

急性跟腱断裂修复术后外固定与早期功能锻炼的研究进展*

曹源 综述 吕扬** 周方 审校

(北京大学第三医院骨科 骨与关节精准医学教育部工程中心, 北京 100191)

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2024)02-0127-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2024.02.010

急性闭合性跟腱断裂是常见的骨骼肌肉系统损伤, 常见于中青年^[1~3]。急性闭合性跟腱断裂的治疗方法包括手术治疗与保守治疗, 如何选择尚存争议^[4,5], 但对于运动员、年轻人等运动功能要求较高的患者, 手术治疗的效果更加肯定^[6]。跟腱断裂的手术方式多样, 近年来出现各种微创术式^[7,8]。术式以及医生经验的差异导致术后外固定佩戴时间以及早期功能锻炼计划有所不同^[9,10]。传统的术后康复方案通常需要严格非负重跖屈位石膏固定 6 周^[11], 但近年研究显示适当缩短外固定时间且早期功能锻炼有助于术后康复^[12,13]。现对急性闭合性跟腱断裂修复术后固定与早期功能锻炼相关研究进展进行综述, 为临床治疗提供参考。

1 术后外固定的体位与时间

以往研究认为跖屈踝关节、屈曲膝关节可以松弛腓肠肌, 减少跟腱张力, 增加重建的稳定性, 因此, 曾为临床共识的急性闭合性跟腱断裂修复术后固定方法是踝关节跖屈位、膝关节屈曲位长腿石膏固定 6~8 周, 在此期间完全不负重, 待病情稳定再进行逐步的负重以及踝关节活动锻炼^[11]。

1.1 踝关节外固定的体位

术后早期踝关节固定的角度对于跟腱康复有较大的影响, 过度强调跖屈位固定可能会导致小腿肌肉萎缩, 而中立位固定则可能导致跟腱延长或再断裂。Qureshi 等^[14]的研究显示, 跟腱断裂后踝关节

中立位和极度跖屈位时, 超声显示平均断端间距分别为 12 mm、5 mm, 而在极度跖屈位同时屈曲膝关节 90° 的情况下, 这一距离减少到 2 mm, 因此建议术后采取踝关节跖屈位膝关节下石膏固定。但是该研究仅关注辅助检查中的断端间距, 而没有考虑功能恢复情况以及小腿肌肉是否有萎缩。Yang 等^[15]认为, 跖屈位固定 8 周会导致比目鱼肌萎缩, 再断率增加, 深静脉血栓形成以及协调性丢失等并发症。因此, 修复术后不恰当的踝关节外固定体位会对康复产生不良影响。

李佳伟等^[16]回顾性比较术后跖屈 10°~15° 固定 6 周(试验组)和跖屈 30° 固定 6 周(对照组)的临床疗效, 2 组各 26 例, 结果表明恢复完全负重行走时间试验组明显早于对照组(均值 8.92 周 vs. 9.81 周, $P=0.021$), 术后 6 个月美国足踝矫形外科协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝-后足评分试验组高于对照组(均值 96.62 分 vs. 93.77 分, $P=0.013$), 患者满意度评分试验组高于对照组(均值 3.92 分 vs. 3.23 分, $P=0.017$), 因此认为, 与踝关节跖屈 30° 固定相比, 急性闭合性跟腱断裂术后采用踝关节跖屈 10°~15° 固定安全性高, 并发症少, 临床疗效显著。但此研究样本量较小, 未说明如何选择固定角度, 随访时间短, 结果可能产生偏倚。王玉仲等^[17]同样比较不同固定体位的康复情况, 试验组功能位(踝关节 0° 位)固定 6 周, 对照组跖屈位(踝关节跖屈 30°~40°)固

* 基金项目: 首都卫生发展科研专项(2022-2-4096)

** 通讯作者, E-mail: lvyang42@126.com

定 6 周,2 组各 25 例,术后 12 个月 AOFAS 踝-后足评分试验组显著高于对照组(均值 90.30 分 vs. 88.46 分, $P < 0.001$),跟腱完全断裂评分(Achilles Tendon Total Rupture Score, ATRS)试验组显著高于对照组(均值 91.39 分 vs. 90.12 分, $P = 0.003$),跟腱粘连挛缩率试验组显著低于对照组[4% (1/25) vs. 28% (7/25), $P = 0.045$],作者认为功能位固定产生对跟腱的持续温和的牵张应力有利于跟腱的愈合,同时可以减少跟腱修复术后跟腱粘连挛缩,且较跖屈位固定更易进行早期功能锻炼,有利于跟腱及踝关节的功能恢复。但 2 组终末随访评价结果无明显差异,因此功能位固定的意义可能在于可以术后更快恢复基本功能。

针对急性跟腱断裂修复术后踝关节跖屈多少度固定方可平衡跟腱延长或再断裂与小腿肌肉萎缩这一问题,临床尚无定论。

1.2 膝关节外固定的体位

传统观念认为,膝关节屈曲可以降低腓肠肌张力,更利于跟腱断端的接触,推荐使用超过膝关节的长腿石膏固定^[14]。然而 Orishimo 等^[18]观察到,正常跟腱被动背屈时的受力在膝关节屈曲 45°左右时可显著降低,但对于急性断裂修复术后的跟腱而言,其顺应性增大,膝关节屈曲所带来的益处不甚明显, Gulati 等^[19]的系统评价同样显示,膝关节屈伸状态并不会明显改变跟腱断裂间隙大小,因此,跟腱断裂缝合处不会由于未固定膝关节而产生较大张力。Wray 等^[20]的尸体研究中,分别在膝关节伸直、屈曲 45°、屈曲 90°时测量跟腱断端距离,结果无统计学差异($P = 0.21$),表明膝关节屈曲角度对断裂跟腱残端之间的距离影响很小。

急性闭合性跟腱断裂修复术后进行超膝关节外固定,不利于早期功能锻炼,增加护理难度,降低舒适感,还可能影响膝关节功能;不进行膝关节外固定在更利于康复的同时,提高患者舒适感。但目前临床上仍需相关的随机对照研究加以论证。

1.3 外固定的时间

以往认可的急性闭合性跟腱断裂修复术后外固定时间是 6~8 周,为防止再断裂以及跟腱延长,固定期间需严格佩戴石膏或其他类型支具,不进行任何功能锻炼^[11]。随着研究的深入,外固定的时间不断缩短,出现“早期功能锻炼”这一概念^[21],提出将

固定时间缩短至 2~4 周^[4-6,22-24]。孙强等^[25]提出,急性跟腱断裂修复术后进行早期康复锻炼产生的应力刺激可促进新生胶原纤维的正常排列,防止术区周围正常组织的退行性改变,预防或减轻关节挛缩,减轻对关节活动的限制,有利于关节正常功能的恢复;而术后长期固定,在组织已发生粘连后再开始进行康复锻炼,则会因关节僵硬而带来的巨大痛苦和康复难度,不利于患者早期回归到正常生活和工作当中。Arverud 等^[26]的研究纳入 109 例急性跟腱完全断裂,用术后 1 年跟腱综合结果评分(Achilles Combined Outcome Score, ACOS)(包括 ATRS、最大足跟抬高高度和对称指数)判断预后,59 例预后良好,50 例预后差,以性别、年龄、吸烟、BMI、深静脉血栓、受伤前活动水平 6 项为自变量,logistic 回归结果显示,年龄 >40 岁、男性、有深静脉血栓是预后差的独立预后因素。下肢长期制动是导致深静脉血栓的主要原因,因此,长时间外固定可能增加深静脉血栓形成的风险,进而影响跟腱愈合。

Okoroha 等^[22]的前瞻性随机对照研究将急性跟腱断裂修复术分为外固定 2 周组以及传统外固定 6 周组,2 组各 9 例,术后超声提示 2 组跟腱长度均有明显延长,第 2~6 周肌腱延长量最大,6 周后明显减少,但末次随访 2 组跟腱延长无统计学差异(均值 15.3 mm vs. 16.4 mm, $P = 0.33$)。张昊等^[23]将 60 例急性闭合性跟腱断裂随机分为术后固定 2 周组和术后固定 6 周组,术后 3 个月 2 周组疼痛视觉模拟评分(Visual Analogue Scale, VAS)(均值 2.98 分 vs. 3.61 分, $P < 0.001$)、AOFAS 踝-后足评分(均值 96.73 分 vs. 85.29 分, $P < 0.001$)、跟腱修复评分(Leppilahti 评分)(均值 92.23 分 vs. 81.71 分, $P < 0.001$)、优良率[90.0% (27/30) vs. 66.7% (20/30), $P = 0.028$]以及并发症发生率[13.3% (4/30) vs. 43.3% (13/30), $P = 0.01$]均显著优于 6 周组。上述 2 项研究表明,减少急性闭合性跟腱断裂修复的术后外固定时间,在改善踝关节活动范围、减少并发症以及增强术后恢复效果的同时,不会造成术后跟腱组织张力增加或过度延长。

我们 2021 年报道一项 254 例急性闭合性跟腱断裂修复术后不同外固定时间的回顾性对比研究^[24],术后外固定时间分别为 0 周(39 例)、2 周(86 例)、4 周(80 例)、6 周(49 例),采取相同的康

复计划,平均随访 22.3 月,结果显示:各组 VAS 评分随时间推移明显下降,12 周后各组 VAS 评分均为 0;外固定 2 周组 AOFAS 踝-后足评分在 12 周内的均值优于其他组(均值 97.5 分 vs. 99.1 分 vs. 98.5 分 vs. 97.6 分, $P < 0.001$),ATRS 评分在 16 周内的均值优于其他组(均值 95.3 分 vs. 97.2 分 vs. 95.2 分 vs. 94.1 分, $P < 0.001$);外固定 0 周和 2 周组在关节活动度恢复时间(均值 6.7 周 vs. 6.5 周 vs. 8.6 周 vs. 10.3 周, $P < 0.001$)、单足提踵恢复时间(均值 12.7 周 vs. 12.5 周 vs. 14.2 周 vs. 14.5 周, $P < 0.001$)以及轻度运动恢复时间(均值 18.9 周 vs. 18.3 周 vs. 19.8 周 vs. 20.4 周, $P < 0.001$)方面均明显快于外固定 4 周和 6 周组;4 组跟腱再断率无明显差异[5.1% (2/39) vs. 1.2% (1/86) vs. 1.3% (1/80) vs. 2.0% (1/49), $P = 0.404$]。我们认为:急性闭合性跟腱断裂修复术后 2 周拆除外固定并逐步开始关节功能锻炼可使患者更好受益而不增加跟腱再断率。

上述研究显示,减小术后踝关节固定跖屈角度、不固定膝关节、缩短术后外固定时间而早期进行功能锻炼,可以得到更好的疗效,同时减少并发症的发生。但由于跟腱修复方式并不统一,也可能有地域、人种等因素的差异,急性闭合性跟腱修复术后固定的方式以及时间仍需视具体情况而定。

2 术后早期功能锻炼

早期功能康复锻炼包括负重、踝关节活动(必要时辅以特制助行靴)、抗阻力及增强力量运动、等长运动、平衡锻炼等,其中较重要的是踝关节屈伸运动和负重两方面^[27],一般在拆卸外固定后进行,近来有研究提倡佩戴跟腱靴等保护性支具进行功能锻炼^[28]。对于早期功能锻炼的方式以及开始的时间,已开展许多研究。

2.1 单纯早期负重

肌腱修复可分为 3 个阶段^[29]:炎症期(第 1 周)、瘢痕增生期(第 2~8 周)和重塑期(长达 12 个月以上)。相较于正常肌腱,瘢痕组织硬度更大而弹性更低,生物力学性能较差,因此,在修复过程中,跟腱的抗拉强度随着组织重塑而逐渐增强,但是依然无法达到正常跟腱的强度^[30]。早期负重可以改善瘢痕组织的生物力学性能,减少其与周围组织的

粘连,从而使跟腱获得更大的弹性,有利于后续的康复^[30]。

Majewski 等^[31]对急性跟腱断裂行经皮非锁边横向修复术,试验组(14 例)术后穿特制的鞋早期负重,对照组(14 例)石膏固定,随访 12 个月,2 组平均跟腱评分分别为 88 分和 81 分,重返工作岗位时间分别为 37 天和 69 天($P = 0.042$),认为术后穿特制鞋早期负重比术后石膏固定非负重临床效果好。Porter 等^[32]的随机对照研究中,早期康复组(25 例)术后 10~14 天开始部分负重,标准康复组(26 例)术后 6 周开始逐渐负重,随访 12 个月,2 组 ATRS 评分相近(均值 87.46 分 vs. 87.12 分, $P = 0.746$),早期康复组跟腱延长较少(均值 0.38 cm vs. 1.00 cm, $P = 0.012$),恢复跑步时间更短(均值 17.23 周 vs. 21.08 周, $P < 0.001$),因此认为早期负重可减少肌腱延长,更快地恢复跑步等运动。Deng 等^[33]的随机对照研究中,试验组(34 例)术后第 3 天开始主动背屈踝关节,同时患足在 12 层跟腱垫片(约 36 mm)的辅助下开始完全负重行走,术后第 7 天开始每天去掉一层跟腱垫片,大约 1 个月完全达到中立位;对照组(34 例)同样于术后第 3 天开始主动背屈踝关节,但患足需在术后第 14 天开始完全负重行走,术后 21 天开始抽取跟腱垫片。结果显示,术后 3 个月试验组 AOFAS 踝-后足评分(均值 92.4 分 vs. 88.3 分, $P < 0.01$)、ATRS 评分(均值 91.1 分 vs. 88.9 分, $P = 0.03$)、住院时间(均值 4.7 天 vs. 2.6 天, $P < 0.01$)和重返工作时间(均值 4.5 周 vs. 7.5 周, $P < 0.01$)均优于对照组,因此认为急性跟腱断裂术后早期进行负重康复可获得更好的早期功能恢复。Kim 等^[6]的回顾性研究中,试验组(32 例)术后短腿支具固定 2 周后开始部分负重,对照组(24 例)固定 4 周,试验组恢复工作时间(均值 5 周 vs. 9 周, $P = 0.032$)、术后 12 个月 AOFAS 踝-后足评分(均值 93 分 vs. 89 分, $P = 0.042$)以及 ATRS 评分(均值 81 分 vs. 79 分, $P = 0.028$)均优于对照组,推荐急性跟腱断裂行开放性修复后进行早期负重锻炼。

上述研究表明,急性跟腱断裂术后进行恰当安全的早期负重活动有利于功能恢复,但由于各研究手术方式以及缝合方式不一,且负重的开始时间不一,对于早期负重是否有术式、缝合技术要求以及何

时开始负重为最安全有效这两个问题尚需讨论。

2.2 单纯早期踝关节屈伸运动

踝关节屈伸运动等康复训练可减少跟腱组织与周围肌肉组织的粘连,降低踝关节活动受限范围,从而提高活动度。

Eliasson 等^[34]的随机对照研究采用 Kessler 缝合技术,早期康复组(25 例)术后非负重石膏固定 2 周,第 3 周开始进行踝关节屈伸活动,7 周后可部分负重,8 周后完全负重,对照组(25 例)术后非负重石膏固定 7 周,不进行踝关节活动练习,术后 52 周 ATRS 评分组间差异无统计学意义(均值 79 分 vs. 77 分, $P=0.24$),2 组在肌肉力量、肌肉耐力以及跟腱延长率上也相似。Lantto 等^[35]的随机对照研究对急性跟腱断裂术后早期屈伸活动组(19 例)和石膏固定组(18 例)进行长达 11 年的随访,2 组各有 1 例跟腱再断裂,2 组小腿肌力均未完全恢复,Leppilahti 评分组间无明显差异(均值 92.9 分 vs. 93.6 分, $P=0.068$)。上述 2 项研究表明,无论术后早期是否进行踝关节屈伸运动,远期康复结果均相似,但均未评价该运动在术后康复早期阶段的价值。

汤明等^[36]的随机对照研究中,加速组(20 例)术后第 3 天开始在膝关节屈曲 90°的情况下进行踝关节跖屈位到中立位锻炼,第 2 周开始不限制角度主动屈伸,常规组(18 例)术后第 3 天开始仅进行膝关节屈伸锻炼,第 4 周开始主动屈伸踝关节,术后 1 年 2 组 AOFAS 踝-后足评分无明显差异(均值 94.3 分 vs. 92.6 分, $P=0.147$),但加速组重返运动时间较常规组缩短(均值 21.0 周 vs. 23.4 周, $P=0.016$)。Mortensen 等^[37]的随机对照研究中,早期屈伸活动组(31 例)术后第 3 周开始在支具保护下进行 30°范围内的跖屈活动,常规康复组(30 例)石膏固定 8 周,2 组术后 12 周跟腱延长距离(均值 11.5 mm vs. 9 mm, $P=0.20$)无显著差异,但早期屈伸活动组术后功能恢复时间明显缩短(均值 24 周 vs. 36 周, $P<0.001$)。相比之下,后 2 项研究更加注重患者功能恢复的时间,表明踝关节屈伸运动对于术后早期阶段进行康复以尽早回归社会有重要意义,但对并发症发生率的观察不足。

2.3 早期负重结合踝关节屈伸运动

将早期负重与踝关节屈伸活动相结合,旨在加快急性跟腱断裂修复术后康复。Won Lee 等^[38]对

67 例急性跟腱断裂手术进行回顾性研究,均采用改良 Kessler 缝合技术,术后第 2 天开始穿戴特制助行器,使踝关节活动度在中立位至跖屈 20°之间,并允许完全负重行走,4 周后更换普通鞋,每个月随访踝关节柔韧性和腿部肌肉力量,主要并发症为再断裂 1 例,肌腱延长 1 例,认为急性跟腱断裂修复后立即进行完全负重和踝关节屈伸锻炼,功能效果满意,再断裂率低。

Schepull 等^[39]进行随机对照研究,术中在跟腱远近端进行金属标记,术后试验组(18 例)即刻开始在特制助行靴的辅助下负重,2 周后每天定时脱下靴子在踏板装置辅助下进行跟腱拉伸活动,对照组(17 例)严格石膏固定 7 周,术后 19 周利用金属标记在 CT 上测量跟腱弹性模量,术后 52 周利用 ATRS 评分对 2 组进行功能比较,结果显示术后 19 周试验组弹性模量比对照组高(均值 111 MPa vs. 82 MPa),提示早期负重屈伸活动能改善跟腱愈合生物力学性能,而术后 52 周 2 组 ATRS 评分差异无显著性(中位数 91.5 分 vs. 91 分),表明远期功能无明显差别。Aufwerber 等^[40]的随机对照研究采用改良 Kessler 缝合技术,试验组(89 例)术后即刻开始在特制的足踝矫形器中进行一定范围的踝关节屈伸运动以及部分负重,2 周后跖屈范围逐渐增加并完全负重,对照组(46 例)严格短腿石膏固定 2 周,2 周后拆卸石膏并进行踝关节屈伸运动以及完全负重,术后 6 个月采用 RAND 36 项健康调查问卷(RAND-36)评估,试验组“整体健康”(均值 83.2 分 vs. 74.8 分, $P=0.012$)和“活力”项目(均值 70.4 分 vs. 61.0 分, $P=0.022$)较对照组高,因此认为术后即刻进行踝关节运动和负重对于整体健康和恢复活力有帮助,但对于提踵功能无明显影响。Nam 等^[41]对急性跟腱断裂行微创修补手术,试验组(16 例)术后跖屈 110°位固定 1 周,之后开始逐步改为中立位并进行踝关节屈伸活动和负重锻炼,对照组(25 例)同样跖屈 110°位固定 1 周,以后改为跖屈 100°位继续固定 1 周,第 3 周非负重中立位固定,第 4 周开始拆掉石膏进行踝关节屈伸活动以及负重练习,结果表明,试验组恢复工作时间早于对照组(均值 26.3 天 vs. 39.9 天, $P=0.026$),术后 3 个月试验组提踵高度明显大于对照组(均值 8.80 cm vs. 5.16 cm, $P=0.001$),但在 6 个月以及 12 个月差异

无显著性。因此,术后早期进行踝关节活动和负重与传统的固定同样安全,同时可能对于早期康复有较大帮助。

上述研究手术方式各异,但大部分结果显示,急性跟腱断裂修复术后,在支具保护或特定助行靴辅助下进行早期负重和屈伸活动并不会增加术后再断裂率等并发症发生风险,有利于早期功能恢复,因此,早期负重和屈伸活动可能是一种理想的跟腱断裂术后康复方案。但各项研究术后开始负重与屈伸活动的时间并不一致,因此开始这 2 项康复运动的时机以及先后顺序、配合程度有无特殊要求仍需进一步探讨。

3 小结

对于急性跟腱断裂手术后的局部处理尚无定论,但许多研究表明,进行膝关节以下的短腿屈位或功能位固定,固定时间相较于传统的 6~8 周相应短缩,并辅以早期踝关节屈伸活动、负重锻炼,对于术后早期阶段功能恢复有帮助,在不增加术后并发症的基础上,缩短恢复运动和重返工作的时间。但具体的实施策略可能受到手术方式、缝合技术的影响,因此尚未统一,对于此问题需进一步探讨。

参考文献

1 Myhrvold SB, Brouwer EF, Andresen TKM, et al. Nonoperative or surgical treatment of acute Achilles' tendon rupture. *N Engl J Med*, 2022, 386(15):1409-1420.

2 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 33160 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(12):3730-3737.

3 Sheth U, Wasserstein D, Jenkinson R, et al. The epidemiology and trends in management of acute Achilles tendon ruptures in Ontario, Canada: a population-based study of 27 607 patients. *Bone Joint J*, 2017, 99-B(1):78-86.

4 Deng S, Sun Z, Zhang C, et al. Surgical treatment versus conservative management for acute Achilles tendon rupture: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Foot Ankle Surg*, 2017, 56(6):1236-1243.

5 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.

6 Kim U, Choi YS, Jang GC, et al. Early rehabilitation after open repair

for patients with a rupture of the Achilles tendon. *Injury*, 2017, 48(7):1710-1713.

7 赵 杨, 曹 源, 吕 扬. 急性跟腱体部断裂微创手术研究进展. *中国微创外科杂志*, 2022, 22(2):151-156.

8 王经纬, 甄 东, 邱 冰. 不同切口长度及缝合方式的跟腱手术切口愈合情况的比较. *中国微创外科杂志*, 2021, 21(5):415-419.

9 Frankewycz B, Krutsch W, Weber J, et al. Rehabilitation of Achilles tendon ruptures: is early functional rehabilitation daily routine? *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(3):333-340.

10 Lu J, Liang X, Ma Q. Early functional rehabilitation for acute Achilles tendon ruptures: an update meta-analysis of randomized controlled trials. *J Foot Ankle Surg*, 2019, 58(5):938-945.

11 Zhao JG, Meng XH, Liu L, et al. Early functional rehabilitation versus traditional immobilization for surgical Achilles tendon repair after acute rupture: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Sci Rep*, 2017, 7:39871.

12 张 昊, 梁东星, 刘 涛, 等. 加速康复计划对经皮微创修复术治疗跟腱断裂患者踝关节功能及并发症的影响. *中国中医骨伤科杂志*, 2022, 30(3):30-34.

13 Braunstein M, Baumbach SF, Boecker W, et al. Development of an accelerated functional rehabilitation protocol following minimal invasive Achilles tendon repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(3):846-853.

14 Qureshi AA, Ibrahim T, Rennie WJ, et al. Dynamic ultrasound assessment of the effects of knee and ankle position on Achilles tendon apposition following acute rupture. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(24):2265-2270.

15 Yang X, Meng H, Quan Q, et al. Management of acute Achilles tendon ruptures: a review. *Bone Joint Res*, 2018, 7(10):561-569.

16 李佳伟, 毕建平. 急性跟腱断裂术后两角度石膏固定临床疗效. *中国骨与关节杂志*, 2022, 11(3):205-208.

17 王玉仲, 郝江慧, 王继宏. 急性跟腱断裂修复术后不同固定方式对功能恢复的影响. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(1):101-105.

18 Orishimo KF, Burstein G, Mullaney MJ, et al. Effect of knee flexion angle on Achilles tendon force and ankle joint plantarflexion moment during passive dorsiflexion. *J Foot Ankle Surg*, 2008, 47(1):34-39.

19 Gulati V, Jaggard M, Al-Nammari SS, et al. Management of Achilles tendon injury: a current concepts systematic review. *World J Orthop*, 2015, 6(4):380-386.

20 Wray WH 3rd, Regan C, Patel S, et al. Positional effects of the knee and ankle on the ends of acute Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Spec*, 2009, 2(5):214-218.

21 Zellers JA, Christensen M, Kjaer IL, et al. Defining components of early functional rehabilitation for acute Achilles tendon rupture: a

systematic review. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7 (11): 2325967119884071.

22 Okoroha KR, Ussef N, Jildeh TR, et al. Comparison of tendon lengthening with traditional versus accelerated rehabilitation after Achilles tendon repair;a prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*,2020,48(7):1720 – 1726.

23 张 昊,梁东星,刘 涛,等.加速康复计划对经皮微创修复治疗跟腱断裂患者踝关节功能及并发症的影响. *中国中医骨伤科杂志*,2022,30(3):30 – 34.

24 曹 源,许翔宇,高 山,等.跟腱断裂开放修补术后最佳外固定时间的对照研究. *足踝外科电子杂志*,2021,8(1):16 – 21.

25 孙 强,董新利,许元泰,等.“骨康一体”理念下微创手术治疗跟腱断裂疗效观察. *中国骨与关节损伤杂志*,2020,35(8):865 – 867.

26 Arverud ED, Anundsson P, Hardell E, et al. Ageing, deep vein thrombosis and male gender predict poor outcome after acute Achilles tendon rupture. *Bone Joint J*,2016,98 – B(12):1635 – 1641.

27 赵嘉国,郭文煊,曾宪铁,等.急性跟腱断裂术后早期功能锻炼的研究进展. *中国修复重建外科杂志*,2019,33(3):382 – 386.

28 陈 华,白雪东,齐红哲,等.跟腱断裂临床循证诊疗指南. *中华骨与关节外科杂志*,2022,15(5):321 – 333.

29 Maffulli N, Moller HD, Evans CH. Tendon healing; can it be optimised? *Br J Sports Med*,2002,36(5):315 – 316.

30 Kearney RS, Costa ML. Current concepts in the rehabilitation of an acute rupture of the tendo Achillis. *J Bone Joint Surg Br*,2012,94(1):28 – 31.

31 Majewski M, Schaeren S, Kohlhaas U, et al. Postoperative rehabilitation after percutaneous Achilles tendon repair: early functional therapy versus cast immobilization. *Disabil Rehabil*, 2008,30(20 – 22):1726 – 1732.

32 Porter MD, Shadbolt B. Randomized controlled trial of accelerated rehabilitation versus standard protocol following surgical repair of ruptured Achilles tendon. *ANZ J Surg*,2015,85(5):373 – 377.

33 Deng Z, Li Z, Shen C, et al. Outcomes of early versus late functional weight-bearing after the acute Achilles tendon rupture repair with

minimally invasive surgery: a randomized controlled trial. *Arch Orthop Trauma Surg*,2023,143(4):2047 – 2053.

34 Eliasson P, Agergaard AS, Couppé C, et al. The ruptured Achilles tendon elongates for 6 months after surgical repair regardless of early or late weightbearing in combination with ankle mobilization: a randomized clinical trial. *Am J Sports Med*,2018,46(10):2492 – 2502.

35 Lantto I, Heikkinen J, Flinkkila T, et al. Early functional treatment versus cast immobilization in tension after Achilles rupture repair: results of a prospective randomized trial with 10 or more years of follow-up. *Am J Sports Med*,2015,43(9):2302 – 2309.

36 汤 明,魏世隼,齐凤宇,等.微创缝合联合术后早期加速康复治疗急性跟腱断裂的临床研究. *创伤外科杂志*,2021,23(4):296 – 300.

37 Mortensen HM, Skov O, Jensen PE. Early motion of the ankle after operative treatment of a rupture of the Achilles tendon. A prospective, randomized clinical and radiographic study. *J Bone Joint Surg Am*,1999,81(7):983 – 990.

38 Won Lee K, Bae JY, Ho BC, et al. Immediate weightbearing and ankle motion exercise after acute Achilles tendon rupture repair. *J Foot Ankle Surg*,2022,61(3):604 – 608.

39 Schepull T, Aspenberg P. Early controlled tension improves the material properties of healing human Achilles tendons after ruptures: a randomized trial. *Am J Sports Med*,2013,41(11):2550 – 2557.

40 Aufwerber S, Heijne A, Edman G, et al. Does early functional mobilization affect long-term outcomes after an Achilles tendon rupture? A randomized clinical trial. *Orthop J Sports Med*,2020,8(3):2325967120906522.

41 Nam IH, Park YU, Cho JH, et al. Comparison between early functional rehabilitation and cast immobilization after minimally invasive repair for an acute Achilles tendon rupture. *J Foot Ankle Surg*,2019,58(4):628 – 631.

(收稿日期:2023 – 11 – 30)
(修回日期:2023 – 12 – 21)
(责任编辑:王惠群)