·论著·

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–骨愈合模式的影响

宋超,张锐,张超,杨鑫,郑林,蒲劲松
(川北医学院附属医院骨科,四川 南充 637000)

摘要 目的 探讨肩袖足印区保留残端修补技术(FPRT)对术后肩关节功能及腱–骨愈合的影响。**方法** 根据是否保留足印区肩袖残端,将92例肩袖损伤患者分为保残组(n = 47)和去残组(n = 45)。比较2组患者手术前后不同时间点肩关节功能评分、肩关节活动范围和腱–骨愈合指标的变化。用logistic回归分析影响患者腱–骨愈合的独立因素。分层回归分析临床特征对腱–骨愈合的影响。**结果** 术后6个月,保残组的螺钉隧道扩大程度、腱–骨节点T2值低于去残组(P < 0.05)。年龄、脂肪浸润值、肩袖撕裂大小是影响腱–骨愈合的独立危险因素。年龄大与撕裂大不利于愈合,术后康复锻炼能促进愈合。**结论** FPRT可改善患者术后肩关节疼痛与活动度,获得更接近原始腱–骨愈合模式。

关键词 肩袖足印区保留残端修补技术; 肩袖损伤; 腱–骨愈合
中图分类号 R687.4 **文献标志码** A **文章编号** 0258–4646(2026)05–0443–06
网络出版地址 https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20260515.1540.032
DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2026.05.011

Effect of arthroscopic rotator cuff footprint preservation with remnant tendon repair technique on the function of the shoulder joint and tendon-bone healing pattern after rotator cuff injuries

SONG Chao, ZHANG Rui, ZHANG Chao, YANG Xin, ZHENG Lin, PU Jinsong
(Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, China)

Abstract Objective To explore the effect of the rotator cuff footprint preservation with remnant tendon (FPRT) on postoperative shoulder joint function and tendon-bone healing. **Methods** We categorized 92 patients with rotator cuff injuries into a disability preservation and a debridement groups (n = 47 and 45, respectively) according to whether the rotator cuff stump in the footprint area was preserved. We compared the changes in shoulder function scores, shoulder range of motion, and tendon-bone healing indices at different time points before and after surgery between the two groups. We used logistic regression analysis to identify independent factors affecting tendon-bone healing in patients, and performed stratified regression analysis to examine how clinical characteristics influence tendon-bone healing. **Results** At 6 months postoperatively, the degree of screw tunnel enlargement and T2 value of the tendon-bone junction in the preservation group were lower than those in the debridement group (P < 0.05). Age, fat infiltration, and rotator cuff tear size were independent risk factors for tendon-bone healing. Older age and larger tear size were detrimental to healing, whereas postoperative rehabilitation exercises promoted healing. **Conclusion** FPRT could improve postoperative shoulder joint pain and range of motion.

Keywords footprint preservation with remnant tendon; rotator cuff injury; tendon-bone healing

肩袖损伤是致残性肩关节疾病的首要病因,60岁以上人群患病率达25%~30%,职业运动员创伤性肩袖撕裂发生率为13%-21%[1-2]。此类损伤会导致持续性肩痛,延迟治疗还会引发不可逆的病理改变,使≥40%的患者丧失独立生活能力。传统关节镜下肩袖修复术采用全层清除策略,可能破坏腱–骨界面微环境,术后再撕裂率高达20%~40%[3]。

近年来,肩袖足印区保留残端修补技术(footprint preservation with remnant tendon, FPRT)成为研究热点,其核心是选择性保留损伤肩袖在肱骨大结节足印区的残存组织,利用内源性干细胞与促愈合因子加速界面再生[4-5]。目前FPRT对肩袖损伤术后影响的相关研究较少,因此,本研究分析了保留与去除残端肩袖修补手术对肩关节功能等方面的影响,旨在为临床工作提供选择方案。

基金项目: 四川省医学会骨科(尚安通)专项科研项目(2024SAT05)
作者简介: 宋超(1990–),男,主治医师,硕士.
通信作者: 蒲劲松,E-mail:peterpu@163.com
收稿日期: 2025–05–28
网络出版时间: 2026–05–18 16:09:57

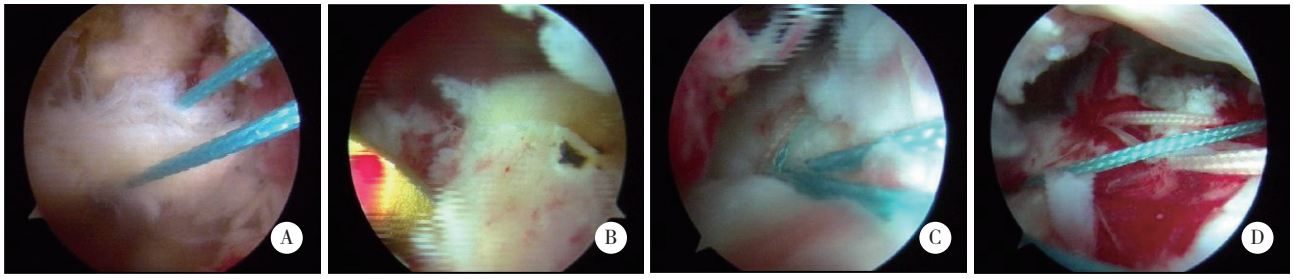
1　材料与方法

1.1　研究对象

选取2021年6月至2023年12月间川北医学院附属医院收治的92例肩袖损伤患者，根据是否保留足印区肩袖残端，将其分为保残组（$n=47$）和去残组（$n=45$）。纳入标准：经磁共振成像及术中关节镜双重确诊的肩袖全层撕裂病例中，病变区域足印区有肩袖组织残留端；肩外展乏力。排除标准：免疫性关节病（如化脓性、类风湿性关节炎）；患侧肩关节有注射或微创治疗史；合并严重系统疾病。本研究获得川北医学院附属医院医学伦理委员会批准（2025ER173-1）。

1.2　手术方法（图1）

患者全身麻醉后，健侧卧位，进行多入路联合关节镜手术。后侧入路探查盂肱关节，清理炎症组织，对肱二头肌长头腱损伤行射频消融成形术，关节活动受限者行松解术；前外侧入路进入肩峰下间隙，清除滑囊组织，评估肩袖撕裂的解剖定位、几何形态、撕裂宽度及肌腱组织质量。Ⅲ型肩峰使用骨性成形术，其余使用射频修整扩容。



A，fractured and retracted tendon；B，the retained tendon stump；C，the fit between the tendon stump and the ruptured tendon；D，appearance after anchor implantation.

图1　关节镜下肩袖足印区保留残端修补

Fig.1　Arthroscopic rotator cuff footprint preservation with remnant tendon repair

远侧残端处理方式：去残组彻底清除足印区所有软组织，直至露出点状渗血的皮质骨面（骨床新鲜化）；保残组经关节镜探查确认大结节内侧缘存在保留的残端组织，且足印区组织覆盖完整。在收缩压维持≤110 mmHg水平下，进行轻柔的机械清理，去除薄弱、失活部分，保留其主要腱性结构及与骨面的附着。采用缝线桥技术进行缝合修复，锚钉植入位置根据固定方式确定，同步记录肩关节外展最小角度（首个线结无松脱时）。活动肩关节，评估并确认修复稳定性后，关闭手术切口。

1.3　评估指标

1.3.1　肩关节功能：术前和术后3、6个月时，采用美国加州大学（University of California Los Angeles，UCLA）肩关节评分、美国肩肘外科医师协会（American Shoulder and Elbow Surgeons，ASES）评分、Constant评分评估患者的肩关节功能，采用世界卫生组织生存质量测定（The World Health Organization Quality of Life Assessment，WHOQOL-BREF）量表评估患者的生活质量。

1.3.2　肩关节活动度：术前和术后3、6个月时，采用多维度测量方案评估肩关节活动度，以角度测量法（°）记录肩关节前屈、外展及中立位外旋活动范围，参照Constant评分对体侧内旋活动度进行量化评估。

1.3.3 腱–骨愈合：术前和术后3、6个月时，采用磁共振成像定量技术检查2组患者的螺钉隧道扩大程度和腱–骨节点T2值。

1.4　统计学分析

采用SPSS 28.0软件进行统计学分析。计量资料用$\bar{x}\pm s$表示，组间比较采用t检验；计数资料用率（%）表示，采用χ^2检验进行比较。采用重复测量方差分析（F检验）比较各组内不同时间点的指标变化。采用logistic回归分析腱–骨愈合独立影响因素。采用分层回归分析临床特征对腱–骨愈合的影响。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　一般临床资料比较

2组患者年龄、肩袖撕裂大小、手术时间、锚钉

使用量、住院天数、术中出血量和术后康复锻炼要求方面比较，差异有统计学意义（$P<0.05$），见表1。

2.2　2组患者手术前后不同时间肩关节功能评分比较

术后，保残组肩关节功能各项评分高于去残组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。见表2。

表1　2组患者一般临床资料比较

Tab.1　Comparison of general clinical data between the two groups

Item	Preservation group (n = 47)	Debridement group (n = 45)	t/χ^2	P
Age (year)	51.37 ± 10.04	60.44 ± 9.87	4.367	<0.001
Sex [n (%)]			0.704	0.401
Male	25 (53.19)	20 (44.44)		
Female	22 (46.81)	25 (55.56)		
Disease course (month)	5.57 ± 1.22	5.18 ± 1.02	1.660	0.100
Size of rotator cuff tear (cm)	3.79 ± 0.13	3.94 ± 0.21	4.139	<0.001
History of trauma [n (%)]			0.363	0.547
Yes	27 (57.45)	22 (48.89)		
No	20 (42.55)	23 (51.11)		
BMI (kg/m^2)	21.88 ± 2.67	21.34 ± 2.97	0.918	0.361
Diabetes [n (%)]			1.010	0.315
Yes	10 (21.28)	6 (13.33)		
No	37 (78.72)	39 (86.67)		
Operation time (min)	55.37 ± 10.12	67.45 ± 9.83	5.804	<0.001
Anchor nail usage	3.69 ± 0.65	5.12 ± 1.11	7.579	<0.001
Length of hospital stay (d)	3.59 ± 1.01	5.34 ± 1.31	7.194	<0.001
Intraoperative blood loss (mL)	33.17 ± 10.23	50.01 ± 12.22	7.179	<0.001
Postoperative rehabilitation exercise requirements [n (%)]			4.096	0.043
Yes	39 (82.98)	29 (64.44)		
No	8 (17.02)	16 (35.56)		

BMI, body mass index.

表2　2组患者手术前后不同时间肩关节功能评分比较

Tab.2　Comparison of shoulder joint function scores between two groups at different time points before and after surgery

Parameter	Before surgery	3 months after surgery	6 months after surgery	F	P
UCLA					
Preservation group	14.45 ± 3.32	19.17 ± 5.13[1)]	22.11 ± 7.11[1),2)]	22.04	<0.001
Debridement group	15.30 ± 3.07	16.98 ± 3.87[1)]	19.68 ± 3.18[1),2)]	19.10	<0.001
t	1.274	2.304	2.100		
P	0.206	0.024	0.038		
ASES					
Preservation group	56.39 ± 16.04	78.99 ± 22.01[1)]	84.82 ± 20.93[1)]	26.95	<0.001
Debridement group	54.28 ± 15.37	69.71 ± 21.84[1)]	75.46 ± 20.08[1)]	14.51	<0.001
t	0.644	2.029	2.187		
P	0.521	0.045	0.031		
Constant					
Preservation group	54.28 ± 14.22	63.00 ± 17.56[1)]	73.95 ± 14.01[1),2)]	19.38	<0.001
Debridement group	52.19 ± 14.33	56.12 ± 14.78	66.45 ± 17.22[1),2)]	10.17	<0.001
t	0.702	2.029	2.296		
P	0.484	0.045	0.024		

（续表）

Parameter	Before surgery	3 months after surgery	6 months after surgery	*F*	*P*
WHOQOL-BREF					
Preservation group	17.05 ± 4.72	22.17 ± 6.03[1)]	25.11 ± 7.53[1),2)]	20.34	<0.001
Debridement group	15.66 ± 3.87	19.09 ± 6.17[1)]	22.18 ± 6.22[1),2)]	15.65	<0.001
t	1.541	2.421	2.030		
P	0.127	0.017	0.045		

1) $P < 0.05$ vs. before treatment; 2) $P < 0.05$ vs. 3 months after surgery.

2.3　2组患者手术前后不同时间肩关节活动度比较　保残组术后肩关节活动度高于去残组，差异有统计学意义（$P < 0.05$）。见表3。

2.4　2组患者手术前后不同时间腱-骨愈合指标比较

表3　2组患者手术前后不同时间肩关节活动度比较（°）

Tab.3　Comparison of shoulder joint mobility in two groups of patients at different time points before and after surgery (°)

Parameter	Before surgery	3 months after surgery	6 months after surgery	*F*	*P*
Forward bend					
Preservation group	134.4 ± 30.17	146.1 ± 22.21[1)]	156.1 ± 33.31[1)]	6.62	0.002
Debridement group	125.3 ± 28.66	134.0 ± 33.19	140.6 ± 25.22[1)]	3.11	0.048
t	1.482	2.196	2.508		
P	0.142	0.031	0.014		
Outreach					
Preservation group	111.4 ± 28.13	131.1 ± 25.68[1)]	143.8 ± 22.11[1),2)]	19.37	<0.001
Debridement group	104.4 ± 22.17	120.7 ± 23.24[1)]	133.5 ± 21.88[1),2)]	19.01	<0.001
t	1.322	2.034	2.245		
P	0.190	0.045	0.027		
Neutral external rotation					
Preservation group	46.28 ± 4.79	55.99 ± 10.86[1)]	63.15 ± 15.01[1),2)]	27.60	<0.001
Debridement group	47.19 ± 9.12	51.12 ± 10.08	57.45 ± 11.12[1),2)]	11.73	<0.001
t	0.603	2.227	2.062		
P	0.548	0.028	0.042		
Internal rotation					
Preservation group	5.05 ± 1.22	5.87 ± 1.03[1)]	6.61 ± 1.23[1),2)]	21.14	<0.001
Debridement group	5.10 ± 1.07	5.41 ± 0.97	6.08 ± 1.02[1),2)]	10.83	<0.001
t	0.209	2.203	2.244		
P	0.835	0.030	0.027		

1) $P < 0.05$ vs. before treatment; 2) $P < 0.05$ vs. 3 months after surgery.

术后6个月，保残组螺钉隧道扩大程度、腱-骨节点T2值（1.20 mm ± 0.40 mm、160.4 mm ± 30.20 mm）低于去残组（1.38 mm ± 0.43 mm、173.6 mm ± 30.45 mm），差异有统计学意义（$t = 2.080$，$P < 0.05$；$t = 2.087$，$P < 0.05$）。

2.5　影响患者腱-骨愈合的多因素logistic回归分析

将年龄、肩袖撕裂大小、手术时间、术中出血量、锚钉使用量、住院天数按照实际数值，术后康复锻炼要求按是否赋值（是=1，否=0），构建logistic回归模型，将腱-骨愈合状态设为二分类结局变量（是=1，否=0），结果显示，年龄、脂肪浸润值及肩袖撕裂大小是影响腱-骨愈合的独立危险因素（$P < 0.05$），术后康复锻炼要求是独立保护因素（$P < 0.05$），见表4。

2.6　治疗后不同临床特征腱-骨愈合指标分层回归分析

结果显示，年龄、肩袖撕裂大小与螺钉隧道扩

大程度呈正相关（$P<0.05$），与术后康复锻炼呈负相关（$P<0.05$）；年龄、肩袖撕裂大小与腱–骨节点T2值呈负相关（$P<0.05$），与术后康复锻炼呈正相关（$P<0.05$）。见表5。

表4　影响患者腱–骨愈合的多因素logistic回归分析

Tab.4　Multivariate logistic regression analysis of factors affecting tendon-bone healing in patients

Variable	*B*	*SE*	Wald χ^2	*P*	*OR*	95%*CI*
Age	0.588	0.301	3.821	0.046	1.801	1.009–1.999
Fat infiltration value	0.870	0.256	11.56	0.021	2.388	1.321–2.589
Size of rotator cuff tear	0.329	0.166	3.935	0.037	1.390	1.018–1.741
Operation time	0.409	0.298	1.882	0.072	1.505	0.841–2.702
Intraoperative blood loss	0.577	0.319	3.274	0.058	1.781	0.953–3.350
Anchor nail usage	0.593	0.308	3.704	0.056	1.809	0.992–3.312
Length of hospital stay	0.595	0.259	5.277	0.054	1.813	0.981–3.017
Postoperative rehabilitation exercise requirements	–0.796	0.281	8.030	0.004	0.451	0.261–0.789

表5　治疗后不同临床特征腱–骨愈合指标分层回归分析

Tab.5　Hierarchical regression analysis of tendon-bone healing indicators based on different clinical characteristics after treatment

Project	Screw tunnel expansion degree					Tendon-bone junction T2 value				
	Non-standardized coefficient		*t*	*P*	*β*	Non-standardized coefficient		*t*	*P*	*β*
	β	*SE*				*β*	*SE*			
Layer 1										
Constant	3.175	0.311	7.226	<0.001	–	2.514	0.236	6.389	<0.001	–
Age	1.289	0.217	1.355	0.037	0.861	–1.237	0.201	–1.286	0.038	–0.789
Layer 2										
Constant	5.015	0.389	7.729	<0.001	–	3.022	0.267	6.647	<0.001	–
Age	1.312	0.187	1.516	0.024	1.197	–1.316	0.302	–1.526	0.023	–0.781
Size of rotator cuff tear	1.134	0.169	1.435	0.013	1.076	–1.543	0.218	–1.305	–0.018	–1.032
Layer 3										
Constant	5.539	0.431	8.235	<0.001	–	3.889	0.279	6.901	<0.001	–
Age	1.367	0.169	1.734	0.019	1.222	–1.537	0.423	–1.630	0.031	–0.835
Size of rotator cuff tear	1.178	0.151	1.607	0.010	1.023	–1.607	0.311	–1.422	0.010	–1.197
Postoperative rehabilitation exercise requirements	–1.036	0.133	–1.517	0.005	–0.987	1.179	0.667	1.577	0.009	1.214

3　讨论

流行病学研究[6]显示，肩袖损伤在普通人群中患病率达22.15%，以40岁以上中老年为主，严重影响患者的生活质量。其发病机制主要为退行性改变和撞击学说，年龄增长致肌腱细胞凋亡、胶原紊乱，碰撞摩擦引发损伤撕裂[7-8]。

肩袖损伤目前临床上以手术治疗为主，FPRT因微创与组织保护优势成为主流，可精准清除病灶，维持血供，抑制纤维增生，改善关节活动度[9-10]。本研究表明，术后保残组各项评分高于去残组。FPRT通过保留足印区的残端组织，维持纤维软骨过渡区结构完整性，减少疼痛介质释放[11]。同时，保残组肩关节活动度也更高，FPRT保护足印区残存肌腱组织，减少残端肩袖去除，有助于维持肌腱内的机械感受器功能，改善肩关节本体感觉，促进术后肩关节活动的协调性和灵活性，减轻运动不协调引发的疼痛[12]。此外，FPRT减少对残端组织的清理，能减

轻术后瘢痕形成，降低肩关节僵硬风险，提升活动范围[13]。

已有研究[14]表明，FPRT促进腱–骨愈合更牢固。本研究中，术后2组患者螺钉隧道扩大程度增加，腱–骨节点T2值减少，这是由于FPRT采用解剖复位策略，将撕裂的肩袖近端锚定于足印区残留肌腱组织，最大限度保留原位纤维软骨界面及腱性结构，实现了生物学重建[15]。同时，避免足印区原生结构破坏，使肌腱与骨组织间的机械应力分布更均匀，提升愈合强度与稳定性。分层回归分析显示，年龄、脂肪浸润值、肩袖撕裂大小和术后康复锻炼会对螺钉隧道扩大程度、腱–骨节点T2值产生影响。随着年龄增长，成骨细胞功能衰退，破骨细胞骨吸收亢进，骨转换率升高，修复界面骨整合能力下降，螺钉隧道扩大[16]；大范围肩袖撕裂使腱–骨界面牵拉应力增加、血管损伤，营养与氧供减少，胶原排列紊乱，导致T2值下降受阻[17]。术后按康复要求锻炼能刺激成骨细胞，阻断破骨细胞骨吸收，形成正向调控机制，降低隧道扩大程度，还能产生周期性应力，引导胶原有序排列，加速纤维软骨带成熟，促使T2值降低[18]。

综上所述，本研究结果表明，FPRT可改善肩袖损伤患者的肩关节功能评分、活动度和腱–骨愈合情况。但本研究仍存在一定的局限性，本研究为回顾性、非随机对照研究，通过多因素分析控制部分混杂因素，但仍无法完全排除基线不均衡的潜在偏倚。受试者规模有限，观察周期短，中远期疗效评估数据不足。未来需开展设计更为严谨的前瞻性、大样本随机对照试验，匹配关键基线特征，进一步验证FPRT对于术后功能及愈合的影响。同时开展多中心研究，扩大样本量，延长随访周期，全面分析FPRT的远期疗效。

参考文献：

[1] FITZPATRICK LA，ATINGA A，WHITE L，et al. Rotator cuff injury and repair [J]. Semin Musculoskelet Radiol，2022，26 (5)：585-596. DOI：10.1055/s-0042-1756167.

[2] GIRI A，O'HANLON D，JAIN NB. Risk factors for rotator cuff disease：a systematic review and meta-analysis of diabetes，hypertension，and hyperlipidemia [J]. Ann Phys Rehabil Med，2023，66 (1)：101631. DOI：10.1016/j.rehab.2022.101631.

[3] JEONG ET，LEE DR，LEE J，et al. Does complete footprint coverage affect outcomes after conventional arthroscopic repair of large-sized rotator cuff tears? [J]. Orthop J Sports Med，2022，10 (9)：23259671221120598. DOI：10.1177/23259671221120598.

[4] LEE JM，JI JH，PARK SE，et al. Arthroscopic cuff repair：footprint remnant preserving versus debriding rotator cuff repair of transtendinous rotator cuff tears with remnant cuff [J]. BMC Musculoskelet Disord，2024，25 (1)：302. DOI：10.1186/s12891-024-07431-z.

[5] MIYADAHIRA R，BI AS，SHEN A，et al. Arthroscopic rotator cuff repair technique incorporating remnant tendon insertion [J]. Arthrosc Tech，2025，14 (10)：103829. DOI：10.1016/j.eats.2025.103829.

[6] CLIFFORD AL，HURLEY E，ANAKWENZE O，et al. Rotator cuff arthropathy：a comprehensive review [J]. J Hand Surg Glob Online，2024，6 (4)：458-462. DOI：10.1016/j.jhsg.2023.12.014.

[7] JOHNSON J，VON STADE D，GADOMSKI B，et al. Biomechanical and histological changes secondary to aging in the human rotator cuff：a preliminary analysis [J]. J Orthop Res，2023，41 (10)：2221-2231. DOI：10.1002/jor.25529.

[8] MONTELEONE G，TRAMONTANA A，SORGE R. Clinical and ultrasonographic evaluation of uninjured dominant shoulder in amateur rugby players vs a control group：a pilot study [J]. J Ultrasound，2024，27 (3)：605-611. DOI：10.1007/s40477-024-00897-6.

[9] 鲍涛，胡洋洋，王硕果，等. 关节镜下肩袖足印区保留与去除残端肩袖修补手术的疗效比较 [J]. 中华创伤骨科杂志，2023，25 (5)：393-400. DOI：10.3760/cma.j.cn115530-20220707-00358.

[10] 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. DOI：10.7507/1002-1892.202311008.

[11] 赵婵，张萌萌，王锐，等. 糖尿病患者血清软骨中间层蛋白1表达及其与心肌纤维化的相关性 [J]. 中国医科大学学报，2025，54 (9)：791-801. DOI：10.12007/j.issn.0258-4646.2025.09.005.

[12] GLIGA AC，NEAGU NE，VOIDAZAN S，et al. Effects of a novel proprioceptive rehabilitation device on shoulder joint position sense，pain and function [J]. Medicina，2022，58 (9)：1248. DOI：10.3390/medicina58091248.

[13] SPANHOVE V，VAN DAELE M，VAN DEN ABEELE A，et al. Muscle activity and scapular kinematics in individuals with multidirectional shoulder instability：a systematic review [J]. Ann Phys Rehabil Med，2021，64 (1)：101457. DOI：10.1016/j.rehab.2020.10.008.

[14] LI YX，DENG T，AILI D，et al. Cell sheet technology：an emerging approach for tendon and ligament tissue engineering [J]. Ann Biomed Eng，2024，52 (2)：141-152. DOI：10.1007/s10439-023-03370-3.

[15] YE YZ，B M，ZHANG JM，et al. Arthroscopic autologous hamstring tendon graft bridging repair of an irreparable subscapularis tear [J]. Arthrosc Tech，2025，14 (7)：103511. DOI：10.1016/j.eats.2025.103511.

[16] YANG B，ZHANG GF，ZHU YZ，et al. Osteoblast-CD4+ CTL crosstalk mediated by SIRT1/DAAM2 axis prevents age-related bone loss [J]. Adv Sci，2025，12 (39)：e01170. DOI：10.1002/advs.202501170.

[17] KANG YH，WANG LR，ZHANG SH，et al. Bioactive patch for rotator cuff repairing via enhancing tendon-to-bone healing：a large animal study and short-term outcome of a clinical trial [J]. Adv Sci，2024，11 (31)：2308443. DOI：10.1002/advs.202308443.

[18] DUBÉ MO，INGWERSEN KG，ROY JS，et al. Do therapeutic exercises impact supraspinatus tendon thickness? Secondary analyses of the combined dataset from two randomized controlled trials in patients with rotator cuff-related shoulder pain [J]. J Shoulder Elbow Surg，2024，33 (9)：1918-1927. DOI：10.1016/j.jse.2024.03.055.

（编辑　王又冬）