abduction), abduction strength ratio, American shoulder and elbow surgeons (ASES) score, Constant-Murley score, and pain visual analogue scale (VAS) score-assessed preoperatively and at 3 and

基金项目:2021年东南大学附属中大医院溧水分院院级课题(LY2021010)

¹南京市溧水区人民医院(南京,211200)

△通信作者 E-mail:68119087@qq.com

12 months postoperatively. Bone tunnel enlargement and T_2 values at the graft tendon-bone interface were compared preoperatively and at 12 months postoperatively. MRI was performed at 12 months to assess tendon healing using the Sugaya classification system. Postoperative complications were recorded during follow-up. **Results:** Repeated-measures ANOVA revealed statistically significant main effects of time and group, as well as a significant time and group interaction effect, on shoulder range of motion and the abduction strength ratio (all $P < 0.05$). The observation group showed significantly greater shoulder range of motion and a higher abduction strength ratio than the control group at both 3 months and 12 months postoperatively ($P < 0.05$). The analysis using the generalized estimating equation (GEE) model revealed that the Constant-Murley score, the ASES score, and the pain VAS score showed statistically significant differences among groups, over time, and in their interaction terms ($P < 0.05$). At 12 months postoperatively, the degree of bone tunnel enlargement in the observation group was greater than that in the control group ((2.26 ± 0.24) mm vs (1.07 ± 0.13) mm), and the T_2 value at the graft tendon-bone junction was significantly lower in the observation group than that in the control group ((54.08 ± 10.23) ms vs (117.52 ± 12.37) ms) ($P < 0.05$). Sugaya classification system of tendon healing significantly favored the observation group ($P < 0.05$). No complications occurred in either group. **Conclusion:** The arthroscopic residual tissue preservation and repair technique, by retaining the biologically active residual tissue, aligns with the combined traditional Chinese and Western medicine concept of “equal emphasis on tendons and bones”, significantly improving the shoulder joint function of patients with rotator cuff injuries, reducing pain, optimizing the healing quality of the tendon-bone interface, and lowering the risk of re-tear. This surgical method’s biological advantages align with the traditional Chinese medicine concept of “equal emphasis on tendons and bones” and “nourishing tendons with tendons”, providing a modern anatomical and biomechanical foundation for exploring combined traditional Chinese and Western medicine rehabilitation plans.

Keywords: remnant-preserving repair technique; remnant rotator cuff in the footprint area; rotator cuff injuries; shoulder joint; tendon-bone healing

肩袖损伤是肩关节疼痛及功能障碍的常见病因,其治疗是肩关节外科领域的重点与难点^[1-2]。中医理论认为肩袖损伤属“筋伤”范畴,强调“筋骨并重”“气血同源”,残端组织作为“余筋”,其保留符合“祛瘀生新、筋脉续接”的修复理念。目前中西医结合指南^[1]推荐肩袖修复需兼顾解剖重建与生物活性保留,但保留残端技术与中医药干预的协同效应尚不明确,本研究聚焦术式本身的生物学优势,为后续中西医结合优化方案提供基础。肩袖损伤后,肌腱自肱骨大结节肩袖足印区完全撕脱,而部分病例呈现腱-骨结合部近端撕裂特征,形成具有生物活性的残留腱桥结构^[3]。目前,临床常用关节镜下肩袖修补术处理肩袖损伤^[4]。李行星等^[5]和 Liu 等^[6]指出,传统去除残端修补技术通过新鲜化肩袖足印区骨皮质,以高张力行腱-骨吻合;但术后愈合依赖疤痕组织介导,无法重建天然肩袖止点的“纤维结缔组织—未钙化纤维软骨—钙化纤维软骨—骨”四层过渡结构,不具备天然肩袖原始止点的组织学特性,导致生物力学结构较差,从而出现术后再撕裂率较高。研究表明^[7]肩袖残端组织仍有血供和活性,残存的干细胞可以分化出肌腱纤维软骨细胞和肌腱细胞,对肩袖损伤修复可能具有重要意义。保留残端修补技术将远、近侧残端对接缝合,通过形成一种低张力吻合,显著提升肩袖愈合的生物力学稳定性与组织学完整性。尽管保留残端技术已初步显示优势,但关于

其腱-骨界面愈合的中医“筋—骨—气血”调控机制、与中药外用/内服的协同作用等问题仍需探索。本研究采用双重差分(Difference-in-Differences, DID)模型控制选择偏倚,并结合 MRI T_2 值及骨隧道扩大的生理学解读,深化对保留残端技术的愈合机制研究,并通过对比两种术式的短期疗效,为临床术式选择及中西医结合治疗提供依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选取 2023 年 1 月至 2024 年 1 月于本院骨科就诊的肩袖撕裂伴有肩袖足印区残端患者作为研究对象。本研究基于预实验结果进行样本量计算,预实验纳入 20 例患者(每组 10 例),结果显示术后 12 个月观察组与对照组的美国肩肘外科医师协会(ASES)评分分别为 (91.51 ± 6.12) 分和 (86.52 ± 7.91) 分,均数差约为 5.0 分,合并标准差约为 8.0 分,以此作为效应量,采用 PASS 15.0 软件计算,设定 $\alpha = 0.05, \beta = 0.20$,每组至少需 68 例,参考同类关节镜术后随访研究(失访率约为 10%~20%)^[8],考虑 15% 失访率,最终纳入 79 例/组。按照随机数字表法分为观察组(行关节镜下肩袖足印区保留残端修补术)和对照组(行关节镜下肩袖足印区去除残端修补术),两组患者人口学特征(年龄、性别、体重指数)和临床基线特征(病程、患侧别、肩袖撕裂大小、吸烟史、创伤史)均衡可比,差异无统计学

意义($P>0.05$)。所有患者均签署知情同意书并获本院医学伦理委员会备案(伦审号为 20230115), 研究方案符合《赫尔辛基宣言》伦理原则。

1.2 诊断标准^[9]

1) 肩部存在外伤史或长期劳损病史; 2) 肩部活动疼痛、肩部局部压痛、“疼痛弧”试验阳性; 3) 患侧较健侧存在外展、外旋等主动活动疼痛受限; 4) X 线片可显示 III/II 型肩峰或无明显异常; 5) MRI 显示肩袖组织撕裂。

1.3 纳入标准

1) MRI 及关节镜确诊为肩袖全层撕裂, 残留肩袖足印区组织; 2) 年龄为 18~70 岁; 3) 存在持续性肩关节外展功能障碍、疼痛, 且保守治疗无效; 4) 无神经、血管损伤及肱骨近端骨折。

1.4 排除标准

1) 患肩有既往手术史; 2) 有盂肱关节不稳、Bankart 损伤者; 3) 伴有神经系统疾病、代谢性疾病、脊柱形态异常; 4) 肩袖巨大撕裂无法实现解剖复位; 5) 失访。

1.5 方法

1.5.1 手术方法 均在全身麻醉下操作, 患者取标准侧卧位并维持患肢外展 45° 牵引体位, 术中控制收缩压为 13.322~14.665 kPa (100~110 mmHg), 由同一主刀医护团队完成。关节镜经后侧标准入路建立视野通道, 系统性评估肱二头肌长头腱完整性、盂唇状态、关节软骨损伤程度及肩袖撕裂范围。镜下松解盂肱中、下韧带前束及肩袖间隙, 经后侧及前侧入路行肩峰下减压, 经后外侧及外侧入路测量撕裂口尺寸, 射频刀头松解回缩肩袖组织, 刨削器新鲜化肩袖断端。

观察组: 刨削器轻柔修整肩袖足印区残端表面松散组织(深度 ≤ 2 mm), 避免射频消融。在保留的肩袖足印区基底部精准植入 1 或 2 枚锚钉(Smith & Nephew, $\Phi 4.5$ mm, 带线可吸收), 遇残端过长影响视野时, 经盂肱关节多通道辅助定位。缝合钩行褥式缝合, 均匀分布缝线间距, 结合 Push-Lock 外排钉(Arthrex, $\Phi 4.5$ mm \times 24.0 mm) 加压固定, 实现肩袖残端“边对边”覆盖。

对照组: 采用联合清创技术彻底去除肩袖足印区残端组织, 高速磨钻打磨骨皮质至松质骨暴露(深度为 1~2 mm)。将锚钉植入松质骨床, 用缝线桥技术固定肩袖至骨床, 外排钉加压尾线。

1.5.2 术后康复 术后实施阶段性康复。术后 0~3 周, 肩关节外展位支具保护, 重点开展肘关节活动度训练, 目标为减轻疼痛肿胀, 进行腕、肘关节主动活动及肩关节钟摆运动。术后 4~8 周, 当患肩静息视觉模拟

量表(VAS)评分 ≤ 3 分时, 开始由康复医师指导下的肩关节被动前屈、外旋训练, 目标活动度前屈 $\geq 120^\circ$, 外旋 $\geq 30^\circ$ 。术后 9~12 周, 当患侧肩关节被动活动度达到健侧的 80% 且疼痛可控时(VAS 评分 ≤ 2 分), 进行主动辅助及主动关节活动度训练。术后 3~6 个月, 当主动前屈活动度 $\geq 150^\circ$ 且无显著疼痛时, 开始使用弹力带进行肩周肌群等长收缩及轻中度抗阻训练。术后 6 个月后, 经康复医师评估肌力恢复至健侧的 85% 以上后, 逐步恢复非接触性体育运动及体力劳动, 允许参与体力劳动及体育活动。

1.5.3 观察指标 所有患者于术前、术后 3 个月及 12 个月复查患肩关节功能、疼痛、关节活动度(肩部前屈、外展、中立位外旋、体侧内旋)、VAS 评分、ASES 评分、Constant-Murley 肩关节功能评分(Constant-Murley 评分)。生物力学指标: 采用拉力秤直接测量法^[10], 用标准化拉力计(精度为 0.01 磅, 即 0.044 5 N) 测量双侧外展肌力, 外展肌力比值=(患侧肌力/健侧肌力) $\times 100\%$ 。

术后 12 个月时行肩关节 MRI 检测骨隧道扩大程度、移植物腱-骨节点 T_2 值、Sugaya 分型(I~III 型为愈合, IV/V 型为再撕裂)^[11]。末次随访时记录并发症(再撕裂、肩关节僵硬、感染、锚钉松动), 行关节镜检查评估生物相容性, 分级标准: 移植物与宿主骨/软组织完全融合, 无界面裂隙为优; 局部微小裂隙(< 2 mm), 无活动性出血为良; 明显分离或移植物坏死为差。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示, 组间比较采用 t 检验; 计数资料以“例(%)”表示, 组间比较采用 χ^2 检验。Sugaya 分型用 Mann-Whitney U 检验。手术前后肩关节活动度和外展肌力比值比较采用重复测量数据方差分析, Mauchly 球形检验显示 $P < 0.05$, 采用 Greenhouse-Geisser 法校正。采用广义估计方程(Generalized Estimating Equations, GEE) 模型分析两组患者手术前后相关评分以及不同术式治疗效果的影响因素。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。双重差分模型中各变量系数见表 1。

表 1 双重差分模型中各变量系数

组别	干预前	干预后	差分
观察组	$\beta_0 + \beta_1$	$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$	$\beta_2 + \beta_3$
对照组	β_0	$\beta_0 + \beta_2$	β_2
差分	β_1	$\beta_1 + \beta_3$	β_3

2 结果

2.1 观察组与对照组患者基线资料比较

两组患者年龄、性别等基线资料见表 2, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。

表 2 两组患者基线资料比较($n=79$)

一般资料	观察组	对照组	统计检验值	P
年龄/岁	60.36±8.33	60.17±9.02	$t=0.138$	0.891
性别	男/例	47(59.49%)	$\chi^2=0.240$	0.624
	女/例	32(40.51%)		
体重指数/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	21.57±3.04	21.83±3.15	$t=0.528$	0.598
病程/月	6.62±2.19	6.15±1.96	$t=1.421$	0.157
患肩侧别	左/例	39(49.37%)	$\chi^2=0.919$	0.338
	右/例	40(50.63%)		
肩袖撕裂大小/cm	3.61±1.05	3.44±0.98	$t=1.052$	0.294
吸烟史	是/例	21(26.58%)	$\chi^2=0.757$	0.384
	否/例	58(73.42%)		
创伤史	是/例	48(60.76%)	$\chi^2=0.416$	0.519
	否/例	31(39.24%)		

2.2 手术前后肩关节功能相关指标主效应分析

对两组患者手术前后在不同时间点的肩关节活动度和外展肌力比值水平进行正态性和方差齐性检验,结果显示两组患者的肩关节活动度和外展肌力比值水平符合正态分布且方差齐,差异无统计学意义($P>0.05$)。Mauchly's 球形假设检验表明因变量肩关节活动度和外展肌力比值的方差、协方差、矩阵均相等($\chi^2=3.486, P=0.512; \chi^2=4.317, P=0.363; \chi^2=5.352, P=0.321; \chi^2=3.787, P=0.497; \chi^2=4.586, P=0.335$),故结果无需经 Greenhouse-Geisser 法校正。

分析两组患者手术前后肩关节活动度和外展肌力比值,结果显示:前屈上举、外展上举、体侧外旋、外展内旋以及外展肌力比值随着时间的推移发生了显著变化($F=27.106, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=31.842, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=43.012, P<$

$0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=37.061, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=15.319, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156$);前屈上举、外展上举、体侧外旋、外展内旋以及外展肌力比值组间差异有统计学意义($F=231.407, P<0.001, \text{自由度为 } 1\ 156; F=258.672, P<0.001, \text{自由度为 } 1\ 156; F=300.103, P<0.001, \text{自由度为 } 1\ 156; F=273.338, P<0.001, \text{自由度为 } 1\ 156; F=198.751, P<0.001, \text{自由度为 } 1\ 156$);前屈上举、外展上举、体侧外旋、外展内旋以及外展肌力比值的交互效应差异有统计学意义($F=7.891, P=0.006, \text{自由度为 } 2\ 156; F=10.304, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=13.577, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=11.925, P<0.001, \text{自由度为 } 2\ 156; F=6.523, P=0.011, \text{自由度为 } 2\ 156$);即时间因素对前屈上举、外展上举、体侧外旋、外展内旋以及外展肌力比值的影响随着治疗方法不同而有所不同,见表 3 及图 1。

表 3 两组患者治疗后骨结构相关指标的重复测量方差分析

指标	时间效应		组间效应		交互效应		Cohen's d 效应量	
	F	P	F	P	F	P	术后 3 个月	术后 12 个月
前屈上举	27.106	<0.001	231.407	<0.001	7.891	0.006	0.624 ¹⁾ (0.311, 0.892)	0.653 ¹⁾ (0.468, 0.471)
外展上举	31.842	<0.001	258.672	<0.001	10.304	<0.001	0.548 ¹⁾ (0.286, 0.764)	0.582 ¹⁾ (0.495, 0.678)
体侧外旋	43.012	<0.001	300.103	<0.001	13.577	<0.001	0.957 ¹⁾ (0.635, 1.208)	1.054 ¹⁾ (0.789, 1.203)
外展内旋	37.061	<0.001	273.338	<0.001	11.925	<0.001	0.586 ¹⁾ (0.284, 0.731)	0.621 ¹⁾ (0.473, 0.795)
外展肌力比值	15.319	<0.001	198.751	<0.001	6.523	0.011	0.469 ¹⁾ (0.247, 0.683)	1.037 ¹⁾ (0.463, 1.461)

注:1) $P<0.05$ 。

2.3 单独效应分析

单因素分析显示,与术前相比,两组患者术后 3 个月及 12 个月的肩关节活动度和外展肌力比值增加,差异有统计学意义($P<0.05$)。观察组和对照组的肩关节活动度、外展肌力比值均为术前<术后 3 个月<术后 12 个月,差异有统计学意义($P<0.05$)。多变量方差分析结果显示,观察组在术后 3 个月及 12 个月时的肩关节活动度和外展肌力比值均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 4。

2.4 手术前后肩关节疼痛和功能评分比较

两组患者术后 3 个月及 12 个月的 VAS 评分均低于治疗前,术后 12 个月的 VAS 评分低于术后 3 个月,差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者术后 3 个月及 12 个月的 Constant-Murley 评分和 ASES 评分均高于术前,术后 12 个月的 Constant-Murley 评分和 ASES 评分均高于术后 3 个月,差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者术后 3 个月及 12 个月的 Constant-Murley 评分和 ASES 评分的组间差异有统计学意义($P<0.05$),两

组患者治疗前的 Constant-Murley 评分和 ASES 评分的 组间差异无统计学意义($P>0.05$),见表 5。

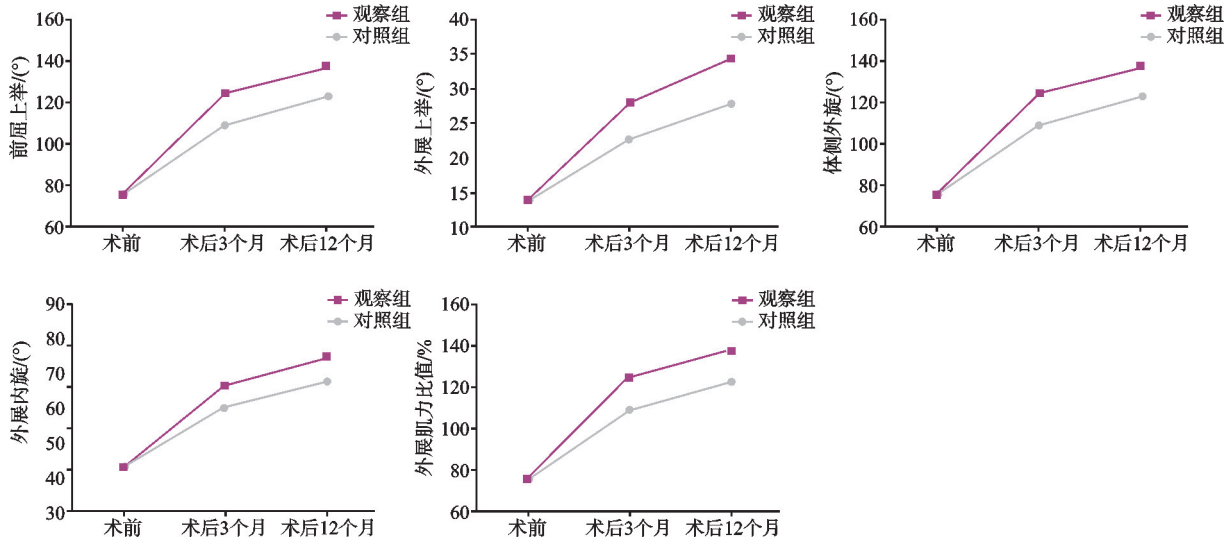


图 1 两组患者肩关节功能相关指标时间-组别交互效应趋势图

表 4 两组患者手术前后肩关节活动度及外展肌力比值比较($n=79, \bar{x} \pm s$)

指标	组别	术前	术后 3 个月	术后 12 个月	F	P
前屈上举/(°)	观察组	75.41±20.85	124.25±25.11 ¹⁾	136.82±26.04 ¹⁾²⁾	143.074	<0.001
	对照组	74.73±21.24	108.71±24.68 ¹⁾	122.36±25.37 ¹⁾²⁾		
	F	0.203	3.923	4.024		
	P	0.839	<0.001	<0.001		
外展上举/(°)	观察组	63.49±20.37	115.06±22.91 ¹⁾	128.95±23.58 ¹⁾²⁾	188.477	<0.001
	对照组	63.08±20.12	102.63±23.26 ¹⁾	115.31±23.77 ¹⁾²⁾		
	F	0.127	3.384	3.621		
	P	0.899	0.001	<0.001		
体侧外旋/(°)	观察组	14.02±4.31	27.85±5.62 ¹⁾	34.23±6.28 ¹⁾²⁾	282.330	<0.001
	对照组	13.85±4.19	22.56±5.45 ¹⁾	27.64±6.07 ¹⁾²⁾		
	F	0.251	6.006	6.706		
	P	0.802	<0.001	<0.001		
外展内旋/(°)	观察组	42.46±10.42	66.03±11.29 ¹⁾	74.26±11.35 ¹⁾²⁾	176.953	<0.001
	对照组	43.12±10.01	59.52±11.14 ¹⁾	67.09±11.84 ¹⁾²⁾		
	F	0.406	3.681	3.886		
	P	0.685	<0.001	<0.001		
外展肌力 比值/%	观察组	26.51±8.67	40.62±12.35 ¹⁾	89.36±15.91 ¹⁾²⁾	536.022	<0.001
	对照组	27.28±8.65	35.08±11.82 ¹⁾	73.21±15.45 ¹⁾²⁾		
	F	0.454	2.880	6.473		
	P	0.650	0.005	<0.001		

注:1)与同组术前相比, $P<0.05$;2)与同组术后 3 个月相比, $P<0.05$ 。

表 5 两组患者 Constant-Murley 评分、ASES 评分及疼痛 VAS 评分比较($n=79, \bar{x} \pm s$,分)

组别	时间	Constant-Murley 评分	ASES 评分	疼痛 VAS 评分
观察组	术前	47.46±7.69	51.36±8.31	4.35±1.25
	术后 3 个月	67.18±8.15 ¹⁾²⁾	74.59±6.71 ¹⁾²⁾	1.46±0.34 ¹⁾²⁾
	术后 12 个月	90.85±8.38 ¹⁾²⁾³⁾	91.10±6.05 ¹⁾²⁾³⁾	0.83±0.26 ¹⁾²⁾³⁾
对照组	术前	46.83±7.32	50.72±8.62	4.48±1.33
	术后 3 个月	61.91±8.06 ¹⁾	68.04±6.55 ¹⁾	2.51±0.35 ¹⁾
	术后 12 个月	84.87±8.17 ¹⁾³⁾	85.44±5.96 ¹⁾³⁾	1.56±0.30 ¹⁾³⁾

注:1)与同组术前相比, $P<0.05$;2)与对照组同时期相比, $P<0.05$;3)与同组术后 3 个月相比, $P<0.05$ 。

2.5 GEE 模型评估不同术式对相关评分的影响

采用 GEE 模型评价两种术式对 Constant-Murley

评分、ASES 评分和疼痛 VAS 评分的影响,分别以 Constant-Murley 评分、ASES 评分和疼痛 VAS 评分

作为因变量,组别、时间及二者交互项作为自变量;同时,为控制潜在混杂因素,将年龄、性别、病程、肩袖撕裂大小、吸烟史、创伤史、术前前屈上举、术前外展上举、术前体侧外旋、术前外展内旋以及术前外展肌力比值作为协变量纳入模型进行校正,拟合 GEE 模型。单因素及多因素分析结果显示,Constant-Murley 评分、ASES 评分和疼痛 VAS 评分在组别、时间及二者交互项中差异有统计学意义($P < 0.05$),观察组患者术后

Constant-Murley 评分、ASES 评分及疼痛 VAS 评分的改善幅度显著大于对照组,平均多出 5.181 分、4.952 分和 0.627 分,见表 6。

2.6 两组患者腱-骨界面愈合影像学参数比较

术后 12 个月时观察组骨隧道扩大程度大于对照组 [(2.26±0.24)mm vs (1.07±0.13)mm],移植物腱-骨结点 T_2 值小于对照组 [(54.08±10.23)ms vs (117.52±12.37)ms],差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 7 及图 2。

表 6 两组患者不同治疗方式相关评分 GEE 模型分析

评分		单因素分析		多因素分析	
		$\beta(95\%CI)$	P	$\beta(95\%CI)$	P
Constant-Murley 评分	对照组	参照		参照	
	观察组	1.731(1.123~3.384)	<0.001	1.824(1.232~3.467)	<0.001
	时间	38.042(35.214~40.876)	<0.001	38.112(35.257~40.963)	<0.001
	时间×观察组	5.303(2.869~7.725)	<0.001	5.181(2.716~7.638)	<0.001
ASES 评分	对照组	参照		参照	
	观察组	1.648(1.145~3.319)	<0.001	1.897(1.206~3.782)	<0.001
	时间	34.721(32.146~37.293)	<0.001	34.653(32.051~37.246)	<0.001
	时间×观察组	5.021(2.408~7.627)	<0.001	4.952(2.304~7.595)	<0.001
疼痛 VAS 评分	对照组	参照		参照	
	观察组	-1.025(-1.541~-0.862)	<0.001	-1.216(-1.762~-0.913)	<0.001
	时间	-2.924(-3.432~-2.415)	<0.001	-2.968(-3.471~-2.446)	<0.001
	时间×观察组	-0.653(-1.019~-0.296)	<0.001	-0.627(-1.104~-0.325)	<0.001

表 7 两组患者影像学参数比较($n=79, \bar{x} \pm s$)

指标	组别	术前	术后 12 个月	差值±标准差 (术后 12 个月-术前)	$t_{\text{配对}}$	P
骨隧道扩大程度/mm	观察组	0.12±0.03	2.26±0.24	2.33±0.20	23.157	<0.001
	对照组	0.12±0.02	1.07±0.13	0.93±0.11	14.628	<0.001
	t	<0.001	38.751	26.370		
	P	1.000	<0.001	<0.001		
移植物腱-骨结点 T_2 值/ms	观察组	176.34±24.06	54.08±10.23	70.16±8.52	22.106	<0.001
	对照组	176.52±25.21	117.52±12.37	120.38±13.41	15.324	<0.001
	t	0.046	35.127	40.201		
	P	0.963	<0.001	<0.001		

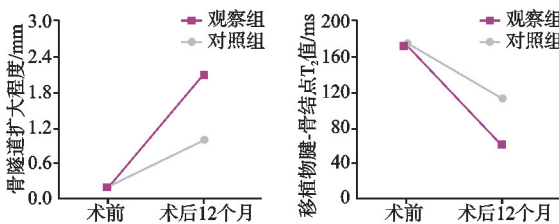


图 2 两组患者影像学参数比较

2.7 两组患者术后腱-骨界面愈合情况比较

术后 12 个月随访时,复查 MRI 结果显示,观察组 Sugaya I / II / III 型分别为 62 例、12 例、5 例,对照组 Sugaya I / II / III 型分别为 39 例、23 例、15 例。观察组未出现再撕裂,对照组再撕裂 2 例(2.53%),两组间再撕裂率比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后 12 个月两组间 Sugaya 分型比较差异有统计学意义($P <$

0.05),见表 8。

表 8 两组患者术后 12 个月 Sugaya 分型($n=79, \text{例}(\%)$)

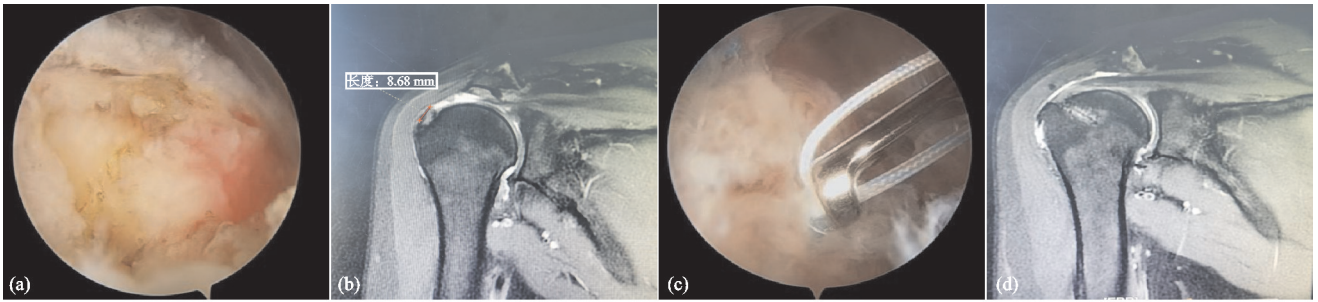
组别	I	II	III	IV	V
观察组	62(78.49%)	12(15.19%)	5(6.32%)	0	0
对照组	39(49.37%)	23(29.11%)	15(18.99%)	2(2.53%)	0
Z	65.104				
P	<0.001				

2.8 两组患者术后并发症比较

两组患者术后均未出现肩关节僵硬、感染、锚钉松动等并发症。

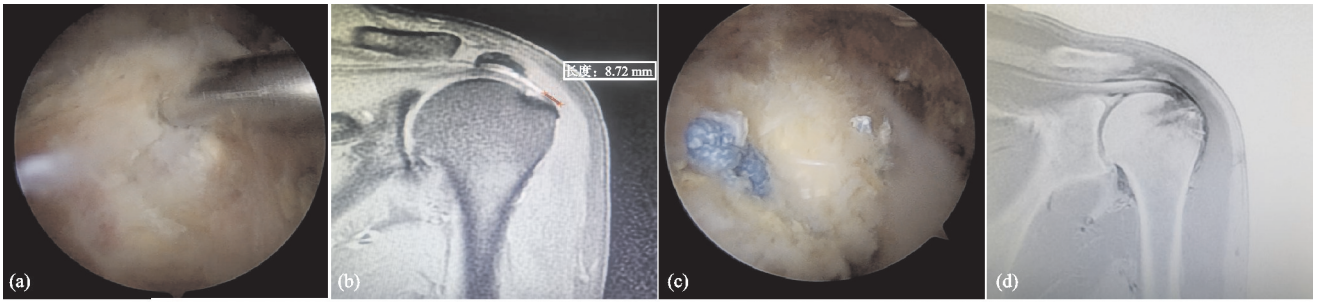
2.9 典型病例手术前后影像学资料比较

保留肩袖足印区残端患者典型病例手术前后影像学资料见图 3-图 5,去除肩袖足印区残端患者手术前后影像学资料见图 6-图 8。



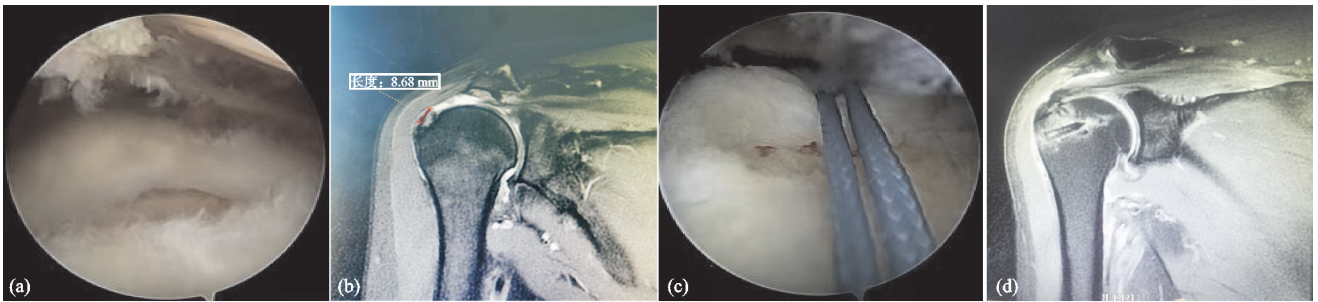
(a)(b) 术前MRI示冈上肌全层撕裂, 肩袖足印区残端长度约8 mm; (c)(d) 术后12个月MRI示腱-骨界面连续, Sugaya I 型愈合

图3 患者 1.男,62岁,行关节镜下肩袖足印区保留残端修补术



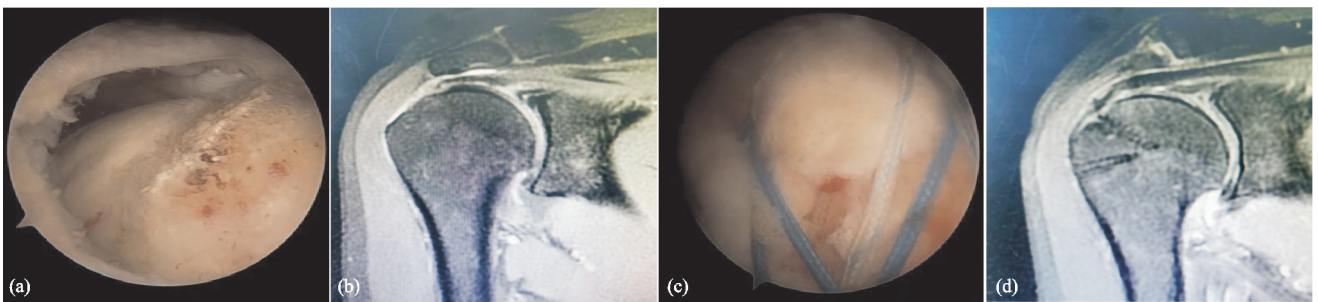
(a)(b) 术前MRI示冈上肌部分撕裂, 肩袖足印区残端长度约7 mm; (c)(d) 术后12个月MRI示腱-骨界面连续, Sugaya I 型愈合

图4 患者 2.男,58岁,行关节镜下肩袖足印区保留残端修补术



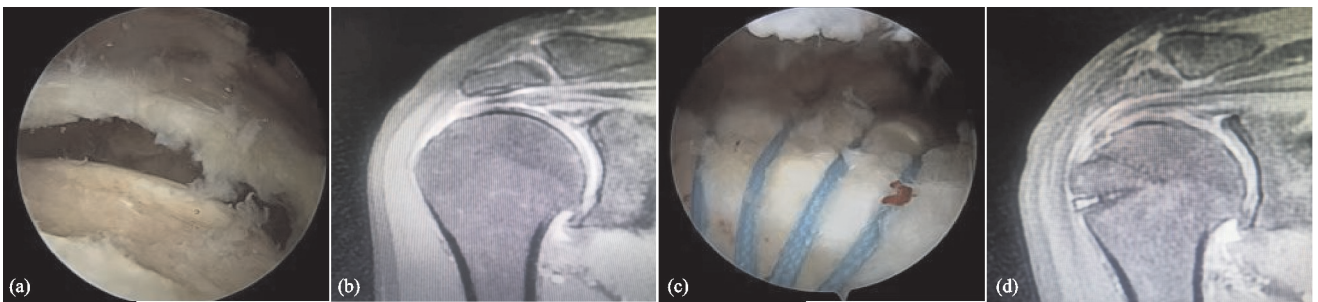
(a)(b) 术前MRI示冈上肌部分撕裂, 肩袖足印区残端长度约5 mm; (c)(d) 术后12个月MRI示腱-骨界面连续, Sugaya II 型愈合

图5 患者 3.女,65岁,行关节镜下肩袖足印区保留残端修补术



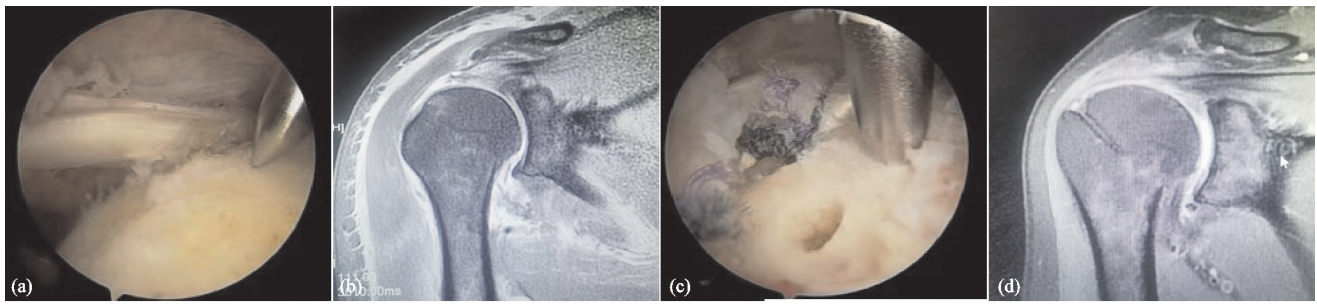
(a)(b) 术前MRI示冈上肌全层撕裂, 去除肩袖足印区残端; (c)(d) 术后12个月MRI示腱-骨界面连续, Sugaya II 型愈合

图6 患者 4.女,60岁,行关节镜下足印区去除肩袖残端修补术



(a)(b) 术前MRI示冈上肌部分撕裂, 去除肩袖足印区残端; (c)(d) 术后12个月MRI示腱-骨界面连续, Sugaya I 型愈合

图7 患者 5.男,67岁,行关节镜下足印区去除肩袖残端修补术



(a)(b) 术前MRI示冈上肌部分撕裂,去除肩袖足印区残端;(c)(d) 术后12个月MRI示腱-骨界面连续, Sugaya I 型愈合

图 8 患者 6,女,63 岁,行关节镜下肩袖足印区去除肩袖残端修补术

3 讨论

现代肩袖修补手术的核心目标在于重建具有生物活性的解剖连接界面,以恢复肩关节动态负荷传递功能^[12]。目前临床上常用去除肩袖残端修补技术处理伴肩袖足印区残端的肩袖撕裂,此术式强调腱-骨界面愈合,不保留残端肌腱,使用缝合锚钉修补肩袖损伤,术后腱与骨通过腱-骨界面瘢痕愈合^[10]。腱-骨界面主要起到肌肉向骨骼力的传递和保证腱-骨细胞间信号传递的作用,而瘢痕愈合无法重建原本的 4 层过渡结构,导致力学性能降低^[13]。此外,回缩肌腱与骨床间距增大,迫使修复时施加过高张力,肌腱血供减少,张力超负荷可能诱发再撕裂^[14]。因此,及时治疗伴肩袖足印区残端的肩袖撕裂对患者的身体健康与生存质量具有重要意义。

保留残端技术通过建立肌腱-残端解剖对合界面,降低张力,促进腱-腱功能性再生。从现代生物力学角度分析,其优势在于形成“力学分担”机制,类似悬索桥结构设计,通过邻近健康肌腱分散应力,避免局部张力超载^[15]。此技术所体现的保留生物活性、促进生理性愈合的机制,可从中医“祛瘀生新、筋脉续接”的理论视角获得新的理解与阐释,即通过维持筋骨系统的整体力学平衡,避免单一结构受力过载导致的“筋伤复发”,体现了中西医在力学认知上的共识。肩袖损伤的手术治疗方式主要包括传统开放性肩袖修补手术、小切口修补术及关节镜微创技术。有研究显示^[16]传统开放手术因切口大、三角肌剥离广泛,术后 1 年的肩关节前屈活动度、外旋活动度明显低于关节镜组,且易出现关节囊粘连。而关节镜下肩袖损伤修补操作仅需 3~5 个 0.5 cm 切口,术后 3 d 即可启动被动活动,术后 3 个月前屈上举活动度明显增加,外展肌力比值也显著提升^[17]。研究表明^[18]关节镜辅助下的肩袖修补手术创伤低,手术用时、住院时长均较短,术中出血量较少,并且具有更高的关节功能恢复效率,术后疼痛改善明显,这提示关节镜下的保留残端修补术具有更为重要的临床价值。保残修复技术通过建立肌腱-残端解剖对合界面,降低张力,促进腱-腱功能性再生,保留生物学活性,愈合牢固。从生物力学角度分析,保留残端形

成“力学分担”机制,类似悬索桥结构设计,通过邻近健康肌腱分散应力,避免局部张力超载^[15]。此外,术中未新鲜化肩袖足印区,能够在一定程度上避免骨质疏松患者锚钉松动及拔出问题^[19]。

研究表明^[13]肩袖的愈合良好程度和肩外展力量具有正相关性。本研究在术后随访中观察组肩关节外展肌力比值显著大于对照组,说明保留残端在运动功能恢复中具有优势。此外,本研究显示观察组干预前后的 Constant-Murley 评分、ASES 评分和 VAS 评分均较对照组有较大的改善,观察组的改善显著优于对照组,说明保留残端修补技术减轻术后疼痛效果更佳。术后 12 个月的 MRI 评估揭示了两组在腱-骨界面愈合模式上的本质差异,观察组的骨隧道扩大程度显著高于对照组 [(2.26 ± 0.24) mm vs (1.07 ± 0.13) mm],同时移植物腱-骨节点 T₂ 值显著更低。既往研究常将术后骨隧道扩大视为锚钉松动或愈合不良的标志^[20],然而结合更低的 T₂ 值(提示胶原纤维排列更有序、含水量更低,即愈合组织更成熟)和更优的 Sugaya 分型,本研究认为观察组更明显的骨隧道扩大更可能反映了积极的生理性骨重塑过程,这与 Sun 等^[21]在兔肩袖损伤模型中的发现相呼应:保留残端组在术后显示出更强的骨整合能力,其骨隧道区域的骨密度和骨体积分数增加与生物力学强度的提升同步,表明这种扩大是伴随新生骨长入与界面改建的适应性变化,而非单纯的骨质吸收。换言之,保留的残端作为生物活性支架,可能通过提供干细胞及生长因子,加速了“腱-骨”界面向“腱-残端-骨”多层次结构的优化愈合,从而实现了更佳生物力学整合与功能恢复,这一发现为保留残端技术促进“筋骨整合”提供了客观的影像学证据。另一项山羊实验^[22]证实,腱-腱界面愈合在抗拉强度与失效载荷方面优于腱-骨界面愈合,可能与纤维交错结构形成有关。以上发现提示腱-腱界面愈合机制可能较传统腱-骨界面愈合更具优势。肩袖作为肩关节重要结构,由四组肌腱环绕肱骨头构成套筒样复合体,其肌-腱单位通过收缩产生旋转力矩驱动关节运动^[23]。肩袖撕裂后不仅会损伤自身,还会影响周围的组织,导致一系列生物力学变化。鉴于此,理想的治

疗策略需在重建力学稳定的同时,为肌腱创造优化的愈合环境以实现生物力学功能的重塑。机械压力感受器支配肩关节的本体感觉,将有关运动、位置和受力的信息递呈至中枢神经,从而控制肩关节的精细运动。保留残端能够保留更多机械压力感受器,从而有助于提升肩关节的灵活性,减轻运动带来的疼痛。本研究中观察组与对照组间时间效应、组间效应和交互效应差异均显著,观察组患者术后3个月及12个月的肩关节活动度(前屈上举、外展上举、体侧外旋、外展内旋)均优于对照组,证实保留残端修补术后患者肩关节灵活性优于去除残端修补技术。

术后12个月时,观察组 Sugaya I/II/III型比例分别为78.49%/15.19%/6.32%,对照组 Sugaya I/II/III型分别为49.37%/29.11%/18.99%,差异有统计学意义。研究表明^[24]保留残端的干细胞募集效应与中医“精血濡养筋骨”理论契合,残端组织中的间充质干细胞可通过分泌生长因子促进“气血运行”,加速腱-骨界面的“筋脉续接”。中医“整体观念”强调关节功能的整体性,保留残端形成的“力学分担”机制(类似悬索桥结构),与中医“筋骨协调”的动态平衡理念一致,避免单一结构受力过载导致的“筋伤复发”。此外,肩袖足印区肩袖残端具有组织活性,从中分离出的腱干细胞与多能间充质干细胞能够分化出纤维软骨细胞和成肌细胞。保留残端修补技术通过保留更多的干细胞,更好地帮助肩袖与大结节的愈合。已有研究表明^[25]中医康复训练可改善肩袖术后关节功能。本研究术后康复方案融入了“循序渐进”的中医原则,为中西医结合康复提供了参考。张翼飞等^[26]的研究显示保留残端术后12个月Constant-Murley评分达85.6分,本研究观察组达90.85分,可能与术后康复中融入中医“循序渐进”的功能锻炼原则(如阶段性抗阻训练)有关,提示术式与中医康复理念的协同潜力。本研究具有一定的创新性:本研究结果与中医“筋伤修复需兼顾解剖复位与气血濡养”的理念一致,保留残端不仅是西医层面的生物活性保留,更是中医“以筋养筋”思想的体现,为后续联合丹参、川芎等活血化瘀中药干预提供了靶点,通过改善局部气血循环,进一步提升残端干细胞的增殖分化能力。

本研究的局限性如下:未纳入中医药干预因素,未来可开展“保留残端修补术+中药熏洗(如红花、当归等活血化瘀药物)”的随机对照研究,探索中西医结合方案对腱-骨界面愈合的协同作用;其次,随访周期仅12个月,虽能有效评估腱-骨界面的中期愈合质量与功能恢复情况,但不足以判断术式的远期疗效与再撕裂的稳定性。肩袖愈合后的重塑期可长达2年以上,且再撕裂高峰可能出现在术后1~2年,因此,观察组

早期的功能优势和影像学优势能否长期维持,有待延长随访周期至2~5年,评估远期再撕裂率及中医“筋骨强健”的长期疗效。未来将延长随访时间并探索术后远期影像学评估的必要性。

综上所述,关节镜下保留残端修补技术通过保留生物活性残端组织,契合“筋骨并重”的中西医结合修复理念,可显著改善肩袖损伤患者的肩关节功能,减轻疼痛,优化腱-骨界面愈合质量,降低再撕裂风险。该术式可作为伴肩袖足印区残端肩袖损伤的优选术式,为后续中西医结合治疗(如联合中药干预、中医康复训练)提供解剖学与生物学基础。

参考文献

- [1] ZENG L F, ZHANG X Q, YANG W Y, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of rotator cuff tear with integrated traditional Chinese and Western medicine[J]. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 2024, 27(15): 2187-2205.
- [2] 李立群, 宋建东, 陈佳伟, 等. 改良小切口肩袖缝合治疗高龄患者肩袖损伤23例[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2023, 31(9): 54-57.
- [3] LAFRANCE S, CHARRON M, ROY J S, et al. Diagnosing, managing, and supporting return to work of adults with rotator cuff disorders: a clinical practice guideline [J]. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2022, 52(10): 647-664.
- [4] ITO Y, ISHIDA T, MATSUMOTO H, et al. Passive shoulder abduction range of motion at 3 months postoperatively is the most important prognostic factor for achieving full recovery of range of motion at 6 months after arthroscopic rotator cuff repair [J]. *JSES International*, 2024, 8(4): 806-814.
- [5] 李行星, 窦强兵, 周亮, 等. 保残修补对退行性肩袖全层撕裂术后肩袖愈合及肩关节功能的影响研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2024, 38(2): 145-150.
- [6] LIU T, ZHANG M T, YANG Z T, et al. Does the critical shoulder angle influence retear and functional outcome after arthroscopic rotator cuff repair? A systematic review and meta-analysis [J]. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2023, 143(5): 2653-2663.
- [7] 李翔, 潘凌霄. 水凝胶在肩袖损伤治疗中的研究进展[J]. *中国骨与关节杂志*, 2024, 13(2): 155-160.
- [8] CAO J F, YAN G Z, GUO Y J, et al. Early kinesiophobia and its associated factors among patients after arthroscopic rotator cuff repair: a cross-sectional study based on latent profile analysis [J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2025, 26(1): 1076.
- [9] 中华医学会. 临床诊疗指南: 骨科分册 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 63.
- [10] 鲍涛, 胡洋洋, 巩绪勇, 等. 关节镜下全缝线锚钉治疗肩袖

- 损伤的短期临床疗效[J]. 中国运动医学杂志, 2024, 43(1):3-10.
- [11] HONG C K, HSU K L, KUAN F C, et al. Owen, Sugaya, and Hayashida classifications give poor intra- and inter-rater agreement on a magnetic resonance imaging evaluation of subscapularis tendon retears [J]. *Arthroscopy*, 2022, 38(6):1796-1801.
- [12] LUZZI A J, FERRER X, FANG F, et al. Hedgehog activation for enhanced rotator cuff tendon-to-bone healing [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2023, 51(14):3825-3834.
- [13] 李子昀, 吴秀霖, 高海涵, 等. 腱骨界面损伤的愈合机制与治疗方法研究进展[J]. 中华创伤杂志, 2022, 38(7):646-652.
- [14] LEE J M, JI J H, PARK S E, et al. Arthroscopic cuff repair: footprint remnant preserving versus debriding rotator cuff repair of transtendinous rotator cuff tears with remnant cuff [J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2024, 25(1):302.
- [15] WATANABE A, ONO Q, NISHIGAMI T, et al. Differences in risk factors for rotator cuff tears between elderly patients and young patients [J]. *Acta Medica Okayama*, 2018, 72(1):67-72.
- [16] 胡文帅, 范文俊, 赵进喜. 关节镜与开放手术治疗老年肩峰撞击综合征合并全层肩袖损伤的疗效比较[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(7):709-713.
- [17] MANCINI M R, HORINEK J L, PHILLIPS C J, et al. Arthroscopic rotator cuff repair a review of surgical techniques and outcomes [J]. *Clinics in Sports Medicine*, 2023, 42(1):81-94.
- [18] 孙羽, 孙保安, 宁睿. 全肩关节镜和关节镜辅助小切口手术治疗肩袖损伤的对比研究 [J]. 中国处方药, 2024, 22(2):186-189.
- [19] LI X W, XIAO Y J, SHU H, et al. Risk factors and corresponding management for suture anchor pullout during arthroscopic rotator cuff repair [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2022, 11(22):6870-6880.
- [20] 董志辉, 徐建杰, 毕伟东, 等. Hold-relax 手法结合肩袖修复手术对肩袖损伤患者腱-骨愈合、肌肉力量的影响 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(11):1192-1194.
- [21] SUN Y C, KWAK J M, QI C, et al. Remnant tendon preservation enhances rotator cuff healing: remnant preserving versus removal in a rabbit model [J]. *Arthroscopy: the Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 2020, 36(7):1834-1842.
- [22] LEUNG K S, CHONG W S, CHOW D H K, et al. A comparative study on the biomechanical and histological properties of bone-to-bone, bone-to-tendon, and tendon-to-tendon healing: an achilles tendon-calcaneus model in goats [J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 2015, 43(6):1413-1421.
- [23] 傅夏威, 汪滋民. 肩袖修补的生物力学研究进展 [J]. 医用生物力学, 2023, 38(2):396-401.
- [24] 张广瑞, 刘嘉鑫, 周建平, 等. 关节镜下肩袖损伤缝合技术研究进展 [J]. 中国骨伤, 2021, 34(2):160-164.
- [25] 殷志颖, 武圣超, 程韶, 等. 中医优势疗法结合冲击波促进运动性肩袖损伤功能康复的临床研究 [J]. 中国中医急症, 2025, 34(2):223-226.
- [26] 张翼飞, 张辰阳, 张晓玲, 等. 关节镜下保留肩袖残端修复肩袖撕裂的疗效分析 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(5):475-479.

(收稿日期:2025-04-09)