

## • 综 述 •

## 弹簧韧带损伤的研究进展

赵文博 综述, 余 彬, 梁益建, 王 洋 审校  
(成都市第三人民医院骨科, 四川 成都 610031)

**[摘要]** 弹簧韧带损伤在临床上往往容易被忽略, 原因在于其发病机制较为隐匿, 临床症状体征不典型。若弹簧韧带损伤得不到及时正确处理, 可能导致扁平足畸形等, 严重时甚至引起足部长久慢性疼痛。该文从弹簧韧带的解剖和临床特征、治疗方式及术后康复等方面进行了综述。加强对弹簧韧带损伤的相关研究, 降低其漏诊及误诊率, 正确治疗弹簧韧带损伤及术后正规康复训练, 是目前足踝外科领域研究的热点和难点。选择最佳的方式来修复损伤的弹簧韧带, 以及后期制定个性化康复方案将是未来研究的重要方向。

**[关键词]** 弹簧韧带; 胫后肌腱; 内侧纵弓; 综述

**DOI:** 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.15.029

**中图法分类号:** R687

**文章编号:** 1009-5519(2024)15-2657-05

**文献标识码:** A

### Research progress on spring ligament injury

ZHAO Wenbo, YU Bin, LIANG Yijian, WANG Yang

(Department of Orthopedics, the Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu, Sichuan 610031, China)

**[Abstract]** Spring ligament injury is often overlooked in clinical practice due to its underlying pathogenesis and atypical clinical symptoms and signs. If the damage to the spring ligament is not treated in a timely and correct manner, it may lead to flatfoot deformities, and in severe cases, it may even cause long-term chronic pain in the foot. The article reviews the anatomical and clinical characteristics, treatment methods, and postoperative rehabilitation of spring ligament injuries. Strengthening research on spring ligament injury, reducing its misdiagnosis and missed diagnosis rates, correctly treating spring ligament injury, and providing formal postoperative rehabilitation training are currently hot and difficult topics in the field of foot and ankle surgery. Choosing the best way to repair damaged spring ligaments and developing personalized rehabilitation plans in the later stage will be important directions for future research.

**[Key words]** Spring ligament; Posterior tibial tendon; Medial longitudinal arch; Review

在扁平足患者中, 弹簧韧带损伤对平足症的发生发展起着重要影响, 而且这种影响与胫后肌腱病变或撕裂引起平足症的机制并不相同。急性弹簧韧带撕裂常常见于运动员足外翻位扭伤时。对于弹簧韧带损伤, 诊断的主要方式包括详细的体格检查、足负重位 X 光片及磁共振成像(MRI)检查。非手术治疗往往疗效欠佳, 手术治疗可以让患者更快地恢复和重返运动场。

#### 1 弹簧韧带损伤介绍

弹簧韧带是维持足内侧纵弓的非常重要的静力性装置。在组织学研究发现, 构成弹簧韧带的成分并非有弹性或具备弹力, 而是由典型的肌腱组织构成<sup>[1-2]</sup>。弹簧韧带, 又称为跟舟韧带, 主要由 3 个部分构成: (1) 上内侧束是一支宽大、三角形的韧带, 并呈扇形从载距突的前内侧边缘走形, 最终止于舟骨边缘<sup>[1,3]</sup>。上内侧束包含有一些叠瓦样的纤维软骨组织, 并与距骨头软骨相交联。(2) 下束是一支窄小的、带状的、四边形的韧带, 其起点位于载距突的前中面之间, 止点位于舟骨跖侧的外侧部分<sup>[1,3]</sup>。(3) 内跖侧斜束, 常常被称“第三韧带”, 起自于跟骨载距突的前

中面, 但其走形相较于下束而言更加的偏内, 并位于上内侧束的深面<sup>[2-3]</sup>。解剖学相关研究显示, 弹簧韧带的部分纤维组织与三角韧带相交联, 尤其是三角韧带的胫跟舟部分<sup>[4]</sup>。弹簧韧带在下束和内跖侧斜束之间, 靠近距舟关节跖侧关节囊的位置形成一个凹槽, 该凹槽常常在 MRI 检查上被误认为是韧带撕裂<sup>[5]</sup>。

弹簧韧带复合体是作为一个静力性的维持装置来支撑足弓, 其与跖腱膜、胫舟韧带、跖长韧带、跖短韧带、距跟韧带一起, 对足内侧纵弓的维持起着非常重要的作用<sup>[6]</sup>。弹簧韧带就像一个“吊床”样的结构, 托起了距骨头, 限制了距骨头向跖侧过度屈曲<sup>[1,5]</sup>。但弹簧韧带被损伤或不完整的时候, 距舟关节将会出现半脱位, 此时距骨头将会向跖侧下陷, 同时伴有外展畸形。最终, 受力通过跗横关节的传导至跟骨, 使得跟骨力线出现外翻, 最后引起后足外翻畸形<sup>[5,7]</sup>。

#### 2 弹簧韧带损伤的临床评估

急性弹簧韧带损伤相较于其他足部创伤而言并不常见。大多数研究是在关注胫后肌腱退变或撕裂时提及弹簧韧带损伤。但胫后肌腱损伤引起的继发

弹簧韧带损伤与急性弹簧韧带损伤的发病机制并不相同,尤其是对于年轻的运动员人群而言。急性弹簧韧带损伤常常源于运动时发生的足过度外展或外翻暴力<sup>[8-9]</sup>。高处坠落时,足外侧着地可导致弹簧韧带损伤<sup>[10]</sup>,这常见于撑竿跳运动员<sup>[11]</sup>。许多运动员无法清楚地描述其受伤经过,而仅仅记得扭伤过患足。容易发生弹簧韧带损伤的运动包括橄榄球、田径、曲棍球、网球等,但很多运动员伤后都未引起重视,而是继续带伤训练<sup>[8-9,12]</sup>。

在面对可能有弹簧韧带损伤的患者时,临床医生应详细询问其病史及受伤机制。患者即时负重能力与弹簧韧带损伤的严重程度呈正相关。此外,在查体时准确诊断一些足部的无症状畸形也非常重要。与多数损伤一样,早期的弹簧韧带损伤选择保守治疗也能取得一定疗效。在弹簧韧带损伤的患者查体中,医生常可以发现患足内侧纵弓肿胀<sup>[10-12]</sup>。足内侧的压痛最为常见<sup>[12]</sup>,尽管部分患者也可以表现为足外侧的疼痛或跗骨窝区和腓下的撞击,这与患足的畸形程度有关<sup>[13]</sup>。在一些弹簧韧带严重撕裂的病例中,足内侧纵弓会出现塌陷,同时伴有前足外展和后足外翻畸形,即临床常提到的“多趾征”<sup>[8-10]</sup>。在对患足进行查体时,对胫后肌腱肌力的检查也非常重要,因为患者常可能合并有胫后肌腱损伤。许多存在弹簧韧带损伤的患者伴有胫后肌腱的力量减弱<sup>[8]</sup>。弹簧韧带损伤患者很难完成单足提踵试验,而且常常可以见到患足提起时,后足仍然维持外翻状态,不能内翻<sup>[8-9,13]</sup>。除此之外,对于后足柔韧性和跟腱及腓肠肌挛缩的检查也非常重要。标准的足部负重位 X 光片检查位置包括前后位、侧位和斜位,同时应加做踝关节的负重位 X 光片,这样可排除三角韧带损伤,评估踝关节内侧间隙是否增宽及是否存在外翻倾斜。采用足部 X 光片时,应仔细检查足外翻和距舟覆盖率,评估足内侧纵弓塌陷程度和舟骨向背侧半脱位程度<sup>[8,10-11]</sup>。在患足的查体和影像学检查未发现明显畸形的情况下,弹簧韧带损伤仍不能被排除。

除了查体和影像学检查外,MRI 检查在弹簧韧带损伤的评估中有着重要作用。有研究显示,MRI 检查评估韧带损伤的灵敏度和特异度分别为 55%、100%<sup>[14]</sup>。伴有弹簧韧带病变的患者往往在舟骨和距骨头位置出现水肿<sup>[11]</sup>。MRI 检查可以非常有效地评估胫后肌腱远端的情况,尽管很多弹簧韧带损伤患者胫后肌腱可能无明显病变。MRI 可以清楚地观察弹簧韧带的上内侧束,尤其是在轴位和冠状位上可以看到 2~3 mm 厚度的上内侧束。上内侧束在 MRI 的矢状位上显示较差,因为弹簧韧带跖侧的凹槽与韧带损伤的信号相似,与水平面呈 50° 夹角的斜矢状位可以更好地观察到上内侧束<sup>[11]</sup>。急性弹簧韧带损伤在 MRI T2 像上可以表现为高信号及韧带纤维连续性的

中断<sup>[14]</sup>。而慢性弹簧韧带损伤在 MRI T2 像上表现为信号异于周围组织,或韧带高信号,也可以表现为韧带增厚(>4 mm)或韧带变薄(<2 mm),最好的观察层面是 MRI 轴位像<sup>[7,9,14]</sup>。下束最好的观察层面是 MRI 轴位和冠状位,其在 MRI T1 像上表现为中等信号,而在 T2 像上表现为低信号。内跖侧斜束在 MRI 轴位和冠状位上可以看到皱褶。总的来说,弹簧韧带损伤不仅要看影像学检查结果,也要注意结合临床查体以明确诊断<sup>[15]</sup>。

超声检查对于弹簧韧带上内侧束的检测较为敏感<sup>[9]</sup>,其可以发现韧带的撕裂或增厚,也可以明确胫后肌腱是否伴有损伤。在单纯弹簧韧带损伤的运动员人群中,胫后肌腱在影像学上常常为正常信号,并没有明显的增厚或退变<sup>[8-9]</sup>。

### 3 弹簧韧带损伤的非手术治疗

对于大多数早期的弹簧韧带损伤患者而言,非手术治疗往往能取得较好的疗效。早期的非手术治疗主要是在支具保护下负重行走或患肢制动,同时辅助患足休息、冰敷或使用非甾体抗炎药以促进疼痛缓解。进一步的影像学检查十分必要,运动员患者应该使用石膏或支具保持患足不负重,尤其是在准确的诊断结果出来前<sup>[10]</sup>。如果患足仅有弹簧韧带的部分损伤,且不伴有足弓的塌陷和足部的畸形,那么非手术治疗可能是有效的。非手术治疗需要保持患足不负重 4~6 周,同时需在正规的康复锻炼下逐渐负重。3~4 周后可以改用足部专用支具,同时结合进一步的康复锻炼。据统计,大约有三分之二的患者经一个疗程治疗后可缓解症状<sup>[9]</sup>。对于伴有弹簧韧带复合体完全撕裂或足部畸形的患者,手术治疗是必要的。有些学者甚至建议年轻患者或运动员患者应该更加积极的选择手术治疗。目前,关于弹簧韧带损伤的手术治疗和非手术治疗的文献非常有限。

### 4 弹簧韧带损伤的手术治疗

目前,关于弹簧韧带的手术治疗仍缺乏有力的证据支持。而且,多数研究的关注点是弹簧韧带损伤伴胫后肌腱失能的患者,尤其以老年患者居多。对于年轻人群,尤其是运动损伤人群的弹簧韧带损伤关注较少。目前,关于单纯弹簧韧带损伤不伴胫后肌腱损伤患者的研究也很少见,而且大多数研究是四级或五级证据的回顾性研究或个案报道。

弹簧韧带损伤手术方式多种多样,根据患者受伤时间长短及韧带残端的质量,大致可分为修复、重建、置换 3 个阶段。若患者受伤时间短,韧带残端质量尚可,则优选修复韧带方式,恢复韧带的连续性及张力。若患者受伤时间较长,韧带残端已基本被吸收,则需要取自体肌腱或使用人工韧带重建弹簧韧带方式,恢复关节稳定性,避免后期足弓进一步塌陷。若患者受伤时间过长,且伤后仍从事重体力劳动,导致关节软



骨大面积磨损,此时修复韧带的作用将变得有限,只有关节融合或关节置换治疗才能恢复患者功能<sup>[14-16]</sup>。部分文献报道了一期从内侧修复弹簧韧带的手术方式<sup>[11,13,16-17]</sup>。这些手术方式需要使用不可吸收的带线锚钉,采用编织缝合的方式进行修复<sup>[8-9]</sup>。在部分报道中,学者们认为可以将韧带纤维通过骨隧道的方式连接于舟骨之上,这样可以取得更加良好的疗效<sup>[12]</sup>。通过缝合带加强修复弹簧韧带的手术方式时有报道<sup>[18]</sup>,该手术方式需要在载距突上建立一个骨隧道,同时在舟骨上建立一个垂直的骨隧道,缝合带装置被置于载距突的骨隧道中,将缝线穿过舟骨的骨隧道以重建弹簧韧带上内侧束的解剖走形,缝线下方残留的弹簧韧带纤维将一同被修复。有研究指出,术后载距突到舟骨之间重建的韧带强度足够,能托起距骨头。但该术式仍缺乏详实有力的临床资料和生物力学分析<sup>[19]</sup>。

目前,很多研究对弹簧韧带重建的手术方式进行了描述,原因在于很多学者认为直接修复弹簧韧带组织的强度不够,不能够起到正常弹簧韧带的作用。胫后肌腱远端舟骨止点加强术也常常被报道用于治疗运动人群的损伤<sup>[10]</sup>。还有很多研究使用胫后肌腱移植来加强弹簧韧带强度的手术方式<sup>[13,20]</sup>,包括单纯将胫后肌腱缝合于弹簧韧带上<sup>[13]</sup>或使用更复杂的方式将胫后肌腱置于载距突和舟骨的骨隧道之中并使用螺钉固定<sup>[20]</sup>。上述手术方式都取得了较好的畸形矫正效果,包括恢复了第一跖距角和距舟覆盖率。但值得注意的是,这些加强弹簧韧带的手术方式都需要切除胫后肌腱并依赖残留的已有病变的弹簧韧带组织,可能会对患者预后产生影响。有研究提出一种自体肌腱移植的手术方式,即使用腓骨长肌腱和拇长屈肌腱转位来治疗弹簧韧带损伤<sup>[21-22]</sup>。不管哪一种手术方式,只要涉及取自体肌腱的,都需要牺牲体内的另一条肌腱的功能,同时需要采用编织缝合的方式,将其固定于中足和载距突的骨隧道中,以重建生理状态下弹簧韧带对距骨头的支撑作用。这种以牺牲其他韧带功能作为代价的手术方式,也许并不适合需要高强度运动的年轻患者。目前,趾长屈肌腱转位已被用来作为胫后肌腱失能的常规治疗方式,以支撑足的内侧纵弓<sup>[8-9]</sup>。对于不伴有胫后肌腱损伤的患者,作拇长屈肌腱或趾长屈肌腱转位也许并不合适。使用异体肌腱作为移植物也许能解决自体肌腱移植所带来的供体功能缺失问题,但这种手术方式的报道目前较少见。

## 5 弹簧韧带损伤的治疗方式展望

年轻运动人群出现弹簧韧带损伤后应积极治疗。详尽的临床查体和仔细的影像学分析有助于明确患足畸形情况、胫后肌腱失能情况及弹簧韧带损伤程度。轻微的足部扭伤常可以采用非手术治疗方式,如

休息、制动及逐步加强功能锻炼。采用非手术治疗能取得良好效果的情况较少,大部分年轻人群尤其是运动员人群,往往发病时就伴有足部早期畸形或严重症状,且影像学检查能发现弹簧韧带完全撕裂。对于多数患者,尤其是年轻患者,临床倾向于使用手术方式来矫正畸形和修复韧带。术后结合加速康复训练,可使得患者早日恢复运动功能并避免晚期再次出现足部畸形。

在运动员人群中使用时带线锚钉编织缝合修复急性弹簧韧带损伤,取得了较好的疗效。如果弹簧韧带从舟骨止点完全撕脱,那么带线锚钉正好能很好地修复韧带。对于陈旧性弹簧韧带损伤患者,可使用弹簧韧带加强术来增加韧带强度<sup>[18]</sup>。该韧带修复方式疗效可靠,可避免牺牲其他健康的自体韧带。因此,建议采用三角形编织缝合法加强弹簧韧带,然后使用界面螺钉固定韧带于载距突,并将缝线穿过舟骨垂直的骨隧道,最后再用 1 枚界面螺钉进行固定。术中操作时应注意不要使韧带张力过度,固定韧带时可使足轻微内翻约 5°以减小张力。如果患者同时存在足部畸形,那么应该在进行韧带修复时矫正畸形。对于腓肠肌或跟腱的挛缩可以采用跟腱延长或腓肠肌松解的方式进行处理。任何程度的后足外翻畸形都可以采用跟骨内移截骨术进行处理<sup>[9,16]</sup>,畸形矫正后能更好地保护软组织及恢复足的内侧纵弓。如果患者扁平足相关畸形不严重时,可以不施行外侧柱延长术、楔骨截骨术等畸形矫正方式。患者行内侧软组织修复和截骨手术后应该维持患足不负重 6 周,6 周后可以在支具的保护下和正规康复医师的指引下逐步负重,逐步负重到完全负重的时间为 3~4 周。在整个术后康复训练过程中,患者应注意加强患肢力量训练。术后 3 个月,患者可以在康复医师的指导下逐渐开始行跑步训练。

弹簧韧带在维持足弓及支撑患者运动方面的作用逐渐获得公认,目前对弹簧韧带损伤的研究越来越深入,在疾病发生发展、病理生理机制及治疗方案等方面均取得了很大进步<sup>[23-25]</sup>。弹簧韧带一旦损伤,自行修复能力非常有限,而且韧带失能后将会被人体吸收,导致修复难度大大增加。因此,早诊断、早治疗仍是弹簧韧带损伤治疗的关键<sup>[26-27]</sup>。目前,科研人员已从弹簧韧带组织结构入手,积极推动各种修复专用器械和材料的研发工作,目的在于能够获得一种修复强度足够大且与人体组织相容性好的修复方式<sup>[28-29]</sup>。若弹簧韧带残端确实被吸收,取自体肌腱重建成为手术选择,此时选择合适的骨隧道至关重要,同时还应注意尽可能保留供区肌腱功能<sup>[30-31]</sup>。对于人工韧带重建弹簧韧带,目前应用相对较少。但人工韧带初始强度高,可使患者早期恢复对抗性的运动。若患者关节软骨损伤严重,必须采用关节融合或关节置换时,

手术时机的选择将非常重要,而关节置换术后加强康复,使患者尽可能恢复正常生活也是未来研究的重点<sup>[32-33]</sup>。

## 6 术后康复训练

对于运动员患者而言,手术是其职业生涯面临的一大挑战,更科学的康复训练有助于其早日恢复。强度较大的训练方式应在术后 3~4 个月后逐步进行,早期可以进行一些力量恢复的适应性训练,以为后期的高强度训练奠定基础。间断性的慢跑可以在力量恢复后逐步进行。爬楼梯训练和“8”字折返跑应在康复的最后阶段进行。其他的康复训练方式还包括对于身体协调性和灵敏性的训练。在运动员受伤到重返赛场的这个阶段,医生需要时刻关注,并与康复医师一起,共同根据实际情况选择最佳康复方案,以帮助运动员早日重返竞技场。

## 参考文献

- [1] BASTIAS G F, DALMAU-PASTOR M, ASTUDILLO C, et al. Spring ligament instability [J]. *Foot Ankle Clin*, 2018, 23(4): 659-678.
- [2] JONES J, CATANZARITI A. Operative management: Spring ligament [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2022, 39(3): 503-519.
- [3] BELIS A M, FOOTE G A. The spring ligament complex-anatomy and function [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2022, 39(3): 393-403.
- [4] CHIEN B Y, GREISBERG J K, ARCIERO E. Spring ligament reconstruction for progressive collapsing foot deformity: Contemporary review [J]. *Foot Ankle Int*, 2023, 44(8): 796-809.
- [5] RICHIE D H J. Injuries to the spring ligament: Nonoperative treatment [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2022, 39(3): 461-476.
- [6] STEGINSKY B, VORA A. What to do with the spring ligament [J]. *Foot Ankle Clin*, 2017, 22(3): 515-527.
- [7] CAIN J D, DALMAU-PASTOR M. Anatomy of the deltoid-spring ligament complex [J]. *Foot Ankle Clin*, 2021, 26(2): 237-247.
- [8] MATEEN S, VAN J C. Ligament insufficiency with flatfoot: Spring ligament and deltoid ligament [J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2023, 40(2): 307-314.
- [9] KRAUTMANN K K A S. Deltoid Ligament Insufficiency in the setting of progressive collapsing foot deformity. An update on diagnosis and management [J]. *Foot Ankle Clin*, 2021, 26(3): 577-590.
- [10] MENGIARDI B, PINTO C, ZANETTI M. Spring ligament complex and posterior tibial tendon: Mr anatomy and findings in acquired adult flat-foot deformity [J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2016, 20(1): 104-115.
- [11] NERY C, BAUMFELD D. Current trends in treatment of injuries to spring ligament [J]. *Foot Ankle Clin*, 2021, 26(2): 345-359.
- [12] FOGLEMAN J A, KREULEN C D, SARCON A K, et al. Augmented spring ligament repair in pes planovalgus reconstruction [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2021, 60(6): 1212-1216.
- [13] CAMPBELL J T, JENG C L. Painful accessory navicular and spring ligament injuries in athletes [J]. *Clin Sports Med*, 2020, 39(4): 859-876.
- [14] OMAR H, SAINI V, WADHWA V, et al. Spring ligament complex: Illustrated normal anatomy and spectrum of pathologies on 3T Mr imaging [J]. *Eur J Radiol*, 2016, 85(11): 2133-2143.
- [15] JORDAN M, THOMAS M, ELSER F, et al. Injuries of the medial collateral ligament and spring ligament complexes [J]. *Unfallchirurg*, 2018, 121(9): 704-714.
- [16] VAN BOERUM D H, SANGEORZAN B J. Biomechanics and pathophysiology of flat foot [J]. *Foot Ankle Clin*, 2003, 8(3): 419-430.
- [17] KELLY M, MASQOODI N, VASCONCELL-OS D, et al. Spring ligament tear decreases static stability of the ankle joint [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2019, 61: 79-83.
- [18] BRODELL J D J, MACDONALD A, PERKINS J A, et al. Deltoid-spring ligament reconstruction in adult acquired flatfoot deformity with medial peritalar instability [J]. *Foot Ankle Int*, 2019, 40(7): 753-761.
- [19] MASARAGIAN H J, REGA L, AMERISO N, et al. The potential of endoscopic spring ligament repair in flatfoot reconstruction [J]. *Foot Ankle Int*, 2023, 44(3): 200-209.
- [20] PASAPULA C, AL-SUKAINI A, BAND H, et al. Spring ligament insufficiency and hallux valgus as an independent risk factors for first ray instability [J]. *Foot (Edinb)*, 2021, 48: 101818.
- [21] NERY C, LEMOS A V K C, RADUAN F, et al. Combined spring and deltoid ligament repair in adult-acquired flatfoot [J]. *Foot Ankle Int*, 2018, 39(8): 903-907.

- [22] MACDONALD A, CIUFO D, VESS E, et al. Peritalar kinematics with combined deltoid-spring ligament reconstruction in simulated advanced adult acquired flatfoot deformity[J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41(9):1149-1157.
- [23] HEYES G, SWANTON E, VOSOUGHI A R, et al. Comparative study of spring ligament reconstructions using either hamstring allograft or synthetic ligament augmentation[J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41(7):803-810.
- [24] KIMURA Y, YAMASHIRO T, SAITO Y, et al. MRI findings of spring ligament injury: Association with surgical findings and flatfoot deformity[J]. *Acta Radiol Open*, 2020, 9(12):2058460120980145.
- [25] PASAPULA C, ALI A M S, KILIYANPILAKKIL B, et al. High incidence of spring ligament laxity in ankle fractures with complete deltoid ruptures and secondary first ray instability[J]. *The Foot*, 2021, 46:101720.
- [26] MASARAGIAN H J, MASSETTI S, PERIN F, et al. Flatfoot deformity due to isolated spring ligament injury[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2020, 59(3):469-478.
- [27] ROUGEREAU G, MARTY-DILOY T, VIGAN M, et al. Biomechanical evaluation of the spring ligament and the posterior tibial tendon by shear-waves elastography: Validation of a reliable and reproducible measurement protocol[J]. *J Exp Orthop*, 2023, 10(1):121.
- [28] DELAND J T, ELLIS S J, DAY J, et al. Indications for deltoid and spring ligament reconstruction in progressive collapsing foot deformity[J]. *Foot Ankle Int*, 2020, 41(10):1302-1306.
- [29] RULE J, YAO L, SEEGER L L. Spring ligament of the ankle: Normal Mr anatomy[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1993, 161(6):1241-1244.
- [30] ORR J D, NUNLEY J A. Isolated spring ligament failure as a cause of adult-acquired flatfoot deformity[J]. *Foot Ankle Int*, 2013, 34(6):818-823.
- [31] DELAND J T. The adult acquired flatfoot and spring ligament complex. Pathology and implications for treatment[J]. *Foot Ankle Clin*, 2001, 6(1):129-135, vii.
- [32] PASAPULA C, KILIYANPILAKKIL B, KHAN D Z, et al. Plantar fasciitis: Talonavicular instability/spring ligament failure as the driving force behind its histological pathogenesis[J]. *Foot (Edinb)*, 2021, 46:101703.
- [33] CRIM J. Medial-sided ankle pain: Deltoid ligament and beyond[J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2017, 25(1):63-77.

(收稿日期:2023-12-19 修回日期:2024-04-02)

(上接第 2656 页)

- [60] 郭道华. 白芍总苷对大鼠缺血再灌注损伤心脏的作用及与内质网应激的关系[D]. 蚌埠:蚌埠医学院, 2010.
- [61] 康红钰, 刘喜民, 郑亚萍. 白芍总苷对心肌缺血再灌注模型大鼠心肌细胞凋亡的影响[J]. *解剖学杂志*, 2019, 42(1):6-9.
- [62] RAZAVI S M, ZAHRI S, ZARRINI G, et al. Biological activity of quercetin-3-O-glucoside, a known plant flavonoid[J]. *Bioorg Khim*, 2009, 35(3):414-416.
- [63] ZHANG Y, CUI Y, DENG W, et al. Isoquercitrin protects against pulmonary hypertension via inhibiting PASMCs proliferation[J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2017, 44(3):362-370.
- [64] 曹衡. 异槲皮素对心肌缺血再灌注损伤诱导的细胞凋亡的作用及其机制研究[D]. 南京:南京医科大学, 2018.
- [65] 吴翔. 白藜芦醇后处理对缺氧/复氧 H9C2 心肌细胞钙超载的保护效应及作用机制研究[D]. 广州:南方医科大学, 2015.
- [66] ZHOU S S, HE F, CHEN A H, et al. Suppression of rat frizzled-2 attenuates hypoxia/reoxygenation-induced  $Ca^{2+}$  accumulation in rat H9c2 cells[J]. *Exp Cell Res*, 2012, 318(3):1480-1491.
- [67] 贺欣, 张英杰. 人参皂苷 Rg1 通过 NF- $\kappa$ B 通路减轻大鼠心肌缺血再灌注损伤[J]. *中药药理与临床*, 2015, 31(4):16-19.
- [68] 胡婷婷. 人参皂苷 Re 对心肌缺血再灌注损伤中炎症反应及 PGI<sub>2</sub>/TXA<sub>2</sub> 系统的影响[D]. 长春:吉林大学, 2010.
- [69] 曹姗姗. 人参皂苷 Re 对心肌缺血大鼠的保护作用及其机制的研究[D]. 长春:吉林大学, 2010.

(收稿日期:2023-12-27 修回日期:2024-04-09)