

· 临床论著 ·

镜下改良与传统缝合桥技术修复肩袖损伤的比较[△]

韩增帅, 赵 夏, 张 益, 祝相如, 高甲科, 戚 超, 于腾波*

(青岛大学附属医院骨科, 山东青岛 266100)

摘要: [目的] 比较改良式与传统式缝合桥修复中度肩袖撕裂的临床效果。[方法] 回顾性分析青岛大学附属医院运动医学科行关节镜肩袖修补术 70 例患者的临床资料, 其中行改良手术 36 例, 传统手术 34 例。比较两组围手术期、随访及影像资料。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 术中无严重并发症。两组手术时间、术中失血量、切口总长度、关节腔生理盐水灌流量、切口愈合等级、住院时间的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组均获 15 个月以上随访, 平均随访时间 (16.13 ± 0.19) 个月。改良组恢复完全负重活动时间显著早于传统组 ($P<0.05$)。与术前相比, 末次随访时两组患者的 VAS 评分显著减少 ($P<0.05$), 而外展 ROM、前屈 ROM、外旋 ROM, 以及 UCLA 评分、Constant 评分、ASES 评分显著增加 ($P<0.05$)。术前两组间上述指标的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 但是, 末次随访时, 改良组外展 ROM、前屈 ROM、外旋 ROM, 以及 VAS 评分、UCLA 评分、Constant 评分, 均显著优于传统组 ($P<0.05$), 但两组间 ASES 评分的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 术前两组间 MRI 影像 Sugaya 分级的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 末次随访时改良组显著优于传统组 ($P<0.05$)。[结论] 改良式缝合桥技术比传统缝合桥技术具有更好的临床效果。

关键词: 肩袖撕裂, 关节镜术, 改良缝合桥, 传统缝合桥, 临床效果

中图分类号: R683.41 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 04-0319-06

Comparison of modified bridge suture versus traditional counterpart in arthroscopic repairing of rotator cuff tear // HAN Zeng-shuai, ZHAO Xia, ZHANG Yi, ZHU Xiang-ru, GAO Jia-ke, Qi Chao, YU Teng-bo. Department of Orthopedics, Affiliated Hospital, Qingdao University, Qingdao 266100, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of a modified suture bridge versus traditional suture bridge in arthroscopic repairing of moderate rotator cuff tears. [Methods] A retrospective study was conducted on 70 patients who underwent arthroscopic repairing of rotator cuff tear from September 2019 to March 2020 in Department of Sports Medicine, Affiliated Hospital of Qingdao University. According to the consequences of preoperative patient-doctor communication, 36 patients received the modified bridge suture, while the remaining 34 patients underwent the traditional bridge suture. The perioperative, follow-up and imaging documents were compared between the two groups. [Results] The operation was successfully completed in both groups without serious complications. There were no significant differences in operative time, intraoperative blood loss, total length of incision, normal saline irrigation volume intraarticularly, incision healing and hospital stay between the two groups ($P>0.05$). The patients in both groups were followed up for more than 15 months. The modified group resumed full weight bearing activity significantly earlier than the traditional group ($P<0.05$). Compared with those before operation, the VAS score significantly decreased ($P<0.05$), while abduction range of motion (ROM), forward flexion ROM, external rotation ROM, UCLA score, Constant-Murley score and ASES score significantly increased in both groups at the latest follow up ($P<0.05$). Although there were no statistically significant differences in the abovementioned items between the two groups preoperatively ($P>0.05$), the modified group proved significantly superior to the traditional group in terms of abduction ROM, flexion ROM, external rotation ROM, VAS score, UCLA score and Constant-Murley score at the latest follow-up ($P<0.05$), whereas no a statistically significant difference was noted in ASES score between them ($P>0.05$). Radiographically, the Sugaya's classification on MRI images was not statistically significant different between the two groups before surgery ($P>0.05$), whereas which in the modified group became significantly better than the traditional group at the latest follow-up ($P<0.05$). [Conclusion] Modified suture bridge technique does achieve considerably better clinical outcomes than traditional suture bridge technique.

Key words: rotator cuff tear, arthroscopy, modified suture bridge, traditional suture bridge, clinical outcome

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.04.07

[△]基金项目:山东省自然科学基金项目(编号:ZR2019MH097)

作者简介:韩增帅,硕士研究生,研究方向:关节及运动损伤,(电话)18363991405,(电子信箱)820496280@qq.com

*通信作者:于腾波,(电话)18661808912,(电子信箱)ytb8912@hotmail.com

肩袖撕裂是引起肩关节功能障碍和疼痛的主要原因^[1]。目前肩关节镜下缝合肩袖是最常用的手术方式，其中缝合技术包括单排、双排及缝线桥技术。传统的缝线桥修复是把内排锚钉的打结线桥接于外排锚钉并固定于肱骨大结节。最近研究表明，缝线桥技术可以减少锚钉的置入，减轻缝线穿肌腱造成的损伤，降低缝线的过多线结引起的撞击发生率，提供了更可靠的生物固定力量^[2-4]，因此传统的打结缝线桥技术在恢复肩关节的功能，减轻肩关节疼痛及术后再撕裂率都比单排和双排修复具有明显的优势^[5, 6]。

临床中为了效益最大化，通过1枚内排锚钉和1枚外排锚钉实现了单排打结缝线桥技术。然而，其术后再撕裂率可高达13%~94%^[7]。研究证明，内排锚钉2个线结的尾线加压肌腱的滑囊侧表面，通过外排锚钉固定于肱骨大结节后，由于加压滑囊侧表面的力量过度集中，在肌腱边缘形成“耳朵”样畸形，导致肌腱和骨之间形成腔隙，不利于肌腱骨的愈合。因此，本研究针对单排缝线桥修复肩袖撕裂后出现的“耳朵”畸形^[8]，提出新的改良缝合技术并分析该技术修复后的临床效果。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 经保守治疗无效；(2) 术前体格检查及肩关节MRI确诊肩袖撕裂患者；(3) 肩关节镜下确诊为中重度肩袖撕裂(1~5 cm)；(4) 患者知情同意本研究。

排除标准：(1) 肩部手术史；(2) 肩袖撕裂为轻度或巨大撕裂；(3) 伴有肩胛下肌、肱二头肌长头肌腱、关节盂等其他肩关节损伤；(4) 未遵从康复锻炼并完成随访。

1.2 一般资料

回顾性分析2019年9月—2020年3月在青岛大学附属医院运动医学科接受肩关节镜修复肩袖撕裂的患者，共70例患者符合上述标准，纳入本研究。根据医患沟通结果将患者分为两组：传统组34例，改良组36例。两组患者一般资料见表1。两组患者年龄、性别构成、BMI、病程、侧别、撕裂程度的差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究已获得青岛大学附属医院伦理委员会批准，所有患者均知情同意并签署知情同意书。

1.3 手术方法

所有患者均在全麻下侧卧位进行。健侧在下患侧

在上，后倾30°，两侧用骨盆固定架固定，患肢利用蜘蛛臂牵引于外展30°，前屈20°体位。伴有肩关节粘连的患者首先以前屈-外展-外旋方向手法松解。常规消毒、铺单。建立肩峰后外侧入路，通过黄针头定位，建立前方入路，探查盂肱关节腔内冈上肌腱关节侧、肱二头肌长头腱、肩胛下肌等损伤情况，应用射频电刀松解肩袖间隙。通过肩峰后外侧入路进入肩峰下间隙，黄针头定位建立外侧入路，应用刨刀头清理肩峰下滑膜暴露肩袖滑囊侧，以探钩测量肩袖撕裂最宽部位的大小。伴有肩峰撞击的患者行肩峰成形术。肩袖表面清理后，用提线钳将撕裂的肩袖对合，尽量恢复其解剖结构。在撕裂部位软骨缘处利用刨刀进行骨面打磨新鲜化。依据手术缝合方式分组。

表1 两组患者术前一般资料与比较

指标	改良组 (n=36)	传统组 (n=34)	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	58.06±10.61	60.00±10.70	0.448
性别(例, 男/女)	11/25	13/21	0.499
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.23±2.53	25.60±2.62	0.550
病程(月, $\bar{x} \pm s$)	6.12±0.81	5.90±0.83	0.489
侧别(例, 左/右)	24/12	18/16	0.241
撕裂程度(cm, $\bar{x} \pm s$)	2.75±0.45	2.81±0.45	0.586

改良组：置钉与打结见示意图(图1a)，在新鲜化的肱骨头软骨缘处，使用开孔锥打孔，将1枚4.5 mm施乐辉公司内排带线锚钉(2条线，4条尾端)置入于软骨边缘(图1b)，用缝合钩带PDS线依次将1根缝合线的2条尾端穿过撕裂肌腱的两侧，另外1根缝合线的2条尾端在以上穿过的2条尾线中间穿过肌腱(图1c)，将中间2条尾线打结(图1d)，两侧的尾线不打结。在肱骨大结节处用开孔器开孔，将内排锚钉缝线打结后的2条尾端和不打结的2条尾端穿入1枚外排锚钉，将缝线拉紧(图1e)，把外排锚钉打入肱骨大结节处固定(图1f)。大量生理盐水冲洗关节腔及肩峰下间隙，缝合伤口后，包扎固定。

传统组：采用传统打结缝线桥技术(图1g)，在新鲜化的肱骨头软骨缘处，使用开孔锥打孔，将1枚4.5 mm施乐辉公司内排带线锚钉(2条线，4条尾端)置入于软骨边缘，用缝合钩带PDS线依次将4条尾端按间距0.5 cm的距离依次穿过撕裂的肌腱，缝合后打结。在肱骨大结节处用开孔器开孔，将内排锚钉缝线打结后的4条尾端穿入1枚外排锚钉，将缝线拉紧，把外排锚钉打入肱骨大结节处固定，可见缝线桥有“耳朵”畸形(图1h)。大量生理盐水冲洗关

节腔及肩峰下间隙，缝合伤口后，包扎固定（图1b）。

患者术后常规行镇痛治疗。术后第1d指导患者

被动康复锻炼，术后3个月开始主动康复锻炼。1个月内，佩戴肩关节外展支具固定下地活动。

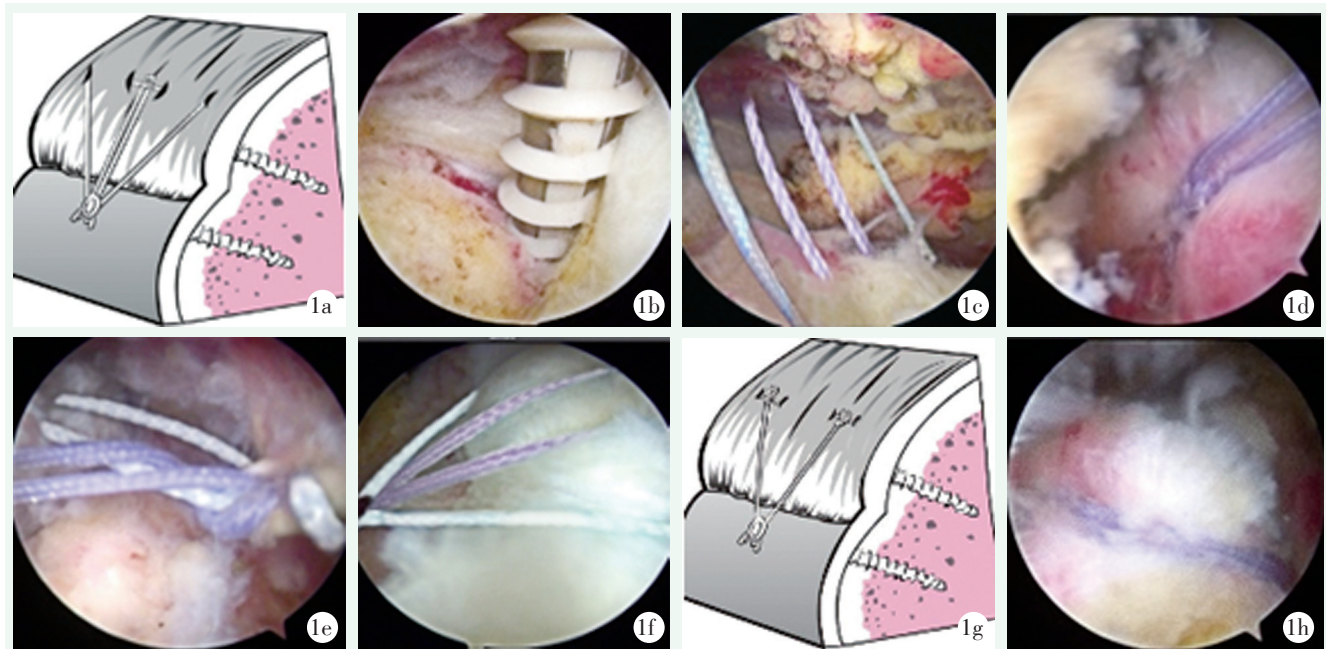


图1 两种缝合桥技术修复肩袖损伤 1a: 改良缝线桥修复示意图 1b: 在软骨边缘打入1枚4.5 mm 施乐辉公司内排带线锚钉, 2条线, 4条尾端 1c: 4条尾端穿过撕裂的肌腱 1d: 中间两条尾端打结 1e: 将中间打结的2条尾端和两侧未打结的尾端一起压入1枚外排锚钉中 1f: 消除“耳朵”畸形的效果 1g: 传统缝合桥修复示意图 1h: 传统缝线桥修复后的“耳朵”畸形

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、术中失血量、切口总长度、关节灌注量、切口愈合等级、住院时间、完全负重活动时间、肩关节外展、前屈和外旋活动度（range of motion, ROM）。采用疼痛视觉模拟量表（visual analogue scale, VAS）评分、美国加州大学洛杉矶分校（University of California at Los Angeles, UCLA）肩关节评分、Constant-Murley 肩关节功能评分及美国肩肘外科医师学会评分（American Shoulder and Elbow Surgeons, ASES）评分评价临床效果。

行影像检查，肩关节 MRI 评估参照 Sugaya 评价标准，分为5个等级^[9]。1级：肩袖肌腱有足够的厚度，T2信号强度均匀低；2级：肩袖肌腱有足够的厚度，腱内有高信号区；3级：肩袖肌腱厚度不足，但肌腱连续性完整；4级：仅在斜冠状面和矢状面1或2个图像中存在轻微不连续，提示小的全层撕裂；5级：在斜冠状面和矢状面图像上均有2个以上的图像存在明显的肌腱不连续，提示有中等或较大的全层撕裂。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用 Shapiro-Wilk 法对数据进行正态性检验，符合正态分布的资料，组间比较采用独立样本 t 检验，组内手术前后比较采用配对样本 T 检验，计数资料较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验，等级资料采用 Mann-Whitney U 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术，术中均无严重并发症。围手术期资料与比较见表2，两组手术时间、术中失血量、切口总长度、关节腔生理盐水灌注量、切口愈合等级、住院时间的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。术后改良组中，7例出现肩关节肿胀，给予保守观察，预后良好；1例并发急性心梗，转相应科室治疗，预后良好。传统组中，8例出现肩关节肿胀，给予保守观察，预后良好；4例出现患肢前臂及手指麻木，考虑术中牵引及包扎过紧所致，给予休息观

察, 预后良好。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	改良组 (n=36)	传统组 (n=34)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	76.94±17.82	80.44±17.72	0.414
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	29.87±9.89	26.32±7.91	0.190
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	4.14±0.54	4.21±0.72	0.663
关节灌注量 (l, $\bar{x} \pm s$)	15.81±2.76	15.68±2.88	0.849
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	36/0/0	34/0/0	ns
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	3.97±0.91	3.91±0.90	0.781

2.2 随访结果

两组患者均获随访, 随访时间 15 个月以上, 平均 (16.13±0.19) 个月, 改良组中, 1 例出现肩关节活动受限, 无法主动活动, 被动活动尚可, 嘱继续坚

持康复训练, 预后良好。传统组中, 3 例出现肩关节活动受限, 主动活动及被动活动均较差, 嘱改康复训练计划, 继续锻炼, 预后尚可; 2 例患者疼痛加剧, 复查 MRI 诊断为再次撕裂, 保守观察, 其中 1 例好转, 1 例进行二次翻修手术, 预后良好。

两组患者随访结果见表 3。改良组恢复完全负重活动时间显著早于传统组 ($P<0.05$)。与术前相比, 末次随访时两组患者外展 ROM、前屈 ROM、外旋 ROM, 以及 UCLA 评分、Constant 评分、ASES 评分显著增加 ($P<0.05$), 而 VAS 评分显著减少 ($P<0.05$)。术前两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 末次随访时, 改良组外展 ROM、前屈 ROM、外旋 ROM, 以及 VAS 评分、UCLA 评分、Constant 评分均显著优于传统组 ($P<0.05$), 但两组间 ASES 评分的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	时间点	改良组 (n=36)	传统组 (n=34)	P 值
完全负重活动时间 (周)		24.06±3.45	26.97±3.44	<0.001
外展 ROM (°)	术前	88.92±29.01	75.29±30.00	0.058
	末次随访	145.28±22.04	125.68±31.39	0.003
	P 值	<0.001	<0.001	
前屈 ROM (°)	术前	104.00±27.86	90.59±37.15	0.091
	末次随访	150.94±18.42	137.38±23.47	0.009
	P 值	<0.001	<0.001	
外旋 ROM (°)	术前	26.39±9.74	23.82±10.52	0.293
	末次随访	43.56±11.63	33.12±14.21	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
VAS 评分 (分)	术前	4.67±0.79	4.82±1.27	0.534
	末次随访	0.58±0.50	1.09±0.67	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
UCLA 评分 (分)	术前	12.11±3.31	11.38±3.69	0.387
	末次随访	28.03±3.94	23.71±5.12	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
Constant-Murley 评分 (分)	术前	47.00±10.27	44.74±12.05	0.399
	末次随访	77.44±8.07	70.15±11.15	0.002
	P 值	<0.001	<0.001	
ASES 评分 (分)	术前	61.78±5.23	60.59±11.03	0.563
	末次随访	87.94±7.04	84.82±7.86	0.084
	P 值	<0.001	<0.001	

末次随访时, 改良组 36 例中, 15 例完全无痛, 21 例活动时轻度疼痛; 18 例双肩主动活动度对称, 17 例患肩活动度稍小于健侧, 1 例患肩活动度明显小于健侧; 28 例恢复病前运动和劳动能力, 8 例未恢至

病前运动和劳动能力。传统组 34 例中, 7 例完全无痛, 25 例活动时轻度疼痛, 2 例明显疼痛; 9 例双肩主动活动度对称, 22 例患肩活动度稍小于健侧, 3 例患肩活动度明显小于健侧; 19 例恢复病前运动和劳

动能力, 15例未恢复至病前运动和劳动能力。

2.3 影像评估

两组患者MRI影像Sugaya分级结果见表4, 与术前相比, 末次随访时两组患者MRI影像Sugaya分级均显著改善 ($P < 0.05$)。术前两组间影像Sugaya分级的差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 末次随访时, 改良组无再撕裂(Sugaya分级IV和V级)发生; 传统组术后再撕裂率为8.82% (3/34), 改良组肩关节MRI分级明显优于传统组 ($P < 0.05$)。

表4 两组影像Sugaya分级(例, I/II/III/IV/V)结果与比较

时间点	改良组 (n=36)	传统组 (n=34)	P值
术前	0/0/0/15/21	0/0/0/10/24	0.228
末次随访	20/14/2/0/0	8/17/6/2/1	0.002
P值	<0.001	<0.001	

3 讨论

本研究针对传统缝线桥修复肩袖撕裂后容易产生的“耳朵”问题提出了一种新的改良缝合技术。作者随访了两种不同缝合方式修复术后15个月的临床效果, 研究证明, 肩袖腱骨愈合时间一般为术后6~9个月^[10], 此后愈合的进展非常慢。而且对于中重度的肩袖撕裂更适合应用缝线桥技术修复^[11]。作者发现改良组肩关节活动度、疼痛感及功能方面都优于传统组, 术后再撕裂率也有明显的改善。其中, 肩关节功能评分主要以患者主观疼痛体验及医生对患者肩关节活动度、生活功能需要、肩关节力量和稳定性的评价为标准, 不同的是各个评分对每个方面的侧重比重不同。ASES评分与UCLA评分、Constant评分的不同在于, 它纳入了肩关节稳定性评价的权重。因此两组患者肩关节功能ASES评分的差异并没有统计学意义。

传统缝合桥技术为保证稳定的生物力学, 不可避免地会使得内侧2个线结打得过紧。研究证明, 内侧线结过紧, 容易产生一种新得撕裂方式, 即内侧线结附近肌腱缺血坏死引起的“内侧撕裂”模式^[12], 这是传统缝线桥术修复后容易再次撕裂的重要原因之一。另外, “耳朵”畸形的产生也是由于2枚线结过紧, 且传统缝线桥加压力量不均匀导致。它的存在会导致肩峰撞击和肌腱的反复磨损, 引起肩关节活动受限和疼痛增加, 腱骨不易愈合。以往建议在形成的“耳朵”畸形部位附加1枚带线锚钉, 促进腱骨完美贴附^[8], 但在手术时间和经济效益方面存在争议。因

此为了验证改良缝线桥技术的临床效果, 作者进行了此回顾性病例对照研究。

改良缝合桥技术在修改了手术打结和外排锚钉的压线方式后, 替代了1枚内排锚钉的作用。该技术只存在一个结, 降低了线结引起的肌腱坏死率及肩峰撞击发生率^[13, 14]。两侧缝线尾端不打结, 这样两侧的缝线尾端可以和打结的尾线一起加压在滑囊侧表面, 使滑囊侧的压力分布更均匀, 肌腱与骨的贴附更完美, 有利于促进腱骨的愈合。这与本研究结论相一致, 当愈合界面的接触面积最大且机械稳定性得到保证时, 临床功能会得到改善, 再撕裂率显著降低^[15-20]。另外, 中间2枚锚钉先打结固定后, 对撕裂的肩袖肌腱可以先有一定的牵拉固定作用, 当通过外排锚钉压线时可以避免肩袖肌腱的过度牵拉^[21]。虽然许多研究在解决“耳朵”问题时提出了不同的解决方法^[22-24], 但作者在保证固定的生物力量和消除“耳朵”畸形的同时, 降低了手术费用和手术难度, 更容易被接受。

本研究存在以下几点不足之处: (1) 纳入样本量较少; (2) 无法避免患者在术后其他因素对肩袖肌腱恢复的影响; (3) 没有生物力学证据支撑该改良技术的优势。尚需大样本量、长期随访的研究进一步验证。

综上所述, 肩关节镜下改良缝合桥技术修复肩袖肌腱的损伤存在明显的优势, 明显提高了患者的肩关节活动度和功能, 降低了术后疼痛感, 为临床医师提高肩袖撕裂患者的术后满意度提供了一种新的选择。

参考文献

- [1] 高绪仁, 朱梁, 陈永吉, 等. 关节镜下 Suture Bridge 双排法和 SCOI 单排法缝合修复中型肩袖撕裂的疗效比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (22): 2107-2110.
- [2] 姜灵凯, 魏垒, 董政权, 等. 关节镜下双排缝合固定与缝线桥固定修复肩袖损伤疗效对比的 Meta 分析 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25 (21): 3431-3437.
- [3] Hotta T, Yamashita T. Osteolysis of the inferior surface of the acromion caused by knots of the suture thread after rotator cuff repair surgery: knot impingement after rotator cuff repair [J]. J Shoulder Elbow Surg, 2010, 19 (8): 17-23.
- [4] Pauly S, Kieser B, Schill A, et al. Biomechanical comparison of 4 double-row suture-bridging rotator cuff repair techniques using different medial-row configurations [J]. Arthroscopy, 2010, 26 (10): 1281-1288.
- [5] 郭伟康, 赖兵, 黄健, 等. 双滑轮结合缝线桥技术和双排固定术治疗肩袖全层撕裂的疗效对比 [J]. 实用骨科杂志, 2019, 25 (8): 676-680.

- [6] 郑鸿, 赵甲军, 谭宏昌, 等. 关节镜下缝线桥与传统双排技术修复全层肩袖撕裂的比较 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19 (9): 806-809.
- [7] Zumstein MA, Lädermann A, Raniga S, et al. The biology of rotator cuff healing [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103 (1S): S1-S10.
- [8] Kim KC, Rhee KJ, Shin HD, et al. A modified suture-bridge technique for a marginal dog-ear deformity caused during rotator cuff repair [J]. *Arthroscopy*, 2007, 23 (5): 562.
- [9] Sugaya H, Maeda K, Matsuki K, et al. Functional and structural outcome after arthroscopic full-thickness rotator cuff repair: single-row versus dual-row fixation [J]. *Arthroscopy*, 2005, 21 (11): 1307-1316.
- [10] Tashjian RZ, Hollins AM, Kim HM, et al. Factors affecting healing rates after arthroscopic double-row rotator cuff repair [J]. *Am J Sports Med*, 2010, 38 (12): 2435-2442.
- [11] Aydin N, Karaismailoglu B, Gurcan M, et al. Arthroscopic double-row rotator cuff repair: a comprehensive review of the literature [J]. *SICOT J*, 2018, 4 (1): 57.
- [12] Christoforetti JJ, Krupp RJ, Singleton SB, et al. Arthroscopic suture bridge transosseus equivalent fixation of rotator cuff tendon preserves intratendinous blood flow at the time of initial fixation [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2012, 21 (4): 523-530.
- [13] Milano G, Grasso A, Zarelli D, et al. Comparison between single-row and double-row rotator cuff repair: a biomechanical study [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2008, 16 (1): 75-80.
- [14] Pauly S, Gerhardt C, Chen J, et al. Single versus double-row repair of the rotator cuff: Does double-row repair with improved anatomical and biomechanical characteristics lead to better clinical outcome [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2010, 18 (12): 1718-1729.
- [15] Maalouly J, Aouad D, Tawk A, et al. Modified double-row suture bridge technique with double-row biceps tenodesis for massive rotator cuff tear [J]. *Arthrosc Tech*, 2020, 23 (6): e829-e835.
- [16] Ren YM, Zhang HB, Duan YH, et al. Comparison of arthroscopic suture-bridge technique and double-row technique for treating rotator cuff tears: a prisma meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98 (20): e15640.
- [17] Backup J, Smolen D, Hess F, et al. The arthroscopic triple-row modified suture bridge technique for rotator cuff repair: functional outcome and repair integrity [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2020, 29 (2): 308-315.
- [18] Pietschmann MF, Fröhlich V, Ficklscherer A, et al. Suture anchor fixation strength in osteopenic versus non-osteopenic bone for rotator cuff repair [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2009, 129 (3): 373-379.
- [19] Heuberger PR, Pauzenberger L, Gruber MS, et al. The knotless cinch-bridge technique for delaminated rotator cuff tears leads to a high healing rate and a more favorable short-term clinical outcome than suture-bridge repair [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27 (12): 3920-3928.
- [20] Ma CB, Comerford L, Wilson J, et al. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs: Double-row compared with single-row fixation [J]. *J Bone Joint Surg*, 2006, 88 (2): 403-410.
- [21] Takeuchi Y, Sugaya H, Takahashi N, et al. Repair integrity and re-tear pattern after arthroscopic medial knot-tying after suture-bridge lateral row rotator cuff repair [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48 (10): 2510-2517.
- [22] Ryu KJ, Kim BH, Lee Y, et al. Modified suture-bridge technique to prevent a marginal dog-ear deformity improves structural integrity after rotator cuff repair [J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43 (3): 597-605.
- [23] Lall AC, Cain EJ. Margin convergence in rotator cuff repair: the shoelace technique [J]. *Arthrosc Tech*, 2018, 7 (8): e823-e827.
- [24] Métais P, Lanzzone R, Lim CK, et al. Modified margin convergence: over-under lacing suture technique [J]. *Arthrosc Tech*, 2015, 4 (5): 457-461.

(收稿:2021-06-01 修回:2021-11-25)
(同行评议专家:蔡振存, 郭秀程)
(本文编辑:郭秀婷)