

急性跟腱断裂微创手术治疗的研究进展

伍河霖^{1,2} 郑博宇^{2,3} 魏世隽^{1,2}

【摘要】 急性跟腱断裂(ART)是一种常见的足踝部运动损伤,与骨折不同的是,跟腱断裂后常以瘢痕愈合为主,这使得跟腱的生物力学特性有所下降。即便手术修复后,病人的运动功能仍难以恢复至伤前水平。随着相关研究的不断深入,无论手术还是保守治疗均取得了长足进步,但目前对于ART理想的治疗方案仍存在争议。微创手术技术和手术工具的发展在显著降低传统开放手术软组织并发症风险的同时,进一步确保了跟腱断端良好的对合和修复强度,因此越来越受到青睐。由于具有更好的软组织血供保护和直视下缝合优势,内镜下“全内”改良 Krackow 缝合桥接修复方式或许是未来的发展方向。

【关键词】 急性跟腱断裂;治疗策略;微创;关节镜;内镜

跟腱是人体最强大的肌腱之一,但却有着特殊的解剖特点,跟腱并没有真正意义上的腱鞘,而是由其周围高度血管化的松散的腱周膜样组织包裹,为其提供营养和润滑^[1]。Carr等^[2]通过放射性核素扫描证实了跟腱止点上方约4~6 cm的节段范围内血管显影较少,因此这个乏血管区域最容易发生变性和撕裂。急性跟腱断裂(ART)是足踝部常见而又相对棘手的运动损伤,许多职业运动员都曾因跟腱断裂而与冠军失之交臂,即便手术治疗也难以恢复到伤前的运动水平。伴随着健身的兴起和球类运动的普及,ART总体发生率呈逐年上升趋势。目前,对ART的治疗方法涵盖保守疗法(外固定辅助功能锻炼)、开放修复手术和微创修复手术(包括经皮、小切口、关节镜辅助)。尽管每年有大量关于ART的相关研究文献发表,但对于ART的理想治疗方案目前仍然存在较大争议。跟腱微创手术越来越受到重视,本文就近年来ART微创手术的相关研究进展作一综述。

一、文献检索策略

本文以“急性跟腱断裂”“微创”“小切口”“关节镜”“内镜”为中文关键词在中国知网、万方数据库中检索;以“acute Achilles tendon rupture”“minimally invasive”“mini-open”“arthroscopic”“endoscopic”为英文关键词,在PubMed中进行检索。文献纳入标准:ART诊断、治疗相关的文献。文献排除标准:①文献质量偏低或重复性研究;②无法获取全文或重复发表的文献;③非中英文文献;④学位论文、会议论文、讲座等非论著文献。本研究共检索文献4 646篇,最终纳入44篇(图1)。

二、治疗策略存在的争议

保守治疗措施中,长时间的外固定不仅会导致一定程度

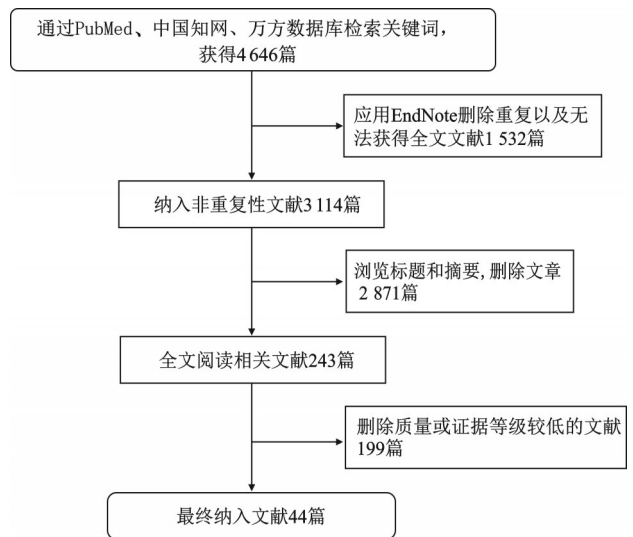


图1 文献检索流程图

肌肉萎缩、关节僵硬、本体感觉及步态异常^[3-4],而且跟腱再断裂的风险较高^[5]。手术治疗与保守治疗相比,可以确保跟腱断端良好的对合,更好地恢复跟腱解剖长度,确保小腿三头肌力量、踝关节功能的早期恢复,但局部软组织并发症的风险较高,尤其是切口感染^[6]。为了解决长时间石膏固定带来的弊端,学者们提出了加速康复的概念,通常指2周后允许保护状态下踝关节活动的康复方案。早期活动踝关节或负重对手术治疗和非手术治疗都显示出极富前景的效果^[7-9],因此被越来越多的医师所接受。近年来,相当多的研究证据显示采用早期功能康复策略后,保守治疗和手术治疗的再断裂率并没有显著性差异,功能性非手术康复后的跟腱再断裂率甚至与手术治疗相似^[6,10]。作为对这些证据的响应,在包括丹麦、芬兰和瑞典在内的北欧国家,ATR的手术率明显下降^[11-12]。

但Maffulli等^[13]近期在《柳叶刀》发表评论认为越来越多的保守治疗病人尽管没有出现跟腱再断裂,但跟腱的非等长愈合结果改变了腓肠肌-比目鱼肌复合体的正常解剖关系,

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.05.019

作者单位: 1. 南方医科大学第一临床医学院, 广州 510515; 2. 中部战区总医院骨科运动医学中心, 武汉 430070; 3. 武汉科技大学医学院, 武汉 430070

通信作者: 魏世隽, E-mail: wsj1974@yeah.net

表现出类似陈旧性跟腱断裂病人的踝关节跖屈功能异常;而矫正这种情况的重建手术比一期修复的技术要求和费用都更高。Myhrvold 等^[14]最近发表在《新英格兰医学》上的一项总共纳入 1 638 名病例的临床随机对照研究显示治疗方式(保守、微创或开放手术)的选择对治疗后 1 年的功能影响几乎没有差异,但手术治疗显著降低了跟腱再断裂风险(6.2% *vs.* 0.6%),微创手术的神经损伤风险更高。来自日本、韩国、意大利以及美国的最新全国性数据显示 ART 手术率正在逐年增加^[15-18]。伴随着手术技术和手术工具的进步,这类新的微创手术方式既可以获得跟腱的牢靠修复以便于早期康复锻炼,同时明显减少了令人烦恼的软组织并发症^[19-20]。

三、微创手术方式的优缺点

(一)经皮修复手术

传统开放手术需要较广泛显露跟腱断端,势必对腱周膜造成一定程度的二次伤害,不可避免地影响到断端原本脆弱的血供,从而导致腱周膜的实质性改变,增加局部感染及粘连的风险^[21]。Ma 等^[22]通过 6 个小切口对跟腱尝试进行经皮的 Bunnell 方式缝合,明显降低了手术感染率。但经皮穿针存在一定的盲目性,缝合的强度也存有疑虑,术后再断裂风险高于传统开放手术,尤其是经皮穿针损伤腓肠神经的风险令人担忧(发生率为 11%~13%)。Hokenbury 等^[23]在一项生物力学研究中发现,80%(4/5 例)的经皮缝合中缝线存在位置错误(并没有经过跟腱实质部分),Griffith 经皮修复方式只能提供相当于开放修复强度约 50%左右的初始稳定力量。术中高分辨率超声可以帮助定位腓肠神经与跟腱外侧缘的解剖关系,将腓肠神经损伤的风险降至最低,同时也可以帮助提高经皮修复的缝合质量^[24-25]。尽管如此,经皮穿针修复的可靠性和神经损伤风险仍然是目前重点关注和研究的方面。

(二)小切口修复手术

为了提高经皮穿针的准确性,Kakiuchi^[26]使用 2 枚折弯 2 mm 克氏针通过正中小切口来辅助经皮缝合。在其启示之下,Assal 等^[27]设计出了“Achillon”导向经皮缝合工具,其通过小切口置入腱周组织下方,快速定位跟腱并引导经皮穿针形成 3 个 Box 缝合。然而,即便是使用 Achillon 系统,缝线只是简单的横穿方式,无法确保其牢固把持住肌腱实质部分,存在早期康复锻炼中缝线切割跟腱的风险。此外,昂贵价格、难以避免的腓肠神经损伤风险等问题使得其应用受限。PARP 修复系统在 Achillon 基础上改进为斜行穿针,将 Box 缝合方式和改良 Bunnell 缝合方式结合起来,改善了缝合强度,体外实验证明该方式拥有更大的抗负荷量^[28]。国内学者改良设计了通道辅助微创缝合系统(channel-assisted minimally invasive repair system, CAMIR),该导向通道可沿跟腱长轴远近推进,快速完成改良 Bunnell 缝合,同样提高了缝合强度^[29]。近年来,基于无结锚钉缝线桥技术的“快速桥接修复”系统开始引起重视,该技术优势在于允许术中调整跟腱初始张力,且最大限度地减少线结刺激,并在专业运动员身上取得了满意的疗效^[30]。小切口修复可以直视控制断端,在术后美国足踝外科医师协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Soci-

ety, AOFAS)踝与后足功能评分、跟腱断裂总体功能评分(Achilles tendon Total Rupture Score, ATRS)和腓肠神经损伤风险方面具有优势^[31]。

然而,商业定制的辅助缝合器械因其高昂的价格限制了应用空间。Park 等^[32]利用塑形环形钳进行改良的小切口修复技术,在临床疗效和术后并发症方面可与 Achillon 技术相媲美。改良的环形钳经皮修复技术在经济上更具吸引力,这对医疗环境相对较差的发展中国家更有帮助^[33]。

Sarman 等^[34]提出了小切口“内夹板”修复技术,在距离跟腱断裂区域的两端约 2~3 cm 处各作 2 个小切口,在近端对跟腱进行 Krackow 方式锁边缝合,远端经跟骨骨隧道固定缝线。术中缝线直接经皮下隧道跨越远端,不做直接缝合,其原理类似于粉碎型骨折的桥接钢板固定技术,断端原发性血肿和腱周膜组织获得了很好的保护。Jiang 等^[35]报道了使用改良的小切口“内夹板”修复技术,利用锚钉固定来避免缝线在跟骨骨道中的切割风险,5 年随访结果显示与经皮修复技术相似,同时显著降低腓肠神经损伤和再断裂的风险。最近的一项临床研究显示 ART 微创修复术后局部粘连发生率约为 5.6%。可能表现为局部紧绷和僵硬感,通过关节镜手术可以解除局部粘连并显著改善预后^[36]。

(三)关节镜辅助修复手术

2001 年,Turgut 等^[37]首次将关节镜监视技术引入 ART 的经皮修复,并通过尸体试验证实跟腱断端的解剖对合可以通过内窥镜监视实现,但镜下仍然不能实现神经的可视化,因此也无法避免其损伤。Halasi 等^[38]对比了 156 例 ART 病人,采用改良经皮双线 Bunnell 缝合,无论是否借助关节镜,术后物理、功能和动力学评估结果并没有统计学差异,但使用关节镜辅助的再断裂率更低。Tang 等^[39]应用关节镜辅助下改良 Kessler 缝合修复技术获得了优良的临床疗效且未观察到相关并发症,他们认为关节镜在确保跟腱断端接触对合的同时很好地保护了软组织血供。Fortis 等^[40]认为关节镜辅助跟腱修复是一项安全可靠的技术,最大限度地减少瘢痕粘连,且极好地保护了软组织血供,但潜在的风险仍然是腓肠神经损伤和腓肠肌力量下降。Doral 等^[41]对包括职业运动员在内的 62 例 ART 病人在内镜监视下采用改良 Bunnell 技术经皮缝合,95% 的病人恢复到伤前的运动水平,且没有严重的并发症,认为内镜辅助下经皮缝合是一种合理的治疗运动员和非运动员 ART 的方法,但腓肠肌萎缩仍然是主要的问题。关节镜技术的主要优势在于腱周膜干扰的最小化,最大限度地促进跟腱愈合^[42]。Lui 等^[43]认为关节镜辅助下的经皮缝合不能降低腓肠神经损伤风险,“全内”镜下缝合修复跟腱应该是未来的目标。尽管 Krackow 的锁边缝合方式修复强度明显优于改良 Kessler(1.58 倍)和 Bunnell(1.73 倍)缝合方式,但在镜下要完成标准的 Krackow 缝合则较为困难,目前大部分文献报道的镜下修复仍然是采用后两种缝合方式。我们团队首次将抗负荷强度更高的改良 Krackow 缝合方式引入镜下缝合跟腱,并利用关节镜工作套管确保直视下缝合,从而规避了腓肠神经损伤的风险^[44]。这种改良的镜下 Krackow 缝

合方法,或许是一种更接近“全内”缝合的镜下修复方式。

四、总结

新鲜跟腱断裂治疗目前仍面临以下方面争议:①更优的治疗策略是功能性保守治疗措施还是现代手术技术?②更加个性化的康复训练方案;③微创手术如何获得更优的临床效果以及更少的并发症?④跟腱预后的主客观评价标准。伴随着跟腱解剖相关研究的深入,手术技术和手术工具的不断改进,不论是传统开放手术、微创手术还是功能疗法都取得了极大的进步,尤其是微创手术技术正日趋成熟。尽管目前还没有公认的最优微创手术方式,但镜下“全内”直视缝合方式或许是未来的发展方向之一。

参 考 文 献

- [1] Lohrer H, Arentz S, Nauck T, et al. The Achilles tendon insertion is crescent-shaped: an *in vitro* anatomic investigation [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2008, 466(9): 2230-2237.
- [2] Carr AJ, Norris SH. The blood supply of the calcaneal tendon [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1989, 71(1): 100-101.
- [3] Costa ML, Kay D, Donell ST. Gait abnormalities following rupture of the tendo Achillis: a pedobarographic assessment [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(8): 1085-1088.
- [4] Ghaddaf AA, Alomari MS, Alsharef JF, et al. Early versus late weightbearing in conservative management of acute achilles tendon rupture: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Injury*, 2022, 53(4): 1543-1551.
- [5] Kadakia AR, Dekker RG, 2nd, Ho BS. Acute Achilles tendon ruptures: an update on treatment [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2017, 25(1): 23-31.
- [6] Ochen Y, Beks RB, van Heijl M, et al. Operative treatment versus nonoperative treatment of Achilles tendon ruptures: systematic review and meta-analysis [J]. *BMJ*, 2019, 364: k5120.
- [7] Willits K, Amendola A, Bryant D, et al. Operative versus nonoperative treatment of acute Achilles tendon ruptures: a multicenter randomized trial using accelerated functional rehabilitation [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(17): 2767-2775.
- [8] Lantto I, Heikkinen J, Flinkkila T, et al. A prospective randomized trial comparing surgical and nonsurgical treatments of acute Achilles tendon ruptures [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(9): 2406-2414.
- [9] Coopmans L, Amaya Aliaga J, Metsemakers WJ, et al. Accelerated rehabilitation in non-operative management of acute achilles tendon ruptures: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2022, 61(1): 157-162.
- [10] Steinfeld Y, Akian R, Rovitsky A, et al. Assessment of functional conservative treatment of acute complete Achilles tendon rupture [J]. *Isr Med Assoc J*, 2021, 23(8): 510-515.
- [11] Ganestam A, Kallemose T, Troelsen A, et al. Increasing incidence of acute Achilles tendon rupture and a noticeable decline in surgical treatment from 1994 to 2013. A nationwide registry study of 33, 160 patients [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(12): 3730-3737.
- [12] Mattila VM, Huttunen TT, Haapasalo H, et al. Declining incidence of surgery for Achilles tendon rupture follows publication of major RCTs: evidence-influenced change evident using the Finnish registry study [J]. *Br J Sports Med*, 2015, 49(16): 1084-1086.
- [13] Maffulli N, Peretti GM. Treatment decisions for acute Achilles tendon ruptures [J]. *Lancet*, 2020, 395(10222): 397-398.
- [14] Myhrvold SB, Brouwer EF, Andresen TKM, et al. Nonoperative or surgical treatment of acute Achilles' tendon rupture [J]. *N Engl J Med*, 2022, 386(15): 1409-1420.
- [15] Longo UG, Salvatore G, Ambrogioni LR, et al. Correction to: epidemiology of Achilles tendon surgery in Italy: a nationwide registry study, from 2001 through 2015 [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 728.
- [16] Wang D, Sandlin MI, Cohen JR, et al. Operative versus nonoperative treatment of acute Achilles tendon rupture: an analysis of 12, 570 patients in a large healthcare database [J]. *Foot Ankle Surg*, 2015, 21(4): 250-253.
- [17] Yamaguchi S, Kimura S, Akagi R, et al. Increase in Achilles tendon rupture surgery in Japan: results from a nationwide health care database [J]. *Orthop J Sports Med*, 2021, 9(10): 23259671211034128.
- [18] Park HG, Youn D, Baik JM, et al. Epidemiology of Achilles tendon rupture in South Korea: claims data of the national health insurance service from 2009 to 2017 [J]. *Clin Orthop Surg*, 2021, 13(4): 539-548.
- [19] Saleem A, Khan IA, Crouser NJ, et al. Utilizing a percutaneous versus open Achilles tendon repair technique for treating acute achilles tendon ruptures in physically active adults: a critically appraised topic [J]. *J Sport Rehabil*, 2022, 31(7): 943-949.
- [20] Attia AK, Mahmoud K, d'Hooghe P, et al. Outcomes and complications of open versus minimally invasive repair of acute Achilles tendon ruptures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Am J Sports Med*, 2021: 3635465211053619.
- [21] Longo UG, Candela V, Berton A, et al. Less invasive fixation of acute avulsions of the Achilles tendon: a technical note [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2020, 56(12): 715.
- [22] Ma G, Griffith TG. Percutaneous repair of acute closed ruptured achilles tendon: a new technique [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1977, 128(128): 247-255.
- [23] Hockenbury RT, Johns JC. A biomechanical *in vitro* comparison of open versus percutaneous repair of tendon Achilles [J]. *Foot Ankle*, 1990, 11(2): 67-72.
- [24] Samy AM. Intra-operative ultrasound: does it improve the results of percutaneous repair of acute Achilles tendon rupture? [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022. (DOI: 10.1007/s00068-022-01926-x. Online ahead of print.)
- [25] Paczesny Ł, Zabrzyński J, Domzalski M, et al. Mini-invasive, ultrasound guided repair of the Achilles tendon rupture-a pilot study [J]. *J Clin Med*, 2021, 10(11): 2370.
- [26] Kakiuchi M. A combined open and percutaneous technique for repair of tendo Achillis. Comparison with open repair [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1995, 77(1): 60-63.
- [27] 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]. *J Bone Joint Surg Am*, 2002, 84(2): 161-170.
- [28] Demetracopoulos CA, Gilbert SL, Young E, et al. Limited-open Achilles tendon repair using locking sutures versus nonlocking sutures: an *in vitro* model [J]. *Foot Ankle Int*, 2014, 35(6): 612-618.
- [29] Chen H, Ji X, Zhang Q, et al. Channel-assisted minimally invasive repair of acute Achilles tendon rupture [J]. *J Orthop Surg Res*, 2015, 10: 167.
- [30] McWilliam JR, Mackay G. The internal brace for midsubstance Achilles ruptures [J]. *Foot Ankle Int*, 2016, 37(7): 794-800.

- [31] Li Y, Jiang Q, Chen H, et al. Comparison of mini-open repair system and percutaneous repair for acute Achilles tendon rupture [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 914.
- [32] Park CH, Yan H, Park J, et al. Mini-open repair for acute Achilles tendon rupture: ring forceps vs the achillon device [J]. Am J Sports Med, 2021, 49(13): 3613-3619.
- [33] Park CH, Na HD, Chang MC. Clinical outcomes of minimally invasive repair using ring forceps for acute Achilles tendon rupture [J]. J Foot Ankle Surg, 2021, 60(2): 237-241.
- [34] Sarman H, Muezzinoglu US, Memisoglu K, et al. Comparison of semi-invasive “internal splinting” and open suturing techniques in Achilles tendon rupture surgery [J]. J Foot Ankle Surg, 2016, 55(5): 965-970.
- [35] Jiang X, Qian S, Chen C, et al. Modified mini-incision “internal splinting” versus percutaneous repair technique of acute Achilles tendon rupture: five year retrospective case-controlled study [J]. Int Orthop, 2021, 45(12): 3243-3251.
- [36] Carmont MR, Knutsson SB, Brorsson A, et al. The release of adhesions improves outcome following minimally invasive repair of Achilles tendon rupture [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2022, 30(3): 1109-1117.
- [37] Turgut A, Günal I, Maralcan G, et al. Endoscopy, assisted percutaneous repair of the Achilles tendon ruptures: a cadaveric and clinical study [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2002, 10(2): 130-133.
- [38] Halasi T, Tállay A, Berkes I. Percutaneous Achilles tendon repair with and without endoscopic control [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2003, 11(6): 409-414.
- [39] Tang KL, Thermann H, Dai G, et al. Arthroscopically assisted percutaneous repair of fresh closed achilles tendon rupture by Kessler's suture [J]. Am J Sports Med, 2007, 35(4): 589-596.
- [40] Fortis AP, Dimas A, Lamprakis AA. Repair of Achilles tendon rupture under endoscopic control [J]. Arthroscopy, 2008, 24(6): 683-688.
- [41] Doral MN, Bozkurt M, Turhan E, et al. Percutaneous suturing of the ruptured Achilles tendon with endoscopic control [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2009, 129(8): 1093-1101.
- [42] Rungprai C, Phisitkul P. Outcomes and complications following endoscopically assisted percutaneous Achilles Tendon Repair [J]. Arthroscopy, 2018, 34(4): 1262-1269.
- [43] Lui TH. Editorial commentary: is endoscopy really helpful during repair of acute rupture of the Achilles tendon? [J]. Arthroscopy, 2018, 34(4): 1270-1271.
- [44] Wei S, Chen J, Kong C, et al. Endoscopic “internal splinting” repair technique for acute Achilles tendon rupture [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2021, 141(10): 1753-1760.

(收稿日期: 2022-07-18)

(本文编辑: 龚哲妮)

引用格式

伍河霖, 郑博宇, 魏世隽. 急性跟腱断裂微创手术治疗的研究进展 [J]. 骨科, 2022, 13(5): 468-471. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573. 2022.05.019.