

急性跟腱体部断裂微创手术研究进展*

赵 杨 曹 源 综述 吕 扬** 审校

(北京大学第三医院骨科, 北京 100191)

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2022)02-0151-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2022.02.011

跟腱断裂多发于 37~44 岁的中年人, 年发病率约为 31/10 万^[1]。跟腱体部断裂是指距止点 3~7 cm 处发生的断裂, 治疗方法主要分为手术治疗和保守治疗两大类。Reda 等^[2]对跟腱断裂的系统综述和 meta 分析显示, 手术降低再次断裂风险 [3.63% (15/413) vs. 10.1% (41/405), $P = 0.0005$], 因而被广泛采用。跟腱断裂的手术方法多样, 开放手术虽然可以使术者直视断端, 操作相对简便, 但恢复时间长, 浅表感染率较高^[3]。微创手术主要分为小切口手术和经皮手术两类, 超声、内镜技术辅助的可视化手术也使微创手术方式进一步多样化。本文对急性跟腱体部断裂常用的小切口手术、经皮手术以及可视化微创手术进行文献总结。

1 小切口手术

1.1 导航器缝合术

导航器是从跟腱断端的横行切口插入, 对跟腱进行缝线引导的一类器械, 有切口小, 腓肠神经受影响率低等优点。常用的导航器有跟腱龙 (Achillon) 导航器以及通道辅助微创修复系统 (Channel-assisted Minimally Invasive Repair System, CAMIR) 等。

1.1.1 Achillon 导航器 自 Assal 等^[4]发明 Achillon 以来, Achillon 被广泛应用于微创跟腱修复, 适用于断裂持续时间 < 3 周、既往无下肢手术、未使用类固醇、断端与跟腱止点间距 2~8 cm 的闭合性跟腱断裂患者, 缝合方式见图 1A。Alcelik

等^[5]对 210 例接受 Achillon 缝合与 233 例开放缝合进行比较, Achillon 缝合轻微并发症发生率显著低于开放缝合 [5.24% (11/210) vs. 28.33% (66/233), $P < 0.00001$], 术后跟腱再断裂率 [1.62% (3/185) vs. 1.48% (3/202), $P = 0.79$]、腓肠神经损伤率 [0 (0/137) vs. 1.31% (2/153), $P = 0.42$] 和美国矫形足踝协会 (American Orthopedic Foot and Ankle Society, AOFAS) 踝-后足评分 (均值 92.93 分 vs. 95.30 分, $P = 0.33$) 差异无统计学意义。可见, Achillon 缝合适合作为传统开放缝合的替代方式。Diniz 等^[6]研究表明 Achillon 缝合后跟腱抗拉能力与开放 Bunnell 缝合、Kessler 缝合和 Krackow 缝合无明显差异, 且造成创伤小, 优势明显。另外, Achillon 为一次性的昂贵设备, 给患者造成额外的经济负担。

1.1.2 CAMIR CAMIR 适用于 Thompson 试验 (+)、断端与跟腱止点间距 > 2 cm、跟腱断裂持续时间 < 2 周的患者。Chen 等^[7]报道与 Achillon 相似的 CAMIR, CAMIR 插入切口, 再通过皮肤穿入缝线, 对断裂跟腱采用 Bunnell 缝合, 缝合方式见图 1B, 与开放缝合比较手术时间短 (均值 17 min vs. 56 min, $P < 0.0001$)、瘢痕小 (均值 2 cm vs. 10 cm, $P < 0.0001$)、术后 12 个月随访显示小腿围 (均值 32.9 cm vs. 31.9 cm, $P = 0.22$)、活动范围 (均值 55.4° vs. 54.3°, $P = 0.29$) 和 AOFAS 踝-后足评分 (均值 88.2 分 vs. 90.5 分, $P = 0.08$) 差异均无统计学意义。Qi 等^[8]生物力学研究显示 CAMIR 单缝线缝合

* 基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFF0301102); 北京大学临床医学 + X 青年专项 (PKU2020LCX001); 北京市自然科学基金 (面上 72022222)

** 通讯作者, E-mail: lvyang42@126.com

技术强度弱于三缝线 Achillon 和经皮缝合,但与开放式 Krackow 缝合无明显差异。由于缝线数量增加影响跟腱血供进而影响其恢复,因此,难以判断 CAMIR 与 Achillon 技术的适用性差异,但其创伤小且生物力学性能与开放缝合中生物力学性能最好的 Krackow 缝合^[6,9]相似,因此,与开放缝合相比有明显优势。

1.2 熊猫绳桥技术 (panda rope bridge technique, PRBT)

PRBT 适用于急性跟腱完全断裂、跟腱断裂持续 1~8 d 且既往无下肢手术史的患者。Yin 等^[10]对 11 例跟腱断裂采用 PRBT 微创缝合,缝合方式见图 1C、D。11 例均行术后加速康复 (enhanced recovery after surgery, ERAS),术后平均 8.5 d 无拐杖辅助行走,术后 1 年患者 AOFAS 踝-后足评分均为 100 分,跟腱完全断裂评分 (Achilles Tendon Total Rupture Score, ATRS) 平均 96.6 分,证明 PRBT 是一种简单有效的微创技术,且术后无需踝关节固定。Wang 等^[11]将 PRBT、Achillon 导航器、改良 Achillon、经皮缝合与改良经皮缝合的生物力学性能进行对比,结果显示 PRBT 经循环荷载后肌腱平均拉伸长度最小 (1.62 mm vs. 2.95 mm vs. 2.55 mm vs. 3.81 mm vs. 3.41 mm, 各组间 $P < 0.05$), 采用相同拉力进行循环荷载的生存周期数亦具有优势 [(984 ± 10) 次 vs. (384 ± 9) 次 vs. (503 ± 1) 次 vs. (540 ± 6) 次 vs. (622 ± 17) 次, PRBT 组与其余组比较 $P < 0.05$], 说明 PRBT 生物力学性能具有明显优势,为 PRBT 术后 ERAS 策略提供理论依据。

1.3 卵圆钳辅助穿针技术

此技术适用于跟腱非近段断裂、持续时间 < 6 周且不伴有其他跟腱病变的患者。Park 等^[12]采用卵圆钳辅助微创修复法治 26 例跟腱断裂,使用卵圆钳引导缝线穿入并缝合,缝合方式见图 1E、F,末次随访时 AOFAS 踝-后足评分和 ATRS 评分分别为 (92.2 ± 9.4)、(89.9 ± 10.9) 分,术侧与健侧踝关节活动范围 (均值 57.3° vs. 61.4°, $P = 0.314$) 与等速肌力试验 (均值 30°/s: 60.9 Nm/kg vs. 50.8 Nm/kg, $P = 0.299$; 120°/s: 31.6 Nm/kg vs. 29.6 Nm/kg, $P = 0.776$) 无统计学差异,但小腿围 (均值 37.8 cm vs. 39.7 cm, $P = 0.035$) 与单足提踵的最大高度 (均值 8.1 cm vs. 10.5 cm, $P = 0.001$) 差异有显著性。

Obut 等^[13]对 20 例跟腱断裂 (断裂平均持续时间 1.9 d) 采用类似的缝合技术,术后 AOFAS 踝-后足评分平均 97.06 分,无跟腱再次断裂,浅表感染率 5% (1/20),平均复工时间 30.8 d,且不产生额外的费用。

1.4 无结内支架手术 (jigless knotless internal brace, JKIB)

JKIB 适用于闭合性跟腱断裂持续时间 < 2 周、Thompson 试验 (+)、既往无跟腱手术史的患者。Ko 等^[14]对 10 例采用 JKIB 微创缝合跟腱,缝合方式见图 1G,手术时间平均 22 min,均无并发症,平均 7.5 d 后可完全负重,35 d 后可以进行单足提踵、45.5 d 后可重返工作,术后 1 年 AOFAS 踝-后足评分均为 100 分。Ko 等^[15]将 JKIB 与 4 股 Krackow 缝合和三束缝合技术的生物力学性能进行对比,采用相同的拉力进行循环荷载后的生存周期,三束缝合技术周期数最高 (2639.3 ± 263.55) 次,其次为 JKIB (2073.6 ± 319.92) 次,4 股 Krackow 缝合 (1425.25 ± 268.96) 次强度最低 ($P < 0.017$)。由于 JKIB 保留跟腱的血液供应且缝合结构牢固,因此,功能恢复非常容易,可能是微创缝合断裂跟腱的可靠选择。

1.5 小切口 Krackow 缝合

小切口 Krackow 缝合适用于跟腱无手术或外伤史、断端距跟腱止点 2~6 cm 的急性闭合性跟腱断裂患者。田建等^[16]采用有限小切口下简易 Krackow 缝合治疗 25 例,手术需在跟腱断端近端 4 cm 处做 3 cm 横切口,将断端挑出后缝合,缝合方式见图 1H,术后无切口感染、愈合不良等并发症发生,术后 9 个月 AOFAS 踝-后足评分平均 94.9 分,踝关节活动范围 49°~58°。该方法缝合均在直视下进行,腓肠神经损伤概率小,且缝合相对更加牢固。由于跟腱吻合口和手术切口不在同一平面,因此,可以减轻粘连,有利于功能的恢复。

与之类似的术式还有半切开锁扣阻挡改良 Krackow (locking block modified Krackow, LBMK) 缝合,适用于断端距跟腱止点 4~8 cm、断裂时间 < 2 周、既往无跟腱疼痛或外伤史、不使用类固醇或免疫抑制剂的闭合性跟腱断裂患者。田建等^[17]将该方法应用于 20 例,缝合方式见图 1I,术后无并发症发生,术后 12 周行 MRI, T1WI 与 T2WI 均显示跟腱连续性完好,术侧与健侧 1 min 提踵试验次数 (均值 60

次 vs. 63 次) 无统计学差异 ($P > 0.05$), AOFAS 踝-后足评分平均 95.8 分。Tian 等^[18]将 LBMK 与 Kessler 缝合和经皮缝合的生物力学性能进行对比, 2 组各 500 次循环荷载后, LBMK 组断端间距 (3.68 ± 1.08) mm, 显著小于 Kessler 组 (5.70 ± 0.89) mm 和经皮缝合组 (7.59 ± 1.26) mm ($P < 0.01$), 且 LBMK 组与 Kessler 组和经皮手术组相比刚度更强(承受最大拉力均值 769.27 N vs. 510.05 N vs. 379.03 N, $P < 0.01$), 说明 LBMK 缝合的生物力学强度明显高于 Kessler 缝合和经皮缝合。

总体来看, 微创手术并发症发生率较低。Grassi 等^[19]研究显示微创手术比开放手术总体并发症相对风险 (relative risk, RR) 显著降低 0.21 ($P = 0.00001$), 其中切口感染 RR 下降 0.15 ($P = 0.0009$) 尤为明显, 恢复活动 (1.23 d, $P = 0.09$) 以及踝关节活动范围 (3.95° , $P = 0.46$) 平均差 (middle difference, MD) 差异无统计学意义, 患者主观感受较开放手术更好。

2 经皮手术

经皮缝合手术也属于微创手术的范畴, 最早由 Ma 等^[20]提出, 缝合方式见图 2A。由于创伤小且切口较美观, 在临床上广泛使用, 但 Ma-Griffith 缝合可能造成腓肠神经损伤。目前的多种改进方法主要向降低腓肠神经损伤发生率、简化操作的方向发展。

2.1 Dresden 器械经皮缝合及改良

适用于断裂时间 < 10 d 的急性跟腱断裂患者。Manegold 等^[21]报道借助 Dresden 器械采用 Krackow 缝合修复 118 例, 缝合方式见图 2B, 术后 Hannover 评分 (85.2 ± 12.1) 分, ATRS 评分 (85.4 ± 14.8) 分, AOFAS 踝-后足评分 (95.3 ± 6.6) 分, 术后跟腱再断裂率 2% (3/153), 无腓肠神经损伤。la Fuente 等^[22]比较改良三重 Dresden 技术、双重 Dresden 技术、Krackow 缝合和双重 Kessler 缝合的生物力学性能, 模拟跖屈 8° 时, 三重 Dresden 在抗张强度最大 [(107.62 ± 19.33) N vs. (76.13 ± 27.37) N vs. (51.30 ± 5.99) N vs. (77.70 ± 18.64) N], 三重 Dresden 组与任一组 $P < 0.05$ 的同时保持最小的缝合应力 [(76.97 ± 13.85) N/mm² vs. (79.77 ± 20.24) N/mm² vs. (111.43 ± 12.21) N/mm² vs. (84.41 ± 20.23) N/mm²]。虽然缝线数量的增加对

跟腱血供和术后恢复的影响并不能完全在生物力学实验中反映, 但与传统缝合相比, Dresden 技术缝合创伤小、生物力学性能强, 仍具有独特优势。

2.2 经皮 Bunnell 缝合

经皮 Bunnell 缝合与经典 Bunnell 缝合在适用人群方面相似, 但切口明显缩小。Yilmaz 等^[23]比较 2 种缝合后跟腱的组织学和生物力学特性, 电镜下见经皮组纤维较开放组更加丰富, 抗张力 (均值 143.7 N vs. 139.2 N, $P = 0.33$) 无统计学差异, 表明经皮缝合的跟腱在组织学和电镜水平恢复较好。Makulavicius 等^[24]对 20 具人体标本进行改良经皮 Bunnell 缝合, 在小腿中线内侧进行缝合 (以避开腓肠神经), 缝合方式见图 2C, 该手术可以明显降低腓肠神经损伤率 [0 (0/10) vs. 70% (7/10), $P < 0.001$]。

经皮缝合与开放缝合相比, 具有切口小而美观、术后创面坏死率更低 [0.38% (4/1047) vs. 2.23% (21/940), $P = 0.006$] 和瘢痕组织粘连较少 [0.86% (9/1047) vs. 4.57% (43/940), $P < 0.0001$] 等优点, 但腓肠神经损伤率较高 [7.26% (76/1047) vs. 2.45% (23/940), $P = 0.001$]^[3]。与其他微创技术相比, 经皮手术无一次性导航器使用, 费用较低, 也是临床推广的优势所在。

3 微创可视化手术

由于微创手术无法直视创口, 容易造成跟腱周围结构的损伤, 发生新的并发症。超声和内镜技术的发展为克服上述缺点创造条件, 也是未来微创手术减少并发症的发展方向。

3.1 超声辅助手术

超声辅助手术适用于跟腱断端与止点间距 > 3 cm, 踝关节无外伤史及退行性变, 断裂时间 < 1 周的闭合性跟腱断裂患者。马文明等^[26]对 24 例进行跟腱缝合, 术中超声定位腓肠神经, 避免经皮缝合的腓肠神经损伤, 平均 14.5 月随访, AOFAS 踝-后足评分提高 (均值 61.5 分 vs. 97.1 分, $P < 0.05$), Arner Lindholm 标准优良率 100%, 无腓肠神经损伤、皮肤感染等并发症。Paczesny 等^[27]比较超声辅助经皮缝合与普通经皮缝合, 足踝结局问卷 (Foot and Ankle Outcome Questionnaire, FAOQ) 差异无统计学意义 (均值 78 分 vs. 76 分, $P > 0.05$)。Wang 等^[28]

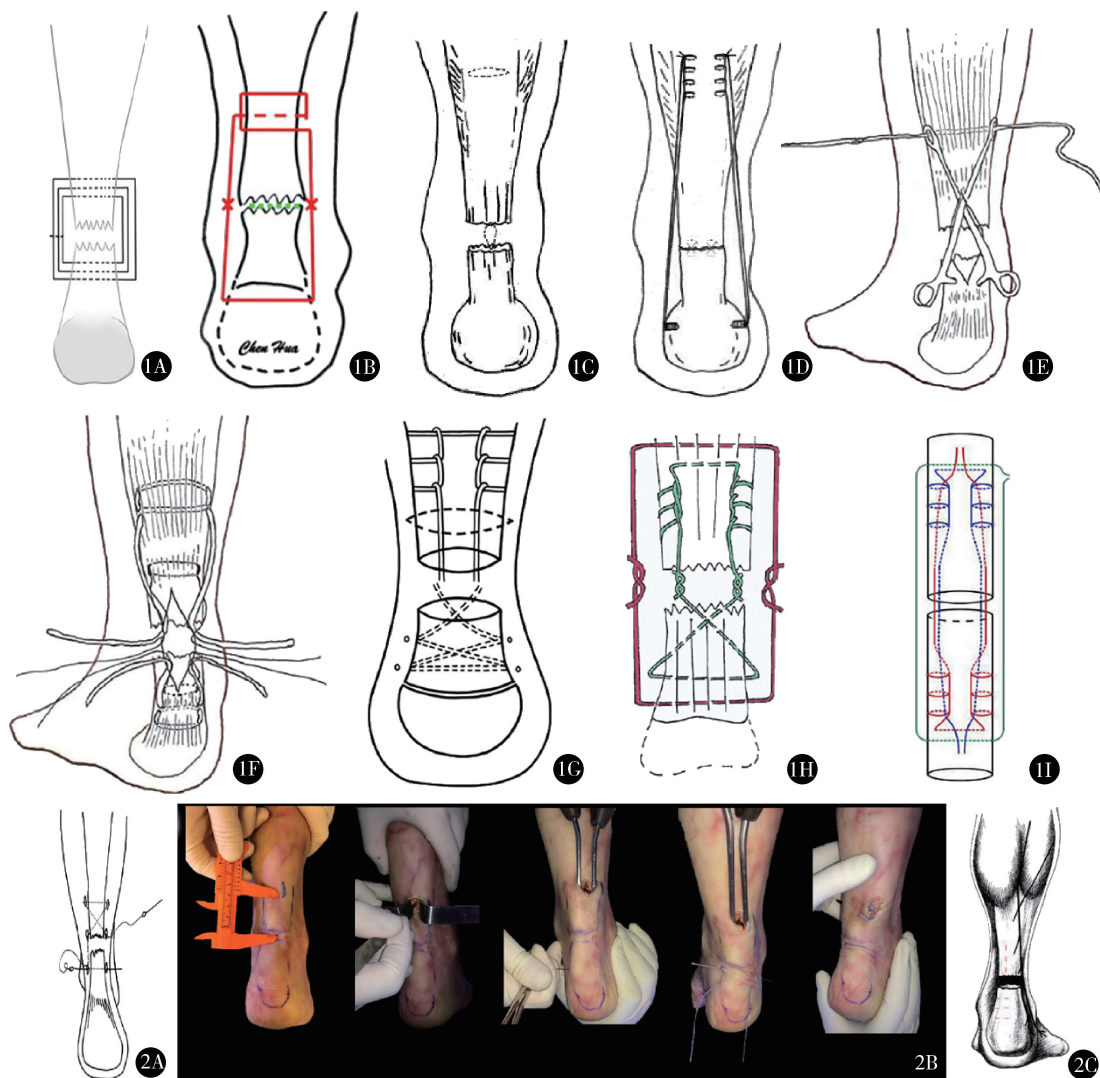


图 1 A. Achillon 导航器缝合示意图^[11]; B. 借助 CAMIR 导航器的 Bunnell 缝合^[7]; C, D. PRBT 微创缝合^[10]; C. 2 处切口位置, D. 跟骨桥锚及缝合; E, F. 环钳微创修复^[12]; E. 环钳引导缝线经皮穿入, F. 缝线图示; G. JKIB 示意图^[14]; H. 简易 Krackow 缝合法示意图^[16]; I. 锁扣阻挡改良 Krackow 缝合示意图^[17]
图 2 A. 经皮 Ma-Griffith 缝合^[9]; B. Dresden 技术缝合跟腱断裂^[25]; C. 改良 Bunnell 缝合, 红色为缝线^[24]

比较超声辅助微创手术与开放手术缝合闭合性跟腱断裂(跟腱断裂持续时间 < 2 周), 超声辅助微创手术并发症发生率 [4. 3% (1/23) vs. 28% (7/25), $P < 0.05$] 和 AOFAS 踝 - 后足评分功能部分 (均值 49.1 分 vs. 47.7 分, $P = 0.031$) 具有优势。术中超声不会增加感染的风险, 降低腓肠神经损伤率, 辅助断端对合, 且价格低廉, 适宜在微创修复术中广泛应用。

3.2 内镜辅助手术

内镜可以提供真正意义上的可视化, 内镜引导跟腱修复术结合开放手术和微创手术的优点, 通过小切口直接观察断端及其周围结构, 避免术后的过

度瘢痕增生和跟腱周围结构损伤。

内镜可以与多种手术方式结合。Rungprai 等^[29]采用内镜辅助经皮缝合 23 例跟腱闭合性断裂 < 2 周 (无跟腱手术史), 术后视觉模拟评分 (Visual Analogue Scale, VAS) (均值 0.1 分 vs. 7.9 分, $P < 0.001$)、SF-36 躯体健康 (均值 47.9 分 vs. 32.5 分, $P < 0.001$) 和精神健康 (均值 51.4 分 vs. 44.7 分, $P < 0.001$)、足踝能力评估 (Foot and Ankle Ability Measure, FAAM) 运动 (均值 61.7 分 vs. 0 分, $P < 0.001$) 和日常评分 (均值 83.0 分 vs. 26.1 分, $P < 0.001$) 均有改善。Wei 等^[30]采用内镜辅助内夹板缝合术治疗 23 例 < 50 岁跟腱急性完全断裂 (跟腱

体部断裂), 术后无腓肠神经损伤和切口感染, AOFAS 踝-后足评分(96.52 ± 4.87)分, ATRS 评分(97.83 ± 2.77)分, VAS 评分(0.35 ± 0.49)分, 取得较好的临床效果。除上述术式外, 内镜辅助肌腱移植术^[31,32]也取得良好的临床效果。

4 总结

目前, 跟腱断裂的手术方式选择还没有共识。开放手术技术简单成熟, 手术直视跟腱断端, 周围结构损伤率低且生物力学强度高^[6], 但创伤较大, 过长瘢痕也影响美观。微创手术浅表感染率低, 但腓肠神经等周围结构的损伤率较高, 导航器等耗材使用也会增加经济负担。超声和内镜辅助微创缝合技术综合上述两者的优点, 是手术技术的发展方向。总而言之, 不论采取何种手术方式, 都有并发症可能。医疗决策需要根据术者的自身经验以及偏好, 综合考虑患者对于跟腱强度、切口美观以及经济承受能力, 再选出最合适的手术方式。

参考文献

- Ochen Y, Beks RB, van Heijl M, et al. Operative treatment versus nonoperative treatment of Achilles tendon ruptures: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 2019, 364; k5120.
- Reda Y, Farouk A, Abdelmonem I, et al. Surgical versus non-surgical treatment for acute Achilles' tendon rupture. A systematic review of literature and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*, 2020, 26(3): 280-288.
- Gatz M, Driessen A, Eschweiler J, et al. Open versus minimally-invasive surgery for Achilles tendon rupture: a meta-analysis study. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2021, 141(3): 383-401.
- Assal M, Jung M, Stern R, et al. Limited open repair of Achilles tendon ruptures: a technique with a new instrument and findings of a prospective multicenter study. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84(2): 161-170.
- Alcelik I, Saeed ZM, Haughton BA, et al. Achillon versus open surgery in acute Achilles tendon repair. *Foot Ankle Surg*, 2018, 24(5): 427-434.
- Diniz P, Pacheco J, Fernandes RM, et al. Modified triple Kessler with least risk of elongation among Achilles tendon repair techniques: a systematic review and network meta-analysis of human cadaveric studies. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021 Jun 5. Online ahead of print.
- Chen H, Ji X, Zhang Q, et al. Channel-assisted minimally invasive repair of acute Achilles tendon rupture. *J Orthop Surg Res*, 2015,

- 10: 167-172.
- Qi H, Ji X, Cui Y, et al. Comparison of channel-assisted minimally invasive repair and 3 common Achilles tendon restoration techniques. *Exp Ther Med*, 2019, 17(2): 1426-1434.
- Manent A, Lopez L, Vilanova J, et al. Assessment of the resistance of several suture techniques in human cadaver achilles tendons. *J Foot Ankle Surg*, 2017, 56(5): 954-959.
- Yin L, Wu Y, Ren C, et al. Treatment of acute achilles tendon rupture with the panda rope bridge technique. *Injury*, 2018, 49(3): 726-729.
- Wang T, Mu Y, Diao Y, et al. Biomechanical comparison of panda rope bridge technique and other minimally invasive achilles tendon repair techniques in vitro. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(6): 23259671211008436.
- Park CH, Na HD, Chang MC. Clinical outcomes of minimally invasive repair using ring forceps for acute achilles tendon rupture. *J Foot Ankle Surg*, 2021, 60(2): 237-241.
- Obut S, Gultekin A, Unal M, et al. A simple suture-guiding device for minimally invasive Achilles tendon repair. *J Orthop Surg-Hong K*, 2017, 25(3): 2309499017739484.
- Ko PY, Huang MT, Li CL, et al. Jigless knotless internal brace technique for acute Achilles tendon rupture: a case series study. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 415-422.
- Ko PY, Hsu CH, Hong CK, et al. Jigless knotless internal brace versus other open Achilles tendon repairs using a progressive rehabilitation protocol: a biomechanical study. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 908-915.
- 田建, 许亚军, 陈政, 等. 有限小切口下简易 Krackow 缝合法治急性闭合性跟腱断裂的疗效观察. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(11): 1322-1325.
- 田建, 芮永军, 许亚军, 等. 半切开行锁扣阻挡改良 Krackow 缝合法结合早期功能康复治疗跟腱断裂的早期疗效分析. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(5): 371-375.
- Tian J, Rui Y, Xu Y, et al. A biomechanical comparison of Achilles tendon suture repair techniques: Locking Block Modified Krackow, Kessler, and Percutaneous Achilles Repair System with the early rehabilitation program in vitro bovine model. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2020, 140(11): 1775-1782.
- Grassi A, Amendola A, Samuelson K, et al. Minimally invasive versus open repair for acute achilles tendon rupture: Meta-analysis showing reduced complications, with similar outcomes, after minimally invasive surgery. *J Bone Joint Surg Am*, 2018, 100(22): 1969-1981.
- Ma GW, Griffith TG. Percutaneous repair of acute closed ruptured achilles tendon: a new technique. *Clin Orthop Relat R*, 1977, (128): 247-255.
- Manegold S, Tsitsilonis S, Schumann J, et al. Functional outcome and complication rate after percutaneous suture of fresh Achilles

tendon ruptures with the Dresden instrument. J Orthop Traumatol, 2018,19(1):19-25.

22 la Fuente C, Cruz-Montecinos C, Schmidt HL, et al. Biomechanical properties of different techniques used in vitro for suturing mid-substance Achilles tendon ruptures. Clin Biomech (Bristol, Avon),2017,50:78-83.

23 Yilmaz G, Doral MN, Turhan E, et al. Surgical treatment of Achilles tendon ruptures: the comparison of open and percutaneous methods in a rabbit model. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg,2014,20(5):311-318.

24 Makulavicius A, Martin Oliva X, Mazarevicius G, et al. Comparative anatomical study of standard percutaneous and modified medialised percutaneous Bunnell type repair for artificial achilles tendon rupture: positive effect of medialisation of the stitches with lower risk of sural nerve injury. Folia Morphol (Warsz),2016,75(1):53-59.

25 de la Fuente C, Carreno-Zillmann G, Marambio H, et al. Is the Dresden technique a mechanical design of choice suitable for the repair of middle third Achilles tendon ruptures? A biomechanical study. Rev Esp Cir Ortop Traumatol,2016,60(5):279-285.

26 马文明,丁亮华,何双华,等. 超声辅助下经皮微创治疗急性闭合性跟腱断裂. 中华创伤杂志,2017,33(5):441-446.

27 Paczesny L, Zabrzynski J, Domzalski M, et al. Mini-invasive, ultrasound guided repair of the achilles tendon rupture-A pilot study. J Clin Med,2021,10(11):2370.

28 Wang CC, Chen PY, Wang TM, et al. Ultrasound-guided minimally invasive surgery for achilles tendon rupture: preliminary results. Foot Ankle Int,2012,33(7):582-590.

29 Rungprai C, Phisitkul P. Outcomes and complications following endoscopically assisted percutaneous achilles tendon repair. Arthroscopy, 2018,34(4):1262-1269.

30 Wei S, Chen J, Kong C, et al. Endoscopic " internal splinting" repair technique for acute Achilles tendon rupture. Arch Orthop Trauma Surg,2021,141(10):1753-1760.

31 Lucar-Lopez G, Ballester-Alomar M, Jimenez-Obach A, et al. Modified tension-slide technique for endoscopy-assisted flexor hallucis longus tendon transfer. Foot Ankle Spec,2020,13(5):431-434.

32 Mao H, Wang L, Dong W, et al. Anatomical feasibility study of flexor hallucis longus transfer in treatment of Achilles tendon and posteromedial portal of ankle arthroscopy. Surg Radiol Anat,2018,40(9):1031-1038.

(收稿日期:2021-08-27)

(修回日期:2021-12-15)

(责任编辑:李贺琼)