

3 种急性跟腱止点断裂修复方式的对比研究

冯杰¹, 宋鹏², 刘德臣², 曹玉净²

(1. 河南中医药大学骨伤学院, 河南 郑州 450002;

2. 河南省中医院, 河南 郑州 450002)

摘要 目的:比较 3 种急性跟腱止点断裂修复方式的治疗效果。**方法:**选取 56 只 5 周龄 SPF 级雄性 SD 大鼠, 随机分为 4 组, 每组 14 只。适应性喂养 1 周后, 将其中 3 组大鼠双侧后肢跟腱止点处锐性离断, 然后分别采用面缝合(面缝合组)、点缝合(点缝合组)及穿隧道缝合(穿隧道缝合组)的方式修复断裂的跟腱; 另外 1 组(空白组)经相同入路暴露跟腱但不离断, 然后缝合切口。术后 1 周和 4 周, 分别从各组随机选取 7 只大鼠, 测定踝关节疼痛评分、血清白细胞介素(interleukin, IL)-1 β 水平、跟腱最大破坏载荷, 并于术后 4 周时进行跟腱组织病理学观察。**结果:**①踝关节疼痛评分。术后 1 周时, 面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的踝关节跖屈、背伸疼痛评分均高于空白组(跖屈: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; 背伸: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$); 面缝合组和点缝合组的踝关节跖屈疼痛评分均高于穿隧道缝合组($P=0.000$, $P=0.019$); 面缝合组的踝关节背伸疼痛评分高于穿隧道缝合组($P=0.001$); 其余各组踝关节跖屈、背伸疼痛评分两两比较, 组间差异均无统计学意义。术后 4 周时, 面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的踝关节跖屈、背伸疼痛评分均高于空白组(跖屈: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; 背伸: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$)。面缝合组的踝关节跖屈疼痛评分高于穿隧道缝合组($P=0.044$); 面缝合组和点缝合组的踝关节背伸疼痛评分均高于穿隧道缝合组($P=0.024$, $P=0.000$); 其余各组踝关节跖屈、背伸疼痛评分两两比较, 组间差异均无统计学意义。②血清 IL-1 β 水平。术后 1 周、4 周时, 面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的血清 IL-1 β 水平均高于空白组(术后 1 周: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; 术后 4 周: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$)。术后 1 周时, 穿隧道缝合组的血清 IL-1 β 水平高于面缝合组和点缝合组($P=0.003$, $P=0.001$); 面缝合组和点缝合组血清 IL-1 β 水平的差异无统计学意义($P=0.542$)。术后 4 周时, 面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组血清 IL-1 β 水平的组间差异均无统计学意义($P=0.864$, $P=0.622$, $P=0.748$)。③跟腱最大破坏载荷。术后 1 周、4 周时, 面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷均低于空白组(术后 1 周: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; 术后 4 周: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$)。术后 1 周时, 穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷高于面缝合组($P=0.023$); 点缝合组与面缝合组、穿隧道缝合组跟腱最大破坏载荷的差异均无统计学意义($P=0.779$, $P=0.053$)。术后 4 周时, 穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷高于面缝合组($P=0.011$); 点缝合组与面缝合组、穿隧道缝合组跟腱最大破坏载荷比较, 组间差异均无统计学意义($P=0.154$, $P=0.217$)。④跟腱组织病理学观察结果。HE 染色结果显示, 术后 4 周时空白组大鼠跟腱组织结构正常, 肌纤维排列紧密, 未见明显变性, 周围可见纤维结缔组织, 未见炎症细胞浸润; 面缝合组大鼠跟腱组织结构中度异常, 结缔组织致密, 可见少量炎症细胞浸润及少量新生血管; 点缝合组大鼠跟腱组织结构中度异常, 肌纤维数量增多, 部分区域间隙增大, 可见纤维组织及少量炎症细胞浸润, 并可见少量新生血管; 穿隧道缝合组大鼠跟腱组织结构轻度异常, 结缔组织致密, 可见大量炎症细胞浸润, 新生血管数量较少。**结论:**与面缝合和点缝合相比, 采用穿隧道缝合修复急性跟腱止点断裂, 可获得更好的生物力学稳定性, 但创伤较大。

关键词 腱损伤; 跟腱; 重建; 动物实验

A comparative study of three repairing methods for acute Achilles tendon ruptures

FENG Jie¹, SONG Peng², LIU Dechen², CAO Yujing²

1. College of Orthopaedics and Traumatology of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450002, Henan, China

2. Henan Province Hospital of TCM, Zhengzhou 450002, Henan, China

ABSTRACT Objective: To compare the outcomes of three methods for repairing acute Achilles tendon ruptures (ATRs). **Methods:** Fifty-six 5-week-old specific pathogen-free (SPF)-grade male Sprague-Dawley (SD) rats were selected and randomized into 4 groups, 14 cases in each group. After adaptive feeding for one week, the rats in any three groups were subjected to surgeries for building models by sharply transecting the Achilles tendons of bilateral hindlimbs from the insertion site, after successful modeling, the ruptured Achilles tendons were

基金项目: 河南省中医药科学研究专项课题(2023ZY1008); 河南省重点研发与推广专项课题(222102310568)

通讯作者: 曹玉净 E-mail: yujingcao123@163.com

repaired by using surface suture (surface suture group), point suture (point suture group), and transosseous suture (transosseous suture group), respectively; while, the ones in the remained group (blank group) underwent surgeries for merely exposing (through the same approach) but not transecting the Achilles tendons, followed by sewing up the incision. At postoperative week 1 and 4, 7 rats were randomly selected from each group for measuring the ankle pain score, serum interleukin (IL)-1 β level, and ultimate load to failure in Achilles tendon, moreover, the histopathological changes in Achilles tendon was observed at postoperative week 4. **Results:** ①At postoperative week 1, the ankle plantar flexion and dorsal extension pain scores were higher in surface suture group, point suture group and transosseous suture group compared to blank group (plantar flexion: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; dorsal extension: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$); the ankle plantar flexion pain score was higher in surface suture group and point suture group compared to transosseous suture group ($P=0.000$, $P=0.019$); the ankle dorsal extension pain score was higher in surface suture group compared to transosseous suture group ($P=0.001$); further pairwise comparison in the ankle plantar flexion and dorsal extension pain scores among the rest groups showed no statistical significance. At postoperative week 4, the ankle plantar flexion and dorsal extension pain scores were higher in surface suture group, point suture group and transosseous suture group compared to blank group (plantar flexion: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; dorsal extension: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$); the ankle plantar flexion pain score was higher in surface suture group compared to transosseous suture group ($P=0.044$); the ankle dorsal extension pain score was higher in surface suture group and point suture group compared to transosseous suture group ($P=0.024$, $P=0.000$); further pairwise comparison in the ankle plantar flexion and dorsal extension pain scores among the rest groups showed no statistical significance. ②At postoperative week 1 and 4, the serum level of IL-1 β was higher in surface suture group, point suture group and transosseous suture group compared to blank group (postoperative week 1: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; postoperative week 4: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$); At postoperative week 1, the serum level of IL-1 β was higher in transosseous suture group compared to surface suture group and point suture group ($P=0.003$, $P=0.001$), while there was no statistical difference between surface suture group and point suture group ($P=0.542$); At postoperative week 4, there was no statistical difference in serum level of IL-1 β among surface suture group, point suture group and transosseous suture group ($P=0.864$, $P=0.622$, $P=0.748$). ③At postoperative week 1 and 4, the ultimate load to failure in Achilles tendon was smaller in surface suture group, point suture group and transosseous suture group compared to blank group (postoperative week 1: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$; postoperative week 4: $P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.000$). At postoperative week 1, the ultimate load to failure in Achilles tendon was greater in transosseous suture group compared to surface suture group ($P=0.023$); there was no statistical difference in ultimate load to failure in Achilles tendon between point suture group and surface suture group and between point suture group and transosseous suture group ($P=0.779$, $P=0.053$). At postoperative week 4, the ultimate load to failure in Achilles tendon was greater in transosseous suture group compared to surface suture group ($P=0.011$); there was no statistical difference in ultimate load to failure in Achilles tendon between point suture group and surface suture group and between point suture group and transosseous suture group ($P=0.154$, $P=0.217$). ④The results of HE staining showed that, at postoperative week 4, the normal structure, with tightly arranged muscle fibers (without obvious degeneration) and visible fibrous connective tissues (without infiltration by inflammatory cells), were observed in Achilles tendon tissues of rats from blank group; the moderately abnormal structure, manifesting as dense connective tissue, mild infiltration by inflammatory cells and slight neovascularization, was observed in Achilles tendon tissues of model rats from surface suture group; the moderately abnormal structure, with increased muscle fibers, enlarged gaps in some areas, visible fibrous tissue, mild infiltration by inflammatory cells, and slight neovascularization, were observed in Achilles tendon tissues of model rats from point suture group; the slightly abnormal structure, manifesting as dense connective tissue, massive infiltration by inflammatory cells, and slight neovascularization, was observed in Achilles tendon tissues of model rats from transosseous suture group. **Conclusion:** The transosseous suture can achieve better biomechanical stability in repairing acute ATRs compared to surface suture and point suture, while, it leads to greater trauma compared the latter two.

Keywords tendon injuries; Achilles tendon; reconstruction; animal experimentation

跟腱是人体最粗壮的肌腱,但断裂发生率较高。跟腱断裂处理不当会导致提踵能力下降、步态改变,对日常生活及工作造成严重影响^[1-2]。对于跟腱断裂,非手术治疗和手术治疗均能取得良好的治疗效果^[3-4],但手术治疗后跟腱再断裂率更低^[5],而且临

床康复时间可明显缩短,增加患者重返体育运动的机会^[6-8]。为寻求急性跟腱止点断裂的最佳手术方式,我们基于大鼠急性跟腱断裂模型比较了3种急性跟腱止点断裂修复方式的治疗效果,现总结报告如下。

1 材料与仪器

1.1 实验动物

5 周龄 SPF 级雄性 SD 大鼠 56 只, 体质量 (150 ± 10) g, 购自斯贝福(北京)生物科技有限公司, 动物许可证号: SCXK(京)2019-0010。实验在河南省中医院中心实验室进行, 大鼠每笼 4 只, 自由饮食、饮水, 适应性喂养 1 周后进行实验。实验方案经河南省中医院伦理委员会审查通过, 伦理批件号: PZ-HNSZYY-2023-006。

1.2 试剂与仪器

白细胞介素 (interleukin, IL)-1 β ELISA 试剂盒 (莱尔生物医药科技有限公司); HE 染色试剂盒 (上海舜百生物科技有限公司); 戊巴比妥钠 [西格玛奥德里奇 (上海) 贸易有限公司]; MR-96A 酶标检测仪 (深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司); RM2265 轮式病理切片机 (Leica 公司); KD-P 组织摊片机 (浙江省金华市科迪仪器设备有限公司); JJ-12J 全封闭式组织脱水机 (武汉俊杰电子有限公司); BX63 电动光学显微镜 (Olympus 公司); WDW-100D 电子万能试验机 (济南成宇试验设备有限公司)。

2 方法

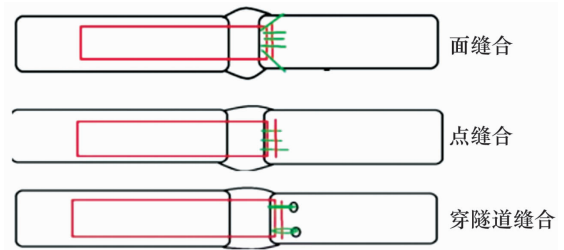
2.1 动物分组

将 56 只大鼠称重后按体质量排序编号, 从随机数字表中选取 56 个连续 2 位数记录在大鼠编号下方, 再将 56 个随机数字从小到大排序, 随机数字排序 1~14 对应的大鼠纳入空白组、15~28 对应的大鼠纳入面缝合组、29~42 对应的大鼠纳入点缝合组、43~56 对应的大鼠纳入穿隧道缝合组。

2.2 急性跟腱止点断裂造模及修复

适应性喂养结束后对面缝合组、点缝合组及穿隧

道缝合组大鼠双侧后肢进行急性跟腱止点断裂造模, 具体方法如下: 按照 $0.01 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ 以 3% 戊巴比妥钠腹腔注射麻醉, 麻醉起效后将大鼠仰卧固定于实验台上, 固定四肢, 双侧小腿及踝关节备皮; 采用后侧入路, 切口长度 $1 \sim 1.5 \text{ cm}$, 锐性分离跟腱与骨连接部位。造模后, 面缝合组采用“面”缝合的方式修复离断的跟腱, 即先缝合肌腱两侧, 然后将跟腱近端中间部分与周围韧带和跟腱远端残存部分缝合, 使跟腱近端与腱骨止点形成“面”接触; 点缝合组采用点缝合的方式修复离断的跟腱, 即模仿锚钉的固定方式, 先在腱骨止点处用带线缝合针穿过骨质, 再穿过跟腱近端, 拉紧后使肌腱贴近腱骨界面, 然后将肌腱两侧展开, 与周围韧带和跟腱远端残存部分缝合; 穿隧道缝合组采用穿隧道缝合的方式修复离断的跟腱, 即在腱骨界面制作 2 个骨性隧道, 带线缝合针先穿过骨性隧道, 再穿过跟腱近端, 拉紧缝线后使肌腱贴近腱骨界面 (图 1)。空白组大鼠正常备皮、麻醉后, 按上述方法切开双侧后肢, 完全暴露跟腱但不离断, 然后缝合切口。术后各组大鼠均以无菌纱布包扎, 石膏固定 3 d, 防止切口裂开 (图 2)。



图中绿色线条为缝合线缝合路径, 红色线条区域为跟腱, 黑色外框内为包含跟腱在内的相关组织。

图 1 3 种急性跟腱止点断裂修复方式示意图



图 2 大鼠急性跟腱止点断裂造模及修复

注: (1) 暴露跟腱, 自止点处离断; (2) 修复跟腱, 关闭切口; (3) 无菌纱布包扎。

2.3 跟腱修复效果评价

术后 1 周和 4 周,分别从各组随机选取 7 只大鼠测定踝关节疼痛评分、血清 IL-1 β 水平、跟腱最大破坏载荷,并于术后 4 周时取大鼠跟腱组织进行组织病理学观察。

2.3.1 踝关节疼痛评分测定 采用改良大鼠踝关节疼痛实验^[9-11]评定大鼠踝关节疼痛程度,包括跖屈和背伸实验。将大鼠置于固定装置内,双后肢及尾部暴露于装置外,随机选择一侧后肢测定踝关节疼痛评分,每只大鼠测定 5 次,时间点分别为固定后 0.5 h、1 h、2 h、3 h、4 h,取平均值作为测定结果。具体操作为:跖屈或背伸大鼠踝关节 5 次,每次间隔 5 s,大鼠出现缩腿反应(缩腿、嘶叫或二者同时出现均视为出现缩腿反应)评分为 1 分,无反应评分为 0 分。

2.3.2 血清 IL-1 β 水平测定 改良大鼠踝关节疼痛试验结束后,按照 0.01 mL \cdot g⁻¹以 3% 戊巴比妥钠腹腔注射麻醉大鼠,麻醉起效后经腹主动脉取血,以 2500 r \cdot min⁻¹离心 15 min(离心半径 12 cm),取上清液按照 IL-1 β ELISA 试剂盒说明书步骤测定 IL-1 β 水平。

2.3.3 跟腱最大破坏载荷测定 血清 IL-1 β 水平测定结束后,自股骨下端离断大鼠下肢,取大鼠双侧踝关节,去除跟腱远、近端止点间骨干,取其中一侧踝关节组织用于最大破坏载荷测试,另一侧踝关节组织用于组织病理学观察。4% 多聚甲醛固定 24 h 后,用夹具将踝关节组织两端固定在电子万能试验机上,设定位移速度 15 mm \cdot min⁻¹,记录跟腱离断瞬间的载荷。

2.3.4 跟腱组织病理学观察 踝关节组织在 4% 多聚甲醛中固定 48 h 后,制成厚度 5 μ m 的石蜡切片,HE 染色后在光学显微镜下观察。考虑术后 1 周时各组跟腱组织差异较小,故本研究仅对术后 4 周时的跟腱样本进行组织病理学观察。

2.4 数据统计

采用 SPSS21.0 软件进行数据统计分析。4 组大鼠踝关节疼痛评分、血清 IL-1 β 水平、跟腱最大破坏

载荷的组间总体比较均采用单因素方差分析,组间两两比较均采用 LSD- t 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3 结 果

3.1 踝关节疼痛评分

3.1.1 术后 1 周踝关节疼痛评分 4 组大鼠的踝关节跖屈、背伸疼痛评分组间总体比较,差异均有统计学意义;面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的踝关节跖屈、背伸疼痛评分均高于空白组(跖屈: $P = 0.000$, $P = 0.000$, $P = 0.000$;背伸: $P = 0.000$, $P = 0.000$, $P = 0.000$)。面缝合组和点缝合组的踝关节跖屈疼痛评分均高于穿隧道缝合组($P = 0.000$, $P = 0.019$);面缝合组的踝关节背伸疼痛评分高于穿隧道缝合组($P = 0.001$);其余各组踝关节跖屈、背伸疼痛评分两两比较,组间差异均无统计学意义(表 1)。

3.1.2 术后 4 周踝关节疼痛评分 4 组大鼠的踝关节跖屈、背伸疼痛评分组间总体比较,差异均有统计学意义;面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的踝关节跖屈、背伸疼痛评分均高于空白组(跖屈: $P = 0.000$, $P = 0.000$, $P = 0.000$;背伸: $P = 0.000$, $P = 0.000$, $P = 0.000$)。面缝合组的踝关节跖屈疼痛评分高于穿隧道缝合组($P = 0.044$);面缝合组和点缝合组的踝关节背伸疼痛评分均高于穿隧道缝合组($P = 0.024$, $P = 0.000$);其余各组踝关节跖屈、背伸疼痛评分两两比较,组间差异均无统计学意义(表 2)。

3.2 血清 IL-1 β 水平

术后 1 周、4 周时,4 组大鼠血清 IL-1 β 水平组间总体比较,差异均有统计学意义;面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的血清 IL-1 β 水平均高于空白组(术后 1 周: $P = 0.000$, $P = 0.000$, $P = 0.000$;术后 4 周: $P = 0.000$, $P = 0.000$, $P = 0.000$)。术后 1 周时,穿隧道缝合组的血清 IL-1 β 水平高于面缝合组和点缝合组($P = 0.003$, $P = 0.001$);面缝合组和点缝合组血清 IL-1 β 水平的差异无统计学意义($P = 0.542$)。术后 4 周时,面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组血清 IL-1 β

表 1 术后 1 周大鼠踝关节疼痛评分

组别	样本量/只	跖屈疼痛评分/ $(\bar{x} \pm s, \text{分})$	背伸疼痛评分/ $(\bar{x} \pm s, \text{分})$
空白组	7	0.77 \pm 0.21	0.74 \pm 0.26
面缝合组	7	3.46 \pm 0.23	4.54 \pm 0.20
点缝合组	7	3.06 \pm 0.30	4.09 \pm 0.35
穿隧道缝合组	7	2.60 \pm 0.36	3.65 \pm 0.29
F 值		80.443	110.265
P 值		0.000	0.000

水平的组间差异均无统计学意义 ($P = 0.864, P = 0.622, P = 0.748$)。见表 3。

3.3 跟腱最大破坏载荷

术后 1 周、4 周时,4 组大鼠跟腱最大破坏载荷组间总体比较,差异均有统计学意义;面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷均低于空白组(术后 1 周: $P = 0.000, P = 0.000, P = 0.000$;术后 4 周: $P = 0.000, P = 0.000, P = 0.000$)。术后 1 周时,穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷高于面缝合组($P = 0.023$);点缝合组与面缝合组、穿隧道缝合组跟腱最大破坏载荷的差异均无统计学意义($P = 0.779, P = 0.053$)。术后 4 周时,穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷高于面缝合组($P = 0.011$);点缝合组与面缝

合组、穿隧道缝合组跟腱最大破坏载荷比较,组间差异均无统计学意义($P = 0.154, P = 0.217$)。见表 4。

3.4 跟腱组织病理学观察结果

HE 染色结果显示,术后 4 周时空白组大鼠跟腱组织结构正常,肌纤维排列紧密,未见明显变性,周围可见纤维结缔组织,未见炎症细胞浸润[图 3(1)];面缝合组大鼠跟腱组织结构中度异常,结缔组织致密,可见少量炎症细胞浸润及少量新生血管[图 3(2)];点缝合组大鼠跟腱组织结构中度异常,肌纤维数量增多,部分区域间隙增大,可见纤维组织及少量炎症细胞浸润,并可见少量新生血管[图 3(3)];穿隧道缝合组大鼠跟腱组织结构轻度异常,结缔组织致密,可见大量炎症细胞浸润,新生血管数量较少[图 3(4)]。

表 2 术后 4 周大鼠踝关节疼痛评分

组别	样本量/只	跖屈疼痛评分/ $(\bar{x} \pm s, \text{分})$	背伸疼痛评分/ $(\bar{x} \pm s, \text{分})$
空白组	7	0.83 ± 0.17	0.77 ± 0.19
面缝合组	7	2.26 ± 0.17	3.51 ± 0.19
点缝合组	7	1.83 ± 0.17	2.86 ± 0.19
穿隧道缝合组	7	1.74 ± 0.17	2.40 ± 0.19
F 值		12.371	36.815
P 值		0.000	0.000

表 3 4 组大鼠血清白细胞介素-1 β 水平

组别	样本量/只	术后 1 周血清白细胞介素-1 β / $(\bar{x} \pm s, \text{pg} \cdot \text{mL}^{-1})$	术后 4 周血清白细胞介素-1 β / $(\bar{x} \pm s, \text{pg} \cdot \text{mL}^{-1})$
空白组	7	730.57 ± 34.53	562.00 ± 9.26
面缝合组	7	$1\,314.14 \pm 14.84$	842.86 ± 8.83
点缝合组	7	$1\,287.00 \pm 13.97$	836.29 ± 11.37
穿隧道缝合组	7	$1\,460.57 \pm 47.38$	840.57 ± 7.38
F 值		106.880	222.530
P 值		0.000	0.000

表 4 4 组大鼠跟腱最大破坏载荷

组别	样本量/只	术后 1 周跟腱最大破坏载荷/ $(\bar{x} \pm s, \text{N})$	术后 4 周跟腱最大破坏载荷/ $(\bar{x} \pm s, \text{N})$
空白组	7	73.90 ± 4.99	90.60 ± 2.73
面缝合组	7	28.41 ± 5.10	61.66 ± 2.73
点缝合组	7	29.09 ± 2.90	67.33 ± 2.73
穿隧道缝合组	7	34.16 ± 4.40	72.21 ± 2.73
F 值		169.670	21.150
P 值		0.000	0.000

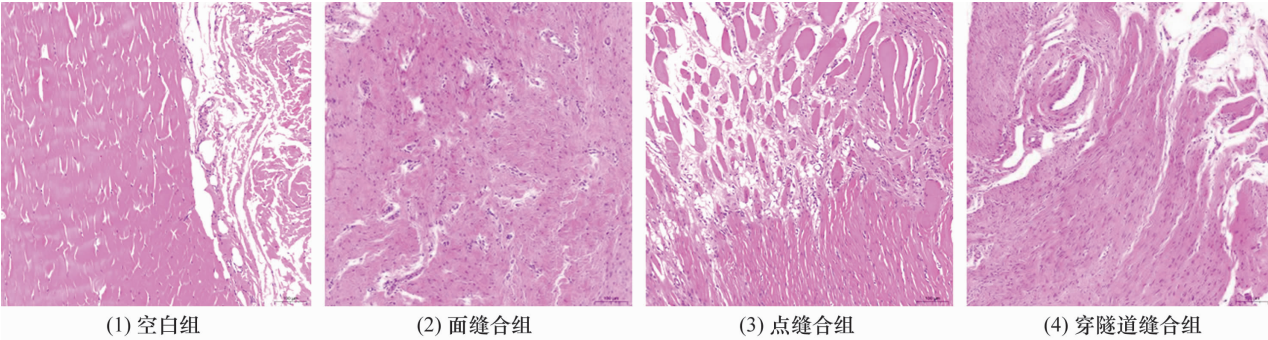


图 3 术后 4 周 4 组大鼠跟腱组织 HE 染色结果($\times 200$)

4 讨 论

急性跟腱断裂是指损伤在 2 周内的跟腱断裂,是骨科常见的运动伤,有时会导致患肢严重功能障碍,多见于青壮年、职业运动员或体育爱好者^[12]。对于急性跟腱断裂的最佳治疗方式,目前尚无共识,目前多倾向于手术治疗^[13-14]。跟腱止点处属于骨-韧带/肌腱结合部位,是肌肉骨骼系统中结构与功能较为特异的界面组织^[15-17],这使得跟腱止点断裂恢复较为困难。因此,探寻针对跟腱止点断裂的科学、有效的修复方式具有重要价值。

从踝关节疼痛程度来看,术后 1 周和术后 4 周时,面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的踝关节疼痛程度均较空白组明显减轻,穿隧道缝合组的疼痛程度最轻;从生物力学角度来看,面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷均与空白组存在一定差距,其中穿隧道缝合组的跟腱最大破坏载荷相对较高。术后 1 周时穿隧道缝合组和点缝合组跟腱最大破坏载荷的差异虽无统计学意义($P=0.053$),但随着样本量的增大,穿隧道缝合组在跟腱最大破坏载荷方面的优势将更加明显。这提示穿隧道固定能使断裂的跟腱获得更稳定的生物力学特性。IL-1 β 是一种重要炎症因子,被认为是炎症反应过程中最早被动员的细胞因子,主要由单核细胞和巨噬细胞产生,不仅能协同其他细胞因子促进 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞活化,而且能够诱导其他炎性介质的产生,是免疫及炎症反应的重要介质^[18]。术后 1 周和术后 4 周时,面缝合组、点缝合组及穿隧道缝合组的血清 IL-1 β 水平均高于空白组,3 个手术组中穿隧道缝合组血清 IL-1 β 水平最高。这可能与跟腱修复手术所造成的二次创伤有关,而在 3 种手术方式中,穿隧道缝合的创伤最大。跟腱组织病理观察结果也说明了这一点。

本研究的结果提示,与面缝合和点缝合相比,采用穿隧道缝合修复急性跟腱止点断裂,可获得更好的生物力学稳定性,但创伤较大。

参考文献

- [1] MAFFULLI N, VIA A G, OLIVA F. Chronic achilles tendon rupture[J]. Open Orthop J, 2017, 11: 660-669.
- [2] NUÑEZ-TRULL A, ÁLVAREZ-MEDINA J, JAÉN-CARRILLO D, et al. Does lower-limb tendon structure influence walking gait? [J]. Healthcare (Basel), 2023, 11(24): 3142.
- [3] 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.

- [4] CHIODO C P, GLAZE BROOK M, BLUMAN E M, et al. American academy of orthopaedic surgeons clinical practice guideline on treatment of Achilles tendon rupture [J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(14): 2466-2468.
- [5] KEATING J F, WILL E M. Operative versus non-operative treatment of acute rupture of tendo Achillis: a prospective randomised evaluation of functional outcome [J]. J Bone Joint Surg Br, 2011, 93(8): 1071-1078.
- [6] 许鹤星, 刘彦群, 方龙云, 等. 急性跟腱断裂治疗研究进展[J]. 延边大学医学学报, 2023, 46(4): 341-344.
- [7] 冯彦华, 崔硬铁, 周晓康, 等. 手术与非手术治疗急性跟腱断裂的对比研究[J]. 中国现代医生, 2020, 58(30): 85-88.
- [8] TIAN J, RUI R, XU Y, et al. Achilles tendon rupture repair: biomechanical comparison of the locking block modified krackow technique and the giftbox technique [J]. Injury, 2020, 51(2): 559-564.
- [9] 江彬, 高梓珊, 余芝, 等. 基于 ROS-NLRP3 通路探讨麦粒灸治疗佐剂性关节炎大鼠的作用及机制[J]. 南京中医药大学学报, 2023, 39(6): 548-556.
- [10] 黄思敏, 吴雨蒙, 张丽, 等. 甘草附子汤对大鼠骨关节炎及关节软骨蛋白质组学的影响[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(3): 661-669.
- [11] 黄思敏. 甘草附子汤对大鼠骨关节炎的防治作用及机制研究[D]. 南昌: 江西中医药大学, 2021.
- [12] 陶旭, 苟小力. 急性跟腱断裂处理的几点争议[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(8): 673-678.
- [13] 中国医师协会骨科医师分会, 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》编辑委员会. 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.
- [14] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 国家骨科与运动康复临床医学研究中心, 等. 跟腱断裂临床循证诊疗指南[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(5): 321-333.
- [15] LONGO U G, BERTON A, PAPAPIETRO N, et al. Epidemiology, genetics and biological factors of rotator cuff tears [J]. Med Sport Sci, 2012, 57: 1-9.
- [16] 陈宁. 跟腱止点清理重建治疗跟腱止点性腱病的临床疗效分析[D]. 太原: 山西医科大学, 2023.
- [17] THOMOPOULOS S, PARKS W C, RIFKIN D B, et al. Mechanisms of tendon injury and repair [J]. J Orthop Res, 2015, 33(6): 832-839.
- [18] 方小芳. 火针对跟腱末端病大鼠组织中 IL-1 β 、IL-6 及 iNOS 影响的研究[D]. 北京: 首都体育学院, 2012.

(收稿日期: 2024-01-05 本文编辑: 李晓乐)