

急性闭合性跟腱断裂跟腱病理改变与超微结构研究

黄鑫, 苏柯, 柳嘉伟, 姜钰, 朱颖波, 王晓宁, 吴克俭
(解放军总医院第四医学中心骨科学部, 北京 100048)

【摘要】 目的:探讨急性闭合性断裂跟腱组织形态学与超微结构变化。方法:回顾分析 2015 年 1 月至 2019 年 1 月采用跟腱微创缝合技术治疗的急性跟腱断裂患者 35 例,其中急性开放性跟腱断裂 12 例,男 10 例,女 2 例,年龄 19~50(35.1±9.7)岁,受伤至手术时间 2~8(5.6±1.8)h。急性闭合性跟腱断裂 23 例,男 21 例,女 2 例,年龄 18~50(35.5±6.6)岁,受伤至手术时间 3~15(7.5±3.1)h。于术前 4~6 h 通过肉眼观察及足踝部 MRI 比较两组患者跟腱组织断端的大体外观和影像学表现;于术后 1~2 d 对术中跟腱组织标本进行 HE 染色、扫描及透射电镜、免疫组化(天狼星红染色),分别比较两组跟腱组织的胶原纤维变性及局部脂肪浸润情况,胶原纤维走行及细胞形态、功能情况, I 型胶原纤维(collagen I)和 III 型胶原纤维(collagen III)在组织中的分布情况。**结果:**与急性开放性跟腱断裂组相比,急性闭合性跟腱断裂组跟腱组织弹性差、质地偏硬,中度水肿,跟腱断端形态不规则,呈马尾状且断端周围有较多钙化灶。HE 染色结果:急性闭合性跟腱断裂组跟腱组织中胶原纤维排列不规则,有玻璃样变及脂肪浸润。电镜检查结果:急性闭合性跟腱断裂组胶原排列紊乱,成纤维细胞萎缩。免疫组化(天狼星染色)结果:急性开放性跟腱断裂组和急性闭合性跟腱断裂组 I 型胶原占比分别为(91.12±4.34)%及(54.71±17.78)%, III 型胶原占比分别为(8.88±4.34)%及(45.29±17.78)%,急性闭合性跟腱断裂组 I 型胶原含量低于急性开放性跟腱断裂组, III 型胶原含量高于急性闭合性跟腱断裂组($P<0.05$)。**结论:**急性闭合性断裂跟腱形态组织学及超微结构发生明显改变,原本精细有序的空间结构无法维持,部分 I 型胶原被 III 型胶原替代,肌腱组织的韧性和强度下降,这是跟腱退行性变的重要特征,是闭合性跟腱断裂重要病理基础。

【关键词】 急性跟腱断裂; 形态学; 组织学; 超微结构

中图分类号:

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2022.01.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative analysis of pathological structure between acute closed and open Achilles tendon rupture HUANG Xin, SU Ke, LIU Jia-wei, JIANG Yu, ZHU Ying-bo, WANG Xiao-ning, and WU Ke-jian. Department of Orthopaedics, the Fourth Medical Center, Chinese PLA General Hospital—Fourth Medical Center, Beijing 100148, China

ABSTRACT Objective: To investigate the morphological, histological and ultrastructural changes of acute closed rupture of Achilles tendon, in order to clarify the pathological basis of the injury and to explore the significance. **Methods:** From January 2015 to January 2019, 35 patients with acute Achilles tendon rupture who underwent the minimally invasive Achilles tendon suture technique were retrospectively analyzed. Among these patients, 12 cases in acute open Achilles tendon rupture group included 10 males and 2 females, with an average age of (35.1±9.7) years old ranging from 19 to 50, and the time from injury to operation was 2 to 8 hours with an average of (5.6±1.8); 23 cases in acute closed Achilles tendon rupture group included 21 males and 2 females, with an average age of (35.5±6.6) years old ranging from 18 to 50, and the time from injury to operation was 3 to 15 hours with an average of (7.5±3.1). The gross appearance and imaging findings of the broken end of Achilles tendon tissue in the two groups were compared by naked eye observation and foot and ankle MRI at 4 to 6 hours before operation. HE staining, scanning and fluoroscopic electron microscopy, immunohistochemistry (Sirius red staining) were performed on the intraoperative Achilles tendon tissue specimens at 1 to 2 days after operation, the collagen fiber degeneration and local fat infiltration, collagen fiber shape, cell morphology and function, and the distribution of type I and type III collagen fibers in Achilles tendon were compared between the two groups. **Results:** Compared with the acute open Achilles tendon rupture group, the acute closed Achilles tendon rupture group had poor elasticity, hard texture, moderate edema, irregular shape of Achilles tendon

基金项目:304 医院科研专项项目-跟腱断裂超微结构变化的研究(编号:2018FC-304M-CXY-02);军事训练伤防治研究专项课题:(编号:20XLS33)

Fund program:304 Hospital Scientific Research Special Project (No. 2018FC-304M-CXY-02)

通讯作者:王晓宁 E-mail:wxn304@126.com

Corresponding author:WANG Xiao-ning E-mail:wxn304@126.com

broken end, horsetail shape, and more calcification around the broken end. HE staining results: the collagen fibers in the Achilles tendon of the acute open Achilles tendon rupture group were arranged irregularly, with hyaline degeneration and fat infiltration; The results of electron microscopy showed that collagen arranged disorderly and fibroblasts atrophied in the acute closed Achilles tendon rupture group. Immunohistochemical (Sirius staining) results: the proportion of collagen I in the acute open Achilles tendon rupture group and the acute closed Achilles tendon rupture group was (91.12±4.34)% and (54.71±17.78)% respectively, and the proportion of collagen III was (8.88±4.34)% and (45.29±17.78)% respectively. The content of collagen I in the acute closed Achilles tendon rupture group was lower than that in the acute open Achilles tendon rupture group, and the content of collagen III in the acute closed Achilles tendon rupture group was higher than that in the acute open Achilles tendon rupture group ($P<0.05$). **Conclusion:** The morphology, histology and ultrastructure of the acute closed ruptured Achilles tendon are significantly altered compared with the normal Achilles tendon. The original fine and orderly spatial structure cannot be maintained, part of collagen I is replaced by collagen III, and the toughness and strength of the tendon tissue decreased, which may be the feature of degeneration of the Achilles tendon and an important pathological basis for closed Achilles tendon rupture.

KEYWORDS Acute Achilles tendon rupture; Morphology; Histology; Ultrastructure

跟腱是人体最粗大最坚韧的肌腱，也是断裂发生率最高的肌腱之一，以往的研究主要关注跟腱断裂的治疗和康复，对其病理基础的相关研究相对较少^[1]。而在前期手术过程中笔者发现，运动损伤造成的急性闭合性跟腱断裂其肌腱组织与锐器切割致伤的断裂跟腱的外观存在较大的差别。由此笔者猜想，是否运动引起的急性闭合性跟腱断裂在发生之前就已经存在肌腱组织的退行性变，是否正是由于这些基础病变使得跟腱的强度和韧性下降，容易发生断裂。为探究闭合跟腱断裂的病理基础，回顾分析了 2015 年 1 月至 2019 年 1 月开放性跟腱断裂和急性闭合性跟腱断裂患者资料，现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准：依据中国医师协会骨科医师分会《急性跟腱断裂循证临床诊疗指南》^[2]，通过 Thompson 试验 (Simmonds 挤压试验)，判断跖屈力量，触诊皮下空隙，轻度用力可使踝关节背屈被动活动增加，结合 MRI 等辅助检查确诊急性跟腱断裂，急诊手术修复的患者。排除标准：非急诊手术治疗 (受伤至手术或标本取得时间过长) 患者；自发性跟腱断裂；既往跟腱病史或接受过跟腱局部治疗；长期使用糖皮质激素治疗或合并其他结缔组织病、糖尿病、高血压、痛风等慢性病；拒绝或无法签署相关知情同意书者。

1.2 一般资料

本组急性跟腱断裂患者 35 例，根据断裂部位的皮肤是否完整分为两组，其中 12 例患者为锐器切割致开放性跟腱断裂，男 10 例，女 2 例，年龄 19~50 (35.1±9.7) 岁；受伤至手术时间 2~8 (5.6±1.8) h。23 例患者为运动中诱发急性闭合性跟腱断裂，男 21 例，女 2 例，年龄 18~50 (35.5±6.6) 岁；受伤至手术时间 3~15 (7.5±3.1) h。两组患者年龄、性别、受伤至手术时间比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)，具有可比性 (表 1)。本研究获得医院医学伦理委员会批准 (编号：2020KY029-KS001)。

1.3 标本制备

所有患者采用笔者团队自主创新的跟腱微创修补技术行手术治疗^[3]。患者取俯卧位，使用气压止血带 (300 mmHg)。通过核磁测量断端与跟骨结节之间的距离，然后根据测量距离在体外定位远端断端的位置，在远端断端上方 1 cm 处做 1.0~1.5 cm 的横行切口，切开皮肤与腱周膜。通过切口可见跟腱体断裂，用多枚止血钳从切口处牵出近端类似马尾断端，稍用力拉紧维持肌腱张力。通过术前 MRI 确定远近断端与小隐静脉的解剖位置。根据腓肠神经与小隐静脉始终伴行的解剖特点，间接标定出腓肠神经走行位置，从而确定安全穿刺点。采用自制导线穿刺器在腓肠神经与跟腱之间垂直穿刺进针，隔开腓肠神

表 1 两组跟腱断裂患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative general data of patients with Achilles tendon rupture between two groups

组别	例数	年龄 ($x\pm s$, 岁)	性别 (例)		运动情况 (例)		受伤至手术时间 ($x\pm s$, h)
			男	女	运动爱好者	非运动爱好者	
急性开放性跟腱断裂组	12	35.1±9.7	10	2	1	11	5.6±1.8
急性闭合性跟腱断裂组	23	35.5±6.6	21	2	23	0	7.5±3.1
检验值		$t=0.153$	$\chi^2=0.481$		$\chi^2=29.868$		$t=1.885$
P 值		0.879	0.594		<0.001 *		0.069

经以免损伤,进入腱周膜后将针的方向调整为横行贯穿跟腱,在穿刺器引导下采用 Bunnel 缝合法经皮穿入 1 根 5 号 Ethicon MB66 不可吸收缝线,缝线两端从切口处穿出,牵拉缝线可见近端腱腹向远端滑动并呈张力性隆起。同样的方式处理远端断端,切口处拉紧近端缝线,直视下消除两断裂端间隙达紧密接触,在足跖屈位打结。用 4-0 Ethicon 抗菌素可吸收线缝合腱周膜及皮下组织,不缝合皮肤,松止血带 3 min 后包扎。安装高分子短腿管形石膏,维持踝关节跖屈 20°~30°,术毕。

术中取距离跟腱断端 0.3 cm 处跟腱组织,以相应的组织固定液固定,按标准流程制备常规病理切片及电镜观察样本。

1.4 观察项目与方法

1.4.1 大体外观及术前 MRI 主要观察肌腱组织颜色、质地、柔韧性,有无钙化、脂肪浸润、瘢痕形成及腱周组织变化等。

1.4.2 切除断裂跟腱组织的精细结构 (1)HE 染色($\times 40$):组织切片按常规步骤行 HE 染色,在全自动光学显微镜(型号 LEICADM3000)下观察组织胶原纤维排列,细胞形态,有无退行性变等。(2)超微结构($\times 1\ 000$ 或 $\times 5\ 000$):扫描和透射电镜观察胶原纤维形状、排列、分布、密度、成纤维细胞状态等。

1.4.3 切除断裂跟腱组织免疫组化染色情况 切片行天狼猩红染色,具体操作步骤:(1)溶液配制。天狼猩红-饱和苦味酸液:0.5%天狼猩红 10 ml,苦味酸饱和水溶液 90 ml。天青石蓝 1.25 g,铁明矾 1.25 g,蒸馏水 250 ml,溶解煮沸,冷却后过滤,加入甘油 30 ml,然后再加入浓硫酸 0.5 ml。(2)染色过程。石蜡切片脱蜡至水,置入天青石蓝液 5~10 min,用蒸馏水

冲洗 3 次,置入天狼猩红-饱和苦味酸液 15~30 min。而后用无水乙醇分化、脱水,二甲苯透明,光学树胶封固。在偏光镜下观察,比较两组 I 型胶原和 III 型胶原占比有无差异。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。符合正态分布的定量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,两组间比较采取成组设计定量资料的 *t* 检验。定性资料采取卡方检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 跟腱断端大体观

术前可见开放性跟腱断裂组局部皮肤破裂,局部渗血,跟腱外露(图 1a);急性闭合性跟腱断裂组局部皮肤肿胀,无破溃、出血,跟腱无外露(图 1b)。术中见开放组跟腱断端韧性好、无水肿,色泽发亮(图 1c);闭合组跟腱断端中度水肿,质地坚硬、弹性差,腱周膜增厚(图 1d)。

2.2 术前 MRI 表现

术前 MRI 结果显示:开放组跟腱走行规则,断端光滑、平整,腱性组织内无白色钙化灶(图 2a);闭合组跟腱走行紊乱,断端呈马尾状,腱性组织内条状白色钙化灶分布较广泛(图 2b)。

2.3 HE 染色结果

术中 HE 染色($\times 40$)结果显示:开放组跟腱组织结构清晰,胶原纤维完好并均匀、平行排布,其中分散穿插呈梭形的成纤维细胞,与胶原纤维走向平行,未见明显退行性变(图 3a)。闭合组跟腱组织结构混乱,胶原纤维不规则断裂、挛缩,排布紊乱,结构松散,可见肌腱组织玻璃样变,有时可见脂肪浸润(图 3b)。



图 1 跟腱断裂患肢术前及术中外观 1a. 开放性跟腱断裂术前外观 1b. 急性闭合性跟腱断裂术前外观 1c. 开放性跟腱断裂术中外观 1d. 急性闭合性跟腱断裂术中外观

Fig.1 Preoperative and intraoperative appearance of the limb with ruptured Achilles tendon 1a. The preoperative appearance of the ruptured tendon in open injury 1b. The preoperative appearance of the ruptured tendon in closed injury 1c. The postoperative appearance of the ruptured tendon in open injury 1d. The postoperative preoperative appearance of the ruptured tendon in closed injury

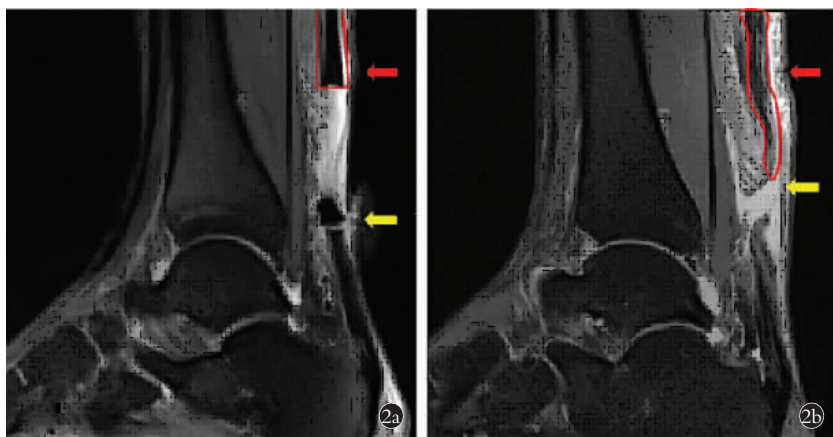


图 2 术前 MRI 检查结果 **2a.** 开放性跟腱断裂,红色箭头处可见跟腱走行规则,断端光滑、平整,腱形组织内无白色钙化灶(红色线条勾勒处),黄色箭头处标识为跟腱断裂位置 **2b.** 闭合性跟腱断裂,红色箭头处可见跟腱走行紊乱,断端不规则,腱性组织内有较多白色钙化灶(红色线条勾勒处),黄色箭头处标识为跟腱断裂位置

Fig.2 Preoperative MRI results **2a.** For open rupture of Achilles tendon, the red arrow showed the regular shape of Achilles tendon, the broken end was smooth and flat, there was no white calcification in the tendon tissue (outlined by the red line), and the yellow arrow indicated the rupture position **2b.** For closed rupture of Achilles tendon, disorder of Achilles tendon shape can be seen at the red arrow, the broken end was irregular, there were many white calcifications in the tendon tissue (outlined by the red line), and the position of Achilles tendon rupture can be marked at the yellow arrow

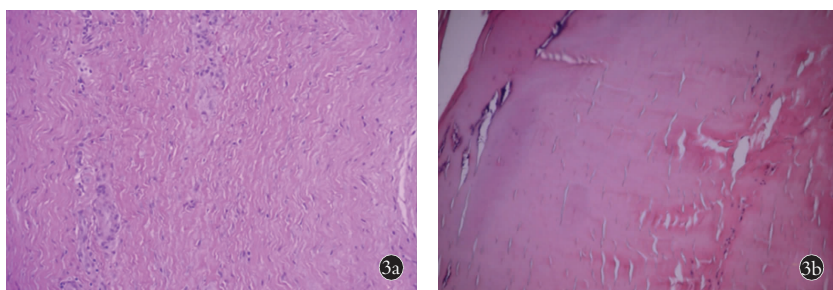


图 3 两组断裂跟腱 HE 染色($\times 40$) **3a.** 开放性跟腱断裂 **3b.** 急性闭合性跟腱断裂 **Fig.3** HE staining of ruptured Achilles tendon (intraoperative specimen, $\times 40$) **3a.** The histological image of the ruptured tendon in open injury **3b.** The histological image of the ruptured tendon in acute closed injury

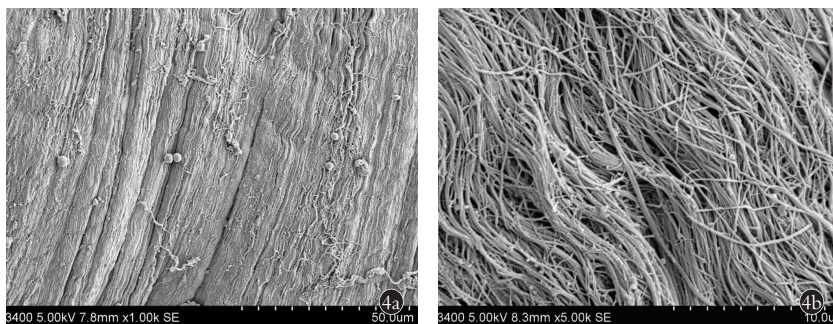


图 4 开放性断裂跟腱的扫描电镜结果(术中标本) **4a.** 电镜 $\times 1\ 000$ **4b.** 电镜 $\times 5\ 000$ **Fig.4** The SEM result of the open ruptured Achilles tendon (intraoperative specimen) **4a.** Electric microscopy $\times 1\ 000$ **4b.** Electric microscopy $\times 5\ 000$

2.4 扫描电镜

开放组可见完整的腱周膜及腱束膜(图 4a),高倍镜下可见胶原纤维排列紧密、整齐有序,粗细均匀,纤维之间间隙清晰一致,细胞外基质均匀地填充于胶原纤维束间(图 4b)。闭合组膜状结构的完整性破坏(图 5a),高倍镜下可见胶原纤维排列杂乱无序、粗细不等,纤维之间间隙不均,并相互缠绕、黏连,纤维束局部有结节状突起(图 5b)。

2.5 透射电镜

开放组胶原纤维排列紧密、粗细均匀,成纤维细胞状态良好,分泌功能旺盛(图 6a)。闭合组胶原纤维排列紊乱,粗细不均,成纤维细胞过度增殖且分泌功能下降(图 6b)。

2.6 天狼猩红染色

天狼星红染色能够将 I 型胶原标记为红色荧光,将 III 型胶原标记为绿色荧光(图 7)。闭合组 I 型胶原、III 型胶原表达明显低于开放组,III 型胶原较开放组明显升高($P < 0.05$),见表 2。

3 讨论

3.1 闭合性跟腱断裂具有特殊的病理学特征

跟腱断裂一部分是跟腱原位外伤导致的开放性跟腱断裂,在 MRI 上跟腱走行显示清晰,边缘规整,在 T1、T2 加权像中均未见组织退变及钙化信号。在组织学影像上,开放性损伤断裂的跟腱可见完整的腱周膜及腱束膜,胶原纤维排列整齐紧凑,粗细均匀,密集的胶原纤维沿着受力方向均匀排列,在行走过程中部分胶原纤维螺旋交联成束,构成基质的骨架结构,这种结构规则精细,稳定性好,使得跟腱具有很高的强度和强大的抗牵张能力,与跟腱的力学功能需要相适应。因此,开放性跟腱断裂主要是外界直接损伤导致的跟腱结构发生的直接损伤。

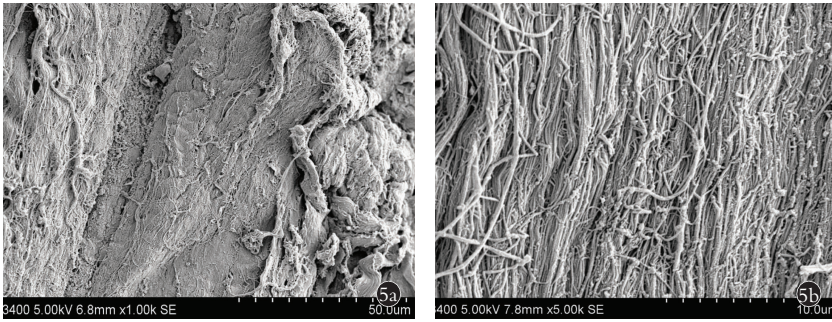


图 5 急性闭合性断裂跟腱的扫描电镜结果(术中标本) 5a. 电镜×1000 5b. 电镜×5000
Fig.5 The SEM result of the closed ruptured Achilles tendon (intraoperative specimen) 5a. Electric microscopy×1000 5b. Electric microscopy×5000

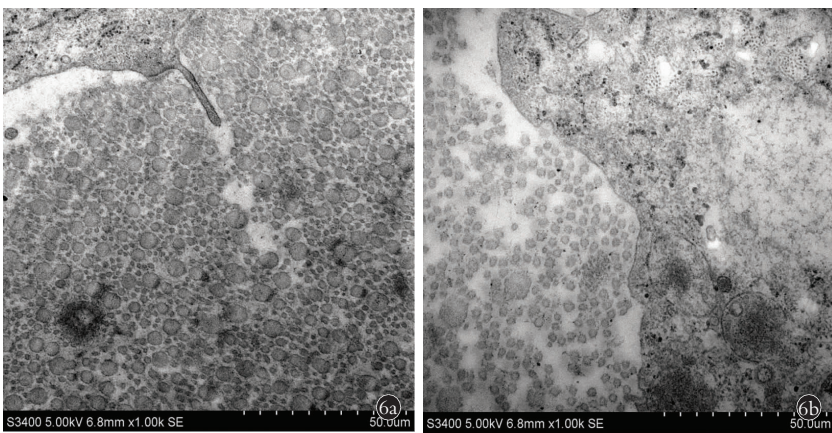


图 6 跟腱组织的透射电镜结果(术中标本,×1000) 6a. 开放性跟腱断裂组织 6b. 闭合性跟腱断裂组织标本,“△”处标记成纤维细胞
Fig.6 TEM observation of the ultrastructure of the ruptured tendon(intraoperative specimen,×1000) 6a. The image of the ruptured tendon in open injury 6b. The image of the ruptured tendon in closed injury. "△" indicates fibroblasts

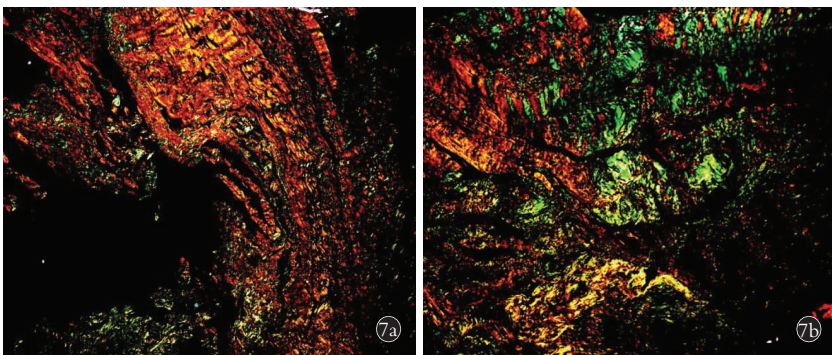


图 7 两组断裂跟腱天狼星红染色结果(术中标本,×40, collagen I 染色为红色, collagen III 染色为绿色) 7a. 开放性跟腱断裂组织 7b. 闭合性跟腱断裂组织标本
Fig.7 Result of Sirius Red staining of ruptured tendon (intraoperative specimen,×40, collagen I and collagen III was stained in red and green respectively) 7a. The image of the ruptured tendon in open injury 7b. The image of the ruptured tendon in acute closed injury

急性闭合性损伤的跟腱组织病理学具有特殊性。与开放性跟腱断裂组织结构及病理改变截然不同,急性闭合性损伤的跟腱断端不规则呈马尾状、弹

性差,钙化灶较多,局部跟腱胶原纤维排列紊乱伴不同程度的脂肪浸润,成纤维细胞功能萎缩,组织内Ⅲ型胶原占比显著增多,这提示闭合性跟腱断裂的患者在跟腱发生断裂之前局部就已经出现了病理改变。在 MRI 上闭合性损伤的跟腱断端成马尾状,局部有较多钙化灶及退变的高信号,提示跟腱组织在长期的损伤-修复过程中出现腱内基质的异位钙化^[4]。跟腱的这些病理改变导致其韧性和弹性下降,硬度和脆性增加,难以维持正常力学特性。因此,跟腱微损伤累积到达临界点后出现跟腱损伤或跟腱断裂等情况。

3.2 闭合性跟腱断裂的超微结构改变

跟腱组织主要由胶原纤维和蛋白多糖构成,其中胶原纤维是跟腱的主要成分,占跟腱干重的70%~80%。在明确闭合性跟腱断裂的病理基础上,进一步对其超微结构进行深入研究。扫描电镜提示:闭合性断裂跟腱在发生断裂之前即已发生微损伤,且部分微损伤尚未得到修复。透射电镜显示成纤维细胞萎缩,分泌功能下降。这些发现均说明,闭合性跟腱断裂患者在损伤前即存在跟腱超微结构的破坏,表现为局部炎症细胞的募集及胶原纤维断裂,目前研究表明这些损伤主要由过度运动或应力载荷引起。申晋波等^[5]发现急性力竭运动导致大鼠跟腱微损伤的超微结构变化与本研究发现的闭合性跟腱断裂的病理变化相似,进一步证明过度应力对跟腱断裂的累积性微损伤,是闭合性跟腱断裂的一个重要病因。

3.3 闭合性损伤跟腱的病理改变是力学性能下降的一个重要因素

前期研究发现:应力损伤造成的跟腱断裂存在累积性微损伤的病理基础,由于损伤造成的水肿渗出未能充分吸收,组织机化变性,瘢痕愈合,局部形成结节,胶原纤维

表 2 两组跟腱断裂患者跟腱组织 I、III 型胶原比例
Tab.2 Ratio of type I and III collagen in Achilles tendon tissue of patients with Achilles tendon rupture in two groups

组别	例数	I 型胶原(%)	III 型胶原(%)
急性开放性跟腱断裂组	12	91.12±4.34	8.88±4.34
急性闭合性跟腱断裂组	23	54.71±17.78	45.29±17.78
t 值		6.939	-6.939
P 值		<0.001	<0.001

交联程度低,新生胶原纤维与退变纤维粗细不均,排列混乱,使得肌腱组织脆性增加、强度下降,力学特性难以满足运动甚至日常生活需要,在较低负荷时即发生断裂(与骨质疏松骨折类似)。Xu 等^[6]研究发现:微损伤愈合后的肌腱组织仅能达到正常肌腱的 70% 的力学性能,因此,更容易在过度应力下导致跟腱断裂。

跟腱组织的力学性能与胶原蛋白成分及含量密切相关。正常跟腱富含 I、III 型胶原蛋白, I 型胶原蛋白约占细胞干质量的 60%, 占总胶原量的 95%^[7]。I 型胶原较为粗大,能够抵抗较高的张应力,其变化能较好地反映跟腱的机能状态。而 III 型胶原蛋白相对较细,弹性较强,机械强度低,在肌腱修复早期 III 型胶原蛋白可快速合成,被认为是不成熟的胶原或重建型胶原。但随着修复的进行会逐步被 I 型胶原蛋白替代,因此有研究认为 III 型胶原蛋白主要与肌腱修复有关^[8]。在本研究中,通过天狼星红染色对断裂跟腱的胶原纤维进行分析,可见开放组纤维几乎均为 I 型胶原,占总胶原纤维的 90% 以上,仅含少量的 III 型胶原;与之不同的是,闭合组 I 型胶原的比例显著下降(55% 左右), III 型胶原比例显著上升(45% 左右)。由于 III 型胶原蛋白容易与纤维连接蛋白发生交联^[4],致使在 HE 染色及电镜扫描中观察到组织结构玻璃样变、瘢痕增生,胶原纤维走行紊乱、互相缠绕甚至局部有结节增生。从本研究结果来看,闭合性跟腱损伤患者 I 型胶原含量比值显著降低, III 型胶原显著增高,提示闭合断裂跟腱在断裂发生之前已经发生损伤且处于损伤-修复期,力学性能下降。这一观点也提示要提升对早期跟腱损伤的重视程度,及早发现并进行干预,同时给予充分的时间进行修复;而一旦发生断裂,通过分析各型胶原纤维的比例来判断其前期损伤程度,并将其作为个性化制定跟腱康复方案的重要依据。

3.4 总结与展望

本研究从跟腱断裂形态组织学及超微结构以及胶原纤维的定性分析表明由运动损伤引起的急性闭合性断裂跟腱在断裂之前即已发生损伤和自我修

复,但其修复并不完全,不能恢复正常跟腱原有精细有序的结构,揭示了肌腱机化退变导致其机械强度和力学性能下降的病理基础,为探讨急性跟腱断裂发生及修复的机制打下了一定的基础,并可能根据胶原纤维分型的变化判断断裂跟腱的损伤情况,为制定个性化的康复计划提供依据,从而改善预后。本研究为回顾性研究,且样本数量较少,还需进行前瞻性的随机对照研究来验证结果,此外研究内容也主要以观察病理改变的现象为主,其发生发展的病理生理机制仍需进一步探究。

参考文献

- [1] 王永贵,刘江涛,徐俊昌,等. 急性跟腱断裂的微创外科治疗研究进展[J]. 中国骨伤, 2016, 29(11): 1068-1070.
WANG YG, LIU JT, XU JC, et al. Progress on the minimally invasive surgical treatment for the acute Achilles tendon rupture [J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(11): 1068-1070. Chinese with abstract in English.
- [2] 中国医师协会骨科医师分会循证临床诊疗指南:急性跟腱断裂循证临床诊疗指南[J]. 中华外科杂志, 2015, 53(8): 561-563.
Evidence-based clinical treatment guidelines of the Chinese Physicians Association Orthopaedic Surgeons Branch: Evidence-based clinical treatment guidelines for acute Achilles tendon rupture [J]. Zhonghua Wai Ke Za Zhi, 2015, 53(8): 561-563. Chinese.
- [3] 王晓宁,朱颖波,黄鑫,等. 新型微创缝合技术治疗急性闭合性跟腱断裂[J]. 中华创伤骨科杂志, 2016, 18(3): 187-191.
WANG XN, ZHU YB, HUANG X, et al. A new minimal incision suture technique for acute close rupture of Achilles tendon [J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2016, 18(3): 187-191. Chinese.
- [4] Snedeker JG, Foolen J. Tendon injury and repair—A perspective on the basic mechanisms of tendon disease and future clinical therapy [J]. Acta Biomater, 2017, 63: 18-36.
- [5] 申晋波, 张林. 急性力竭运动导致大鼠跟腱微损伤的超微结构变化及机制[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(8): 1190-1195.
SHEN JB, ZHANG L. Micro-injury of the Achilles tendon caused by acute exhaustive exercise in rats: ultrastructural changes and mechanism [J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2021, 25(8): 1190-1195. Chinese.
- [6] Xu HT, Lee CW, Li MY, et al. The shift in macrophages polarisation after tendon injury: A systematic review [J]. J Orthop Translat, 2020, 21: 24-34.
- [7] 陈晓蓝, 梁孝天, 张宁, 等. 腱止点过度使用性损伤形成过程中细胞外基质的调节机制[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(20): 3174-3179.
CHEN XL, LIANG XT, ZHANG N, et al. Regulatory mechanism of the extracellular matrix during the development of bone-tendon junction overuse injury [J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2020, 24(20): 3174-3179. Chinese.
- [8] Holm C, Kjaer M, Eliasson P. Achilles tendon rupture—treatment and complications: a systematic review [J]. Scand J Med Sci Sports, 2015, 25(1): e1-e10.

(收稿日期: 2021-07-30 本文编辑: 李宜)