

超声多模态评估肩袖损伤康复疗效价值研究

陈毅然

夷陵人民医院 湖北 宜昌 443100

【摘要】：目的：探讨超声多模态评估肩袖损伤患者康复疗效的应用价值。方法：采用前瞻性队列研究，纳入轻中度肩袖损伤康复组患者 48 例，健康对照组 40 例。康复组接受为期 8 周的标准化康复治疗，分别于基线、治疗 2 周、4 周、8 周行多模态超声检查（包括二维超声、剪切波弹性成像、超微血流成像及粘弹性成像），同步行 Constant-Murley 肩关节功能评分及 VAS 疼痛评分。比较两组基线超声参数差异，分析康复组不同时间点超声参数的动态变化及其与临床评分的相关性。结果：基线时，康复组冈上肌腱厚度、剪切波速度（SWV）、粘弹性系数（STVi）及超微血流（SMI）分级与健康对照组比较差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。康复组治疗后，随时间推移，冈上肌腱厚度逐渐降低，SWV、STVi 逐渐升高，SMI 血流分级逐渐下降（ $P < 0.05$ ）。治疗 8 周时，康复组 Constant-Murley 评分较基线显著升高，VAS 评分显著降低（ $P < 0.05$ ）。相关性分析显示，SWV、STVi 与 Constant-Murley 评分呈正相关，与 VAS 评分呈负相关；肌腱厚度、SMI 分级与 Constant-Murley 评分呈负相关，与 VAS 评分呈正相关（ $P < 0.05$ ）。结论：超声多模态可全面评估肩袖损伤康复过程中肌腱形态、弹性、血供及粘弹性的动态变化，与临床功能及疼痛评分具有良好相关性，为康复疗效评估提供客观依据。

【关键词】：肩袖损伤；超声多模态；康复疗效；剪切波弹性成像；超微血流成像

DOI:10.12417/2811-051X.26.10.015

1 资料与方法

1.1 研究对象

采用前瞻性队列研究，选取肩袖损伤康复组患者 48 例，健康对照组 40 例。

康复组纳入标准：①年龄 18-65 岁；②经临床、超声或 MRI 确诊为肩袖部分撕裂或全层小撕裂；③首次发病或慢性损伤急性加重^[1]；④同意接受为期 8 周的标准化康复治疗并完成随访；⑤签署知情同意书。

排除标准：①巨大撕裂需手术治疗者；②合并肩关节骨折、脱位、神经损伤、风湿免疫性疾病、严重骨质疏松者；③既往有肩关节手术史；④无法配合完成康复及评估者。

健康对照组纳入标准：无肩部疾病史、无运动功能障碍的健康志愿者。

1.2 康复干预方案

康复组患者均接受为期 8 周的标准化康复治疗，参考国内外指南制定方案：①物理因子治疗：包括干涉波、超短波疗法，每次 20min，每周 5 次；②运动疗法：早期（0-2 周）以被动关节活动度训练、等长收缩训练为主；中期（3-4 周）增加主动辅助活动度训练、等张收缩训练；后期（5-8 周）进行抗阻训练、本体感觉训练及功能恢复训练，每次 40min，每周 3 次^[2]。

1.3 超声多模态评估方法

采用 Mindray Resona A20 型彩色多普勒超声诊断仪，线性高频探头，设置为多参数联合分析 M-Ref Live 模式，四窗口显示（B 图像、剪切波弹性、粘弹性、质控图）^[3]。检查时患者取肩关节中立位、内旋位、外展位，固定扫查切面，针对冈上肌腱、冈下肌腱关键部位进行测量：二维超声（2D-US）：测

量肌腱厚度（单位 mm），观察回声均匀性^[4]；剪切波弹性成像（SWE）：测量剪切波速度（SWV，单位 m/s，量程 0-10m/s）^[5]；超微血流成像（SMI）：采用低速血流模式，速度标尺调至最低，进行血流分级（0-3 级，0 级无血流，3 级丰富血流）；粘弹性成像（STVi）：测量粘弹性系数（单位 Pa·s，量程 0-10Pa·s）^[6]。

每次测量重复 3 次取平均值，由 2 名经过培训的超声医师操作，操作者内及操作者间一致性检验 Kappa 值 > 0.85 。

1.4 临床评估指标

分别于基线、治疗 2 周、4 周、8 周对康复组患者进行临床评估：①Constant-Murley 肩关节功能评分，总分 100 分，分数越高功能越好^[7]；②VAS 疼痛评分，0-10 分，分数越高疼痛越剧烈^[8]。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 软件进行数据分析，计量资料以（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，组间比较采用独立样本 t 检验，组内不同时间点比较采用重复测量方差分析；计数资料以率表示，比较采用 χ^2 检验；相关性分析采用 Pearson 相关分析， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组基线超声参数比较

基线时，康复组冈上肌腱厚度、SMI 分级高于健康对照组，SWV、STVi 低于健康对照组，差异均有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表 1。

表 1 两组基线超声多模态参数比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	康复组	健康对照组	t 值	P 值
----	-----	-------	-----	-----

例数	48	40		
肌腱厚度(mm)	5.76±0.68	4.25±0.51	11.86	<0.001
SWV(m/s)	2.85±0.41	4.52±0.63	-13.72	<0.001
STVi(Pa·s)	1.02±0.52	2.38±0.85	-14.05	<0.001
SMI 分级(级)	2.12±0.40	0.43±0.22	21.97	<0.001

注：续表 1。

2.2 康复组不同时间点超声参数及临床评分变化

康复组治疗后，随时间推移，冈上肌腱厚度逐渐降低，SWV、STVi 逐渐升高，SMI 血流分级逐渐下降，差异有统计学意义 ($P<0.05$)；同时 Constant-Murley 评分逐渐升高，VAS 评分逐渐降低，差异有统计学意义 ($P<0.05$)，见表 2。

表 2 康复组不同时间点超声参数及临床评分变化
($\bar{x}\pm s$, $n=48$)

指标	基线	治疗 2 周	治疗 4 周	治疗 8 周	F 值	P 值
肌腱厚度 (mm)	5.76± 0.68	5.38± 0.62	4.92± 0.55	4.50± 0.50	41.83	<0.001
SWV (m/s)	2.85± 0.41	3.26± 0.44	3.79± 0.48	4.41± 0.52	39.14	<0.001
STVi (Pa·s)	1.02± 0.52	1.45± 0.58	2.01± 0.65	2.36± 0.72	36.29	<0.001
SMI 分级 (级)	2.12± 0.40	1.80± 0.36	1.33± 0.30	0.85± 0.24	50.91	<0.001
Constant-M urley 评分	42.16 ±8.18	53.45 ±9.08	68.23± 10.25	82.31± 11.18	78.12	<0.001
VAS 评分 (分)	6.18± 1.32	4.80± 1.10	3.22± 0.85	1.50± 0.61	64.95	<0.001

2.3 超声参数与临床评分的相关性

治疗 8 周时，相关性分析显示，SWV ($r=0.69$, $P<0.001$)、STVi ($r=0.64$, $P<0.001$) 与 Constant-Murley 评分呈正相关，与 VAS 评分呈负相关 ($r=-0.66$, $P<0.001$; $r=-0.60$, $P<0.001$)；肌腱厚度 ($r=-0.58$, $P<0.001$)、SMI 分级 ($r=-0.64$, $P<0.001$) 与 Constant-Murley 评分呈负相关，与 VAS 评分呈正相关 ($r=0.55$, $P<0.001$; $r=0.62$, $P<0.001$)。

3 讨论

3.1 超声多模态在肩袖损伤评估中的优势

肩袖损伤的康复疗效评估既往多依赖临床主观评分，缺乏客观量化指标。超声多模态技术可从形态、弹性、血供及粘弹性多个维度全面评估肌腱损伤及修复情况：二维超声可直接观察肌腱厚度、回声及连续性，反映损伤后肌腱水肿、增生及修复的形态学变化；剪切波弹性成像可定量测量肌腱硬度，反映胶原纤维排列及组织弹性；超微血流成像可清晰显示肌腱内低速血流信号，评估损伤后炎症反应及血供恢复情况；粘弹性成像可反映肌腱的粘弹性特性，评估组织的力学性能恢复^[9]。本研究中，基线时康复组肌腱厚度增加、SWV 及 STVi 显著降低、SMI 血流分级升高，与健康对照组存在显著差异，提示肩袖损伤后肌腱出现水肿、弹性下降、血供增加等病理改变，与临床病理表现一致。

3.2 康复过程中超声多模态参数的动态变化

本研究显示，肩袖损伤患者经标准化康复治疗，随时间推移，肌腱厚度逐渐降低，提示水肿逐渐消退，组织增生得到改善；SWV 及 STVi 逐渐升高，表明肌腱胶原纤维逐渐重塑，弹性及粘弹性逐渐恢复；SMI 血流分级逐渐下降，反映炎症反应减轻，血供恢复正常^[10]。这些变化与临床 Constant-Murley 评分升高、VAS 评分降低同步发生，提示超声多模态参数可客观反映康复过程中肌腱组织的修复进程。康复 2 周时，超声参数即出现明显变化，早于临床功能评分的显著改善，提示超声多模态可早期评估康复疗效，为调整康复方案提供依据，避免过度或不足治疗。

3.3 超声多模态参数与临床疗效的相关性

相关性分析显示，SWV、STVi 与 Constant-Murley 评分呈正相关，与 VAS 评分呈负相关；肌腱厚度、SMI 分级与 Constant-Murley 评分呈负相关，与 VAS 评分呈正相关。这表明超声多模态参数与临床功能及疼痛评分具有良好的一致性，可作为肩袖损伤康复疗效的客观评估指标。其中，STVi 与临床评分相关性良好，可精准反映肌腱粘弹性修复程度，SWV 及 SMI 分级同样具有较高评估价值，可作为康复疗效评估的关键参数，为临床提供量化参考^[11]。

3.4 研究局限性

本研究为单中心研究，样本量有限，且仅观察了轻中度肩袖损伤患者，未纳入重度撕裂或手术治疗患者，结果可能存在一定局限性。此外，超声多模态参数的测量受操作者经验影响，虽已进行一致性检验，但仍需进一步标准化操作流程。未来可扩大样本量，纳入不同损伤程度及治疗方式的患者，进一步验证超声多模态评估的应用价值。

4 结论

超声多模态可全面、动态评估肩袖损伤患者康复过程中肌

腱形态、弹性、血供及粘弹性的变化，与临床疗效具有良好相关性，可为康复疗效评估提供客观、量化的依据，具有较高的临床应用价值。

参考文献:

- [1] 侯玉虎,马淑梅,闫瑞斌,等.高频超声及 MRI 诊断肩袖损伤的对比分析[J].青海医药杂志,2026,56(03):38-43.
- [2] 宋昊波.同期关节镜下关节囊松解联合肩袖修补治疗肩袖撕裂合并关节僵硬的疗效分析[D].山西医科大学,2024.
- [3] Sun H,Hu Y,Chen Y,et al.Application of bilateral transcranial Doppler ultrasound in diagnosing vertebral artery compression syndrome.[J].BMC neurology,2026.
- [4] 杨迎青,钱利海,文祥明,等.肩关节超声造影、高频超声和 MRI 检查对肩袖损伤分型的鉴别诊断价值[J].医学影像学杂志,2026,36(01):111-115+125.
- [5] 吉成霞,侯玉虎,马淑梅,等.剪切波弹性成像技术对超微针刀治疗肩袖损伤的疗效评价[J].中国现代医药杂志,2025,27(07):12-17.
- [6] 张云,杨小燕,强群,等.可视化超声引导下富血小板血浆注射治疗肩袖损伤的临床疗效研究[J].影像研究与医学应用,2025,9(14):168-170+173.
- [7] Lee Y,Herczeg C,Ng K M,et al.The impact of operative level on reoperation rates and short-term patient-reported outcomes in 3-level anterior cervical discectomy and fusion[J].European Spine Journal,2026,(prepublish):1-11.
- [8] Muñoz M A F,Forcada S E.Constant-Murley score categorization to assess outcomes after reverse shoulder arthroplasty following complex proximal humeral fracture.[J].Journal of orthopaedic science:official journal of the Japanese Orthopaedic Association,2025,30(6):1047-1052.
- [9] 喻振兴.物理疗法配合运动康复治疗急性肩袖损伤的疗效观察[J].中华灾害救援医学,2024,11(08):938-941.
- [10] 唐丽,罗小玲,赵中云,等.快速康复模式对关节镜治疗肩袖损伤术后早期的效果[J].贵州医药,2024,48(10):1677-1678.
- [11] 王叶红,张博,邵一萌,等.多模态超声在肩袖损伤关节镜术前评估中的应用价值与误诊分析[J].中国超声医学杂志,2025,41(11):1295-1298.