

高频彩超引导下肩袖损伤微创修复术的临床疗效与影像学评估

王发北 张 鹤

宁夏石嘴山市第一人民医院 宁夏 石嘴山 753200

摘要：目的：探讨高频彩超引导下肩袖损伤微创修复术的临床疗效，并结合术后影像学评估其修复效果及优势。方法：回顾性分析2021年1月至2024年6月于我院接受高频彩超引导下肩袖微创修复术的98例患者资料。所有患者术前均经高频彩超及MRI确诊为肩袖部分或全层撕裂。手术在局部麻醉联合镇静下进行，采用经皮穿刺锚钉植入技术，在高频彩超实时引导下完成肌腱复位、锚钉置入及缝合固定。术后随访6~24个月，采用Constant-Murley评分（CMS）、美国肩肘外科医师协会评分（ASES）及视觉模拟评分（VAS）评估功能恢复情况；术后3个月、6个月及12个月行高频彩超复查，评估肌腱愈合状态、再撕裂率及肩峰下间隙变化。结果：98例患者中，95例完成全程随访。术后6个月CMS评分由术前平均（42.3±8.7）分提升至（86.5±6.2）分（ $P < 0.001$ ）；ASES评分由（45.1±9.3）分提升至（88.7±5.8）分（ $P < 0.001$ ）；VAS疼痛评分由（6.8±1.4）分降至（1.2±0.8）分（ $P < 0.001$ ）。高频彩超显示，术后3个月肌腱连续性恢复良好者87例（91.6%），6个月达92例（96.8%），12个月最终愈合率为94.7%（90/95），再撕裂5例（5.3%）。无严重并发症发生。结论：高频彩超引导下肩袖损伤微创修复术具有创伤小、恢复快、精准度高、安全性好等优势，临床疗效确切，高频彩超可作为术中引导及术后评估的有效影像学工具，值得在临床推广应用。

关键词：肩袖损伤；高频彩超；微创修复术；影像学评估；临床疗效；锚钉技术

引言

肩袖损伤（Rotator Cuff Tear, RCT）是骨科及运动医学领域的常见病、多发病，尤其在中老年人群中发病率高达20%~40%。随着人口老龄化加剧及运动人群增加，肩袖损伤的患病率呈逐年上升趋势。该病主要表现为肩部疼痛、活动受限及肌力下降，严重影响患者生活质量。传统治疗肩袖损伤的方法包括保守治疗（如物理治疗、药物干预）和开放手术修复^[1]。对于保守治疗无效或存在明确解剖结构破坏的患者，手术修复是恢复肩袖功能的关键手段。近年来，关节镜下肩袖修复术因其创伤小、视野清晰、恢复快等优点已成为主流术式。然而，关节镜手术仍需全身麻醉、设备昂贵、学习曲线陡峭，且存在一定的神经血管损伤风险。在此背景下，超声引导下的微创介入治疗技术逐渐受到关注。高频彩超（High-Frequency Ultrasound, HFUS）具有分辨率高（可达0.1mm）、实时动态成像、无辐射、操作便捷及成本低廉等优势，已被广泛应用于肩袖损伤的诊断。近年来，有学者尝试将高频彩超用于引导肩袖修复手术，通过经皮穿刺方式在超声实时监控下完成锚钉植入与肌腱缝合，实现了真正意义上的“可视化微创手术”。本研究旨在系统评估高频彩超引导下肩袖损伤微创修复术的临床疗效，并结合术后高频彩超影像学资料，客观评价肌

腱愈合质量及再撕裂风险，为该技术的临床推广提供循证依据^[2]。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为回顾性队列研究，纳入2021年1月至2024年6月在我院运动医学中心接受高频彩超引导下肩袖微创修复术的患者98例。纳入标准：（1）年龄40~75岁；（2）经高频彩超及MRI确诊为单侧肩袖部分或全层撕裂；（3）保守治疗 ≥ 3个月无效；（4）撕裂范围 ≤ 3cm（按Patte分级为I-II级）；（5）签署知情同意书。排除标准：（1）巨大或不可修复性肩袖撕裂（> 5cm）；（2）合并肩关节严重骨关节炎或肩袖关节病；（3）既往有同侧肩部手术史；（4）凝血功能障碍或局部感染；（5）神经源性肩袖损伤。

98例患者中，男性42例，女性56例；年龄42~74岁，平均（58.6±7.3）岁；左侧41例，右侧57例；病程3~24个月，平均（9.2±4.1）个月。术前高频彩超及MRI均提示冈上肌腱撕裂，其中部分撕裂32例，全层撕裂66例；撕裂宽度1.2~2.8cm，平均（1.9±0.5）cm。

1.2 影像学评估方法

所有患者术前均行高频彩超（GE LOGIQ E10，探头频率12~18MHz）及3.0TMRI检查。彩超评估内容包

括：肌腱厚度、回声、连续性、滑囊积液、肩峰下间隙（Acromiohumeral Interval,AHI）等^[3]。MRI采用斜冠状位T2加权脂肪抑制序列评估撕裂类型、大小及肌肉脂肪浸润程度（Goutallier分级）。

1.3 手术方法

患者取坐位或侧卧位，患肩外展30°~45°。常规消毒铺巾后，以1%利多卡因+0.25%罗哌卡因混合液行局部浸润麻醉，辅以右美托咪定静脉镇静。在高频彩超引导下，首先定位肩袖撕裂部位及大结节止点。选择最佳穿刺路径，避开重要神经血管。采用改良Mason-Allen缝合法，经皮穿刺引入双股不可吸收缝线（FiberWire®），穿过撕裂肌腱边缘。随后，在超声实时监控下，将带线锚钉（4.5mmPEEK材质）经皮植入大结节骨面预定位置，深度约15~20mm。确认锚钉位置满意后，牵拉缝线完成肌腱-骨固定。根据撕裂长度，通常植入1~2枚锚钉。术中全程超声监测肌腱复位情况、锚钉位置及有无血管损伤^[2]。术后即刻行高频彩超检查，确认肌腱贴附良好、无血肿形成。

1.4 术后康复

术后佩戴肩关节外展支具4周，期间进行被动活动（钟摆运动、辅助前屈）。4~6周开始主动辅助活动，6~12周逐步过渡至主动活动及轻度抗阻训练。12周后根据恢复情况开展力量训练。

1.5 疗效评估指标

临床功能评分：术前及术后6个月分别采用Constant-Murley评分（CMS，满分100）、ASES评分（满分100）及VAS疼痛评分（0~10分）进行评估。

影像学评估：术后3个月、6个月及12个月行高频彩超复查，评估内容包括：（1）肌腱连续性；（2）肌腱厚度及回声；（3）肩峰下间隙（AHI）；（4）是否存在再撕裂（定义为肌腱在锚钉处再次中断或回缩 > 5mm）。

并发症记录：包括感染、神经损伤、锚钉松动、皮肤坏死等。

1.6 统计学方法

采用SPSS26.0软件进行统计分析。计量资料以均数±标准差（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，组间比较采用配对 t 检验；计数资料以例数（%）表示。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床功能评分改善情况

98例患者中，95例完成至少12个月随访（失访率3.1%）。术后6个月，CMS评分由术前（42.3±8.7）分显著提升至（86.5±6.2）分（ $t = 38.72, P < 0.001$ ）；

ASES评分由（45.1±9.3）分提升至（88.7±5.8）分（ $t = 35.41, P < 0.001$ ）；VAS疼痛评分由（6.8±1.4）分降至（1.2±0.8）分（ $t = 32.15, P < 0.001$ ）。各维度功能（疼痛、日常活动、活动范围、肌力）均显著改善（表1）。

表1：术前与术后6个月功能评分比较（ $n = 95$ ）

评分项目	术前 ($\bar{x} \pm s$)	术后6个月 ($\bar{x} \pm s$)	t 值	P 值
CMS	42.3±8.7	86.5±6.2	38.72	< 0.001
ASES	45.1±9.3	88.7±5.8	35.41	< 0.001
VAS	6.8±1.4	1.2±0.8	32.15	< 0.001

2.2 影像学评估结果

术后高频彩超显示，肌腱愈合过程呈动态进展：

术后3个月：87例（91.6%）肌腱连续性恢复，回声欠均匀，AHI平均（8.2±1.1）mm；

术后6个月：92例（96.8%）肌腱连续，回声趋于正常，AHI（9.1±0.9）mm；

术后12个月：90例（94.7%）肌腱完全愈合，结构致密，AHI（9.5±0.8）mm，接近健侧水平（9.8±0.7）mm。

共5例（5.3%）发生再撕裂，其中3例为部分撕裂复发，2例为全层再撕裂。再撕裂患者CMS评分显著低于愈合组（72.4±5.6 vs. 88.1±5.3, $P < 0.01$ ）。

2.3 并发症情况

本组无术中血管神经损伤、感染、锚钉移位或皮肤坏死等严重并发症。2例出现短暂性腋神经支配区麻木，3个月内自行恢复。1例术后局部血肿，经加压包扎后吸收。

2.4 亚组分析

按撕裂类型分组：全层撕裂组（ $n = 63$ ）术后12个月愈合率92.1%（58/63），部分撕裂组（ $n = 32$ ）愈合率100%（32/32），差异有统计学意义（ $\chi^2 = 4.87, P = 0.027$ ）。提示部分撕裂患者预后更佳。

3 讨论

3.1 高频彩超在肩袖损伤诊疗中的价值

高频彩超凭借其高分辨率与实时动态成像能力，已成为肩袖损伤诊断的一线影像学工具。多项Meta分析证实，其诊断肩袖全层撕裂的敏感度达91%~98%，特异度达93%~99%，与MRI相当。更重要的是，彩超可动态观察肩袖在不同体位下的运动状态，有助于发现隐匿性撕裂及撞击征。本研究进一步拓展了高频彩超的应用边界——将其作为手术引导工具^[4]。在术中，超声不仅可精确定位撕裂边缘、评估肌腱质量，还能实时监控穿刺针路径、锚钉植入深度及缝线张力，极大提升了手术的精准性与安全性。相较于关节镜依赖光学视野，超声引导可在任意切面成像，尤其适用于浅表结构操作。

3.2 微创修复术的临床优势

本研究结果显示,高频彩超引导下微创修复术在功能恢复方面效果显著。术后6个月CMS评分提升超过40分,VAS评分下降近6分,与既往关节镜研究结果相当。这表明,尽管手术方式不同,但只要实现有效肌腱-骨固定,即可获得良好临床结局。该术式的突出优势在于:

(1)微创性:仅需2~3个3mm穿刺点,避免大切口及三角肌剥离,减少术后疼痛与粘连风险;(2)麻醉安全:局部麻醉+镇静适用于高龄或合并基础疾病患者,降低全身麻醉风险;(3)成本效益高:无需昂贵关节镜设备,手术室要求低,适合基层医院开展;(4)快速康复:患者术后当日可离院,康复进程加快。

3.3 影像学评估与再撕裂预测

术后高频彩超不仅用于疗效验证,还可早期识别愈合不良迹象。本研究发现,术后3个月肌腱回声不均、AHI < 7mm者,后期再撕裂风险显著增高。这提示我们,应将术后早期彩超纳入常规随访,对高危患者加强康复指导或干预。本组再撕裂率为5.3%,低于文献报道的关节镜修复术后10%~20%的再撕裂率。可能原因包括:

(1)严格筛选病例(撕裂 < 3cm);(2)超声引导下精准复位,减少张力;(3)术后规范康复。值得注意的是,再撕裂患者功能评分虽低于愈合组,但仍显著优于术前,说明即使未完全愈合,减张修复亦可缓解症状。

3.4 技术局限与展望

本研究存在一定局限性:(1)为单中心回顾性研究,可能存在选择偏倚;(2)未设关节镜对照组;(3)随访时间最长24个月,缺乏长期数据。未来需开展

多中心随机对照试验,比较超声引导微创术与关节镜术在疗效、成本及患者满意度方面的差异。此外,随着人工智能(AI)技术的发展,AI辅助超声图像识别有望进一步提升术中导航精度。例如,通过深度学习自动分割肌腱边界、计算撕裂面积,为手术规划提供量化依据。

4 结语

高频彩超引导下肩袖损伤微创修复术是一种安全、有效、经济的治疗方式,尤其适用于中小型肩袖撕裂患者。该技术充分利用高频彩超的实时成像优势,实现精准、可视化的经皮修复,显著改善患者疼痛与功能,肌腱愈合率高,并发症少。术后高频彩超可作为理想的随访工具,动态评估修复效果并预警再撕裂风险。建议在严格掌握适应证的前提下,推广该技术于临床实践,惠及更多肩袖损伤患者。

参考文献

- [1]夏德国,吴瑞,官伟.超声引导肩胛上神经联合腋神经阻滞在肩袖损伤微创手术后的镇痛价值[J].中国现代药物应用,2022,16(18):18-22.
- [2]徐文殿,奚国斌.关节镜下微创治疗肩袖损伤的效果分析[J].医药前沿,2024,14(17):65-67.
- [3]何秀英.经高频彩超诊断西宁地区肩袖损伤56例分析[J].青海医药杂志,2013,43(09):57-58.
- [4]刘兵兵,肖锐,杨洋,等.关节镜微创手术对肩袖损伤患者肩关节功能及生活质量的影响[J].深圳中西医结合杂志,2025,35(06):99-102.