

· 临床研究 ·

跟骨骨折内固定手术中跟骨前部螺钉的置钉策略研究

吴世奇

(济宁市第一人民医院, 山东 济宁 272000)

摘要 目的:探讨跟骨骨折内固定手术中跟骨前部螺钉的置钉策略。**方法:**选择 40 例单侧跟骨骨折患者,男 25 例、女 15 例。选择患者的健侧跟骨 CT 影像进行研究,在影像存储与传输系统中测量跟骰关节及载距突的各项解剖参数,包括跟骰关节横径、跟骰关节后斜角、载距突前后径、载距突上斜角、载距突上下径及载距突螺钉最大长度。**结果:**男性的跟骰关节横径、载距突螺钉最大长度均大于女性[跟骰关节横径:(22.40 ± 1.86) mm, (19.97 ± 1.80) mm, $t = 4.043$, $P = 0.000$;载距突螺钉最大长度:(52.45 ± 3.99) mm, (44.81 ± 2.18) mm, $t = 6.817$, $P = 0.000$];男性和女性的跟骰关节后斜角、载距突前后径、载距突上斜角、载距突上下径比较,组间差异均无统计学意义[跟骰关节后斜角: $21.05^\circ \pm 4.42^\circ$, $21.13^\circ \pm 3.52^\circ$, $t = -0.060$, $P = 0.952$;载距突前后径:(17.85 ± 2.41) mm, (16.49 ± 1.88) mm, $t = 1.865$, $P = 0.070$;载距突上斜角: $33.49^\circ \pm 4.76^\circ$, $35.09^\circ \pm 5.11^\circ$, $t = -0.999$, $P = 0.324$;载距突上下径:(13.59 ± 1.84) mm, (12.79 ± 1.35) mm, $t = 1.464$, $P = 0.151$]。载距突基底部截面沿其轴线投射到跟骨外侧壁的区域为跟骨前部置入载距突螺钉的理想区域,其前缘为跟骰关节面、下缘为跟骨外侧壁下缘,面积 \approx 载距突上下径 \times 载距突前后径。**结论:**跟骨骨折内固定手术中在跟骨前部置入螺钉时,可通过在 CT 图像中测量跟骰关节后斜角和跟骰关节横径确定进钉角度和螺钉长度;自跟骨前部向载距突置入螺钉时,进钉点的理想区域为跟骨外侧壁前下方,进钉时需同时在横断面和冠状面调整进钉角度,沿载距突轴线置入螺钉时所需螺钉最长;男性患者的跟骨前部螺钉长度和载距突螺钉最大长度均大于女性患者。

关键词 跟骨;骨折固定术,内;骨钉;跟骰关节;载距突

Strategy for anterior calcaneus screws placement in surgery of internal fixation for calcaneus fractures: a radioanatomic study

WU Shiqi

The First People's Hospital of Jining, Jining 272000, Shandong, China

ABSTRACT Objective: To explore the strategy for anterior calcaneus screws placement in surgery of internal fixation for treatment of calcaneus fractures. **Methods:** Forty patients (25 males and 15 females) with unilateral calcaneus fractures were selected, and their CT imagings of the uninjured calcaneus were obtained for study. The anatomical parameters, including transverse diameter of calcaneocuboid joint, back bevel angle of calcaneocuboid joint, anteroposterior diameter (APD) of sustentaculum tali, upper bevel angle of sustentaculum tali, suprainferior diameter (SID) of sustentaculum tali and maximum length of screw required for optimal fixation of sustentaculum tali, were measured in picture archiving and communication system (PACS). **Results:** The transverse diameter of calcaneocuboid joint and maximum length of screw required for optimal fixation of sustentaculum tali were greater in male patients compared to female patients (22.40 ± 1.86 vs 19.97 ± 1.80 mm, $t = 4.043$, $P = 0.000$; 52.45 ± 3.99 vs 44.81 ± 2.18 mm, $t = 6.817$, $P = 0.000$). There was no statistical difference in back bevel angle of calcaneocuboid joint as well as APD, upper bevel angle and SID of sustentaculum tali between the male patients and the female patients ($21.05^\circ \pm 4.42^\circ$ vs $21.13^\circ \pm 3.52^\circ$ degrees, $t = -0.060$, $P = 0.952$; 17.85 ± 2.41 vs 16.49 ± 1.88 mm, $t = 1.865$, $P = 0.070$; $33.49^\circ \pm 4.76^\circ$ vs $35.09^\circ \pm 5.11^\circ$ degrees, $t = -0.999$, $P = 0.324$; 13.59 ± 1.84 vs 12.79 ± 1.35 mm, $t = 1.464$, $P = 0.151$). The optimal region for implanting screws from the anterior part of calcaneus to sustentaculum tali was the area where the basal section of sustentaculum tali projected onto the lateral wall of calcaneus along its axis, and its leading edge was the calcaneocuboid joint surface and lower edge was the lower margin of calcaneal lateral wall, and its area was approximately equal to SID of sustentaculum tali multiplied by APD of sustentaculum tali. **Conclusion:** The angulation and length of the implanted screws can be confirmed by measuring the back bevel angle and transverse diameter of calcaneocuboid joint on CT imagings when implanting screws to the anterior part of calcaneus in surgery of internal fixation for treatment of calcaneus fractures. The optimal screw - insertion point is deemed as the anterior inferior part of calcaneal lateral wall, and the angulation of implanted screws should be adjusted in both transverse section and coronal plane when implanting screws to sustentaculum tali from the anterior part of calcaneus, and the screw with a maximum length is required when placement is performed along the axis of sustentaculum tali. The length of anterior calcaneus screw and the maximum length of screw required for optimal fixation of sustentac-

ulum tali are greater in male patients compared to female patients.

Keywords calcaneus; fracture fixation, internal; bone nails; calcaneocuboid joint; sustentaculum tali

跟骨骨折固定的方法繁多^[1-5],但基本上都遵循三点固定的原则。跟骨前部的螺钉首选置于跟骰关节面下方约 5 mm 处的致密压力骨小梁中,以获得牢固固定^[6]。然而临床中跟骨前部螺钉误入跟骰关节的情况并不少见,而且术中透视不易发现。另外,此处的螺钉打入载距突可获得更加牢固的固定效果^[7-9]。但由于跟骰关节及载距突的解剖特点,自跟骨前部向载距突准确置钉较为困难。为此,我们基于跟骨 CT 图像对跟骰关节和载距突的解剖参数进行了测量,以为跟骨骨折内固定手术中跟骨前部螺钉的准确置钉提供依据。

1 临床资料

纳入研究的患者共 40 例,均为 2017 年 3 月至 2019 年 12 月在济宁市第一人民医院就诊的跟骨骨折患者。男 25 例,年龄 15 ~ 77 岁;女 15 例,年龄 21 ~ 70 岁。均为单侧跟骨骨折,且无足部先天性畸形。所有患者均行足部 CT 扫描及三维重建检查。试验方案经医院医学伦理委员会审查通过。

2 方法

2.1 跟骰关节及载距突解剖参数测量 选择患者的健侧跟骨 CT 影像进行研究。使用影像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)对各参数进行测量,长度精确到 0.01 mm、角度精确到 0.01°。研究中以足底平面为横断面,与其垂直的足外侧壁所在平面为矢状面,与前 2 个平面垂直的平面为冠状面。

2.1.1 跟骰关节横径 在显露跟骰关节最宽的横断面图像上,跟骰关节面内侧缘最凸点(A)和外侧缘最凸点(B)之间的距离即为跟骰关节横径(图 1)。

2.1.2 跟骰关节后斜角 在显露跟骰关节最宽的横断面图像上,沿跟骰关节面外侧缘最凸点(B)作跟骨外侧切线(BC),跟骰关节后斜角 = $90^\circ - \angle ABC$ ^[10](图 1)。

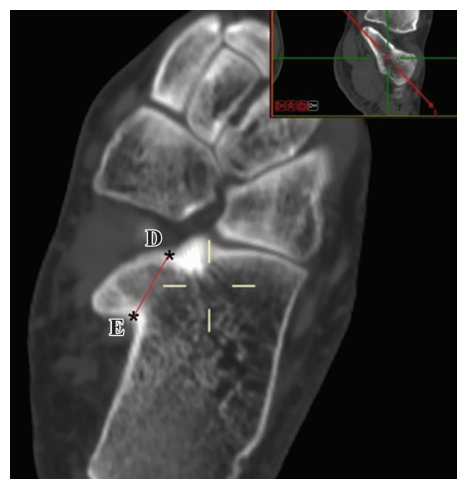
2.1.3 载距突前后径 在 PACS 中将横断面向内上方倾斜,使其通过载距突冠状位轴线,此时载距突基底部的宽度(DE)即为载距突前后径(图 2)。

2.1.4 载距突上斜角 在显露载距突面积最大的跟骨冠状位图像上,载距突轴线(FG)与横断面的夹角即为载距突上斜角(图 3)。



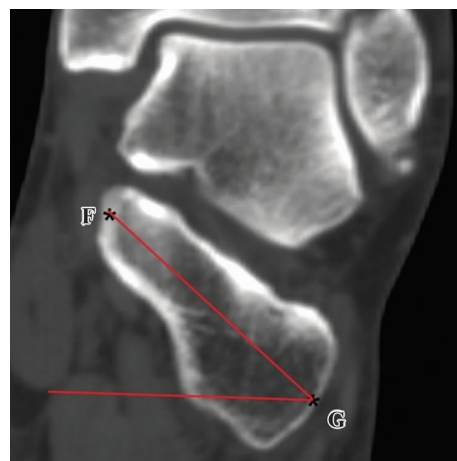
A、B 分别为跟骰关节面内侧缘和外侧缘的最凸点;BC 为经 B 点所做的跟骨外侧缘切线。

图 1 跟骰关节横径和跟骰关节后斜角测量示意图



D、E 分别为横断位图像上载距突基底部的上下缘。

图 2 跟骨载距突前后径测量示意图



F、G 分别为冠状位图像上载距突轴线与跟骨内外侧皮质的交点。

图 3 载距突上斜角测量示意图

2.1.5 载距突上下径 在显露载距突面积最大的跟骨冠状位图像上,载距突基底部的宽度(HI)即为载距突上下径(图4)。



H、I 分别为冠状位图像上载距突基底部的上下缘。

图4 载距突上下径测量示意图

2.1.6 载距突螺钉最大长度 在 PACS 中调整冠状面,使其平行于 AB 线(图1中过跟骰关节面内侧缘最凸点和外侧缘最凸点的直线),并经过载距突轴线,此时载距突轴线与双侧骨皮质交点的连线(JK)即为载距突螺钉的最大长度(图5)。

2.2 数据统计 采用 SPSS19.0 软件进行数据分析。男女之间跟骰关节横径、跟骰关节后斜角、载距突前后径、载距突上斜角、载距突上下径及载距突螺钉最大长度的组间比较均采用独立样本 *t* 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果

测量结果显示,男性的跟骰关节横径、载距突螺钉最大长度均大于女性;男性和女性的跟骰关节后斜角、载距突前后径、载距突上斜角、载距突上下径比较,组间差异均无统计学意义(表1)。载距突基部截面沿其轴线投射到跟骨外侧壁的区域为跟骨前部置入载距突螺钉的理想区域,其前缘为跟骰关节面、下缘为跟骨外侧壁下缘,面积 \approx 载距突上下径 \times 载距

突前后径(图6)。



J、K 分别为冠状位图像上载距突轴线与跟骨内外侧皮质的交点。

图5 载距突螺钉最大长度测量示意图

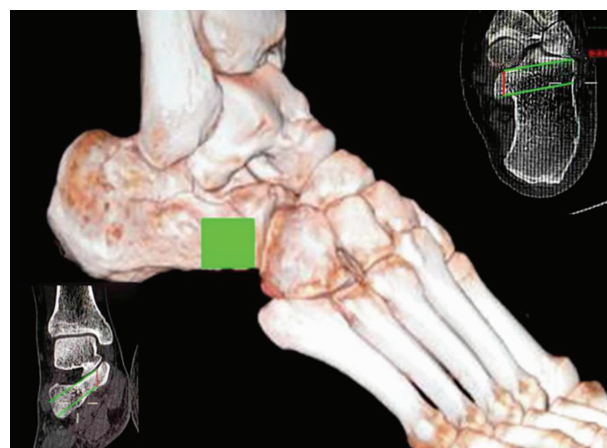


图6 载距突螺钉理想进钉区域示意图

4 讨论

跟骰关节下方有致密的压力骨小梁,在跟骨前部置钉固定时,要求螺钉紧贴软骨下骨 5 mm 内进钉以保证牢固固定,同时必须避免螺钉误入跟骰关节^[11-12]。由于腓骨长、短肌腱的遮挡,术中显示跟骰关节面较为困难。而跟骨的跟骰关节面为自前外斜向后内的弧形关节面^[13],术中如果垂直于跟骨外侧壁进钉,螺钉极有可能误入跟骰关节。从本研究的结

表1 跟骨跟骰关节及载距突解剖参数测量结果

性别	样本量/例	1)/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	2)/ ($\bar{x} \pm s$, °)	3)/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	4)/ ($\bar{x} \pm s$, °)	5)/ ($\bar{x} \pm s$, mm)	6)/ ($\bar{x} \pm s$, mm)
男	25	22.40 \pm 1.86	21.05 \pm 4.42	17.85 \pm 2.41	33.49 \pm 4.76	13.59 \pm 1.84	52.45 \pm 3.99
女	15	19.97 \pm 1.80	21.13 \pm 3.52	16.49 \pm 1.88	35.09 \pm 5.11	12.79 \pm 1.35	44.81 \pm 2.18
<i>t</i> 值		4.043	-0.060	1.865	-0.999	1.464	6.817
<i>P</i> 值		0.000	0.952	0.070	0.324	0.151	0.000

1)跟骰关节横径;2)跟骰关节后斜角;3)载距突前后径;4)载距突上斜角;5)载距突上下径;6)载距突螺钉最大长度。

果来看,跟骨前部置入螺钉时需根据跟骰关节后斜角调整进钉角度。

置入跟骨前部螺钉时,螺钉偏短会影响固定强度,过长则可能损伤跟骨内侧的血管、神经及肌腱组织^[14]。本研究中测得的跟骰关节横径相当于跟骨前突的宽度,它决定了跟骨前部螺钉的长度。从研究结果来看,跟骰关节横径在男女之间存在差异,因此术中选择跟骨前部螺钉时应考虑性别因素。

载距突内拥有致密的骨小梁,加上内侧的三角韧带和距下关节囊等稳定结构,使得载距突很少发生骨折^[15],即便发生骨折,也很少移位。因此,载距突为理想的跟骨骨折固定支点。梅炯等^[14,16-17]对载距突的解剖和临床意义做了深入研究,证实了载距突固定的可行性及优势。王冰等^[7]通过研究确定了自跟骨前部向载距突置钉的角度。跟骨跟骰关节面内侧与载距突基底部相延续。因此,自跟骨前部向载距突置钉时,除需考虑跟骰关节后斜角外,还需考虑载距突上斜角,即进钉时需在横断面向后倾斜一定角度(男: $21.05^{\circ} \pm 4.42^{\circ}$;女: $21.13^{\circ} \pm 3.52^{\circ}$),同时在冠状面向上倾斜一定角度(男: $33.49^{\circ} \pm 4.76^{\circ}$;女: $35.09^{\circ} \pm 5.11^{\circ}$)。从本研究结果来看,自跟骨前部向载距突置钉理想区域的长、宽分别为载距突的前后径和上下径,可容纳的螺钉数量有限。为确保载距突螺钉置钉准确,已有不少研究者发明了多种定位器械辅助置钉^[18-21],置钉效果也可通过载距突轴位 X 线检查评价^[22]。

从理论上讲,自跟骨外侧壁的任何一点都可以将螺钉打入载距突,但沿载距突轴线打入螺钉固定无疑是最牢固的。当然,沿载距突轴线固定所需的螺钉长度也是最长的。本研究中所测得的载距突螺钉最大长度即为自跟骨前部向载距突打入螺钉的极限长度。从测定结果来看,这一指标在男女之间存在差异,术中选择螺钉时应考虑性别因素。

本研究的结果显示,跟骨骨折内固定手术中在跟骨前部置入螺钉时,可通过在 CT 图像中测量跟骰关节后斜角和跟骰关节横径确定进钉角度和螺钉长度;自跟骨前部向载距突置入螺钉时,进钉点的理想区域为跟骨外侧壁前下方,进钉时需同时在横断面和冠状面调整进钉角度,沿载距突轴线置入螺钉时所需螺钉最长;男性患者的跟骨前部螺钉长度和载距突螺钉最大长度均大于女性患者。

参考文献

[1] EICHINGER M, BRUNNER A, STOFFERIN H, et al. Screw

tip augmentation leads to improved primary stability in the minimally invasive treatment of displaced intra-articular fractures of the calcaneus: a biomechanical study [J]. Int Orthop, 2019, 43(9): 2175-2181.

- [2] 徐启飞, 林岩然, 赵广辉. 跗骨窦入路切开复位微创解剖接骨板内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折的临床研究 [J]. 中医正骨, 2020, 32(10): 26-30.
- [3] 邓雄伟, 万治平, 胡和军. 3D 打印技术辅助经皮撬拨复位空心钉内固定治疗跟骨骨折 [J]. 中医正骨, 2020, 32(9): 12-17.
- [4] 张永发, 何武兵, 许志贤, 等. 跗骨窦入路锁定钢板内固定治疗跟骨骨折 [J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(10): 767-771.
- [5] 徐毅, 李海勋, 李智豪. 跗骨窦切口微创接骨板内固定治疗 Sanders II、III 型跟骨骨折 [J]. 中医正骨, 2016, 28(8): 41-43.
- [6] 王志杰, 丁自海, 钟世镇. 与跟骨骨折内固定相关的跟骰关节面的应用解剖 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2006, 24(6): 637-639.
- [7] 王冰, 李涛, 朱裕成, 等. 跟骨前部与载距突关系的解剖学研究及其临床意义 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2012, 30(2): 131-135.
- [8] 曾德妙, 蒋俊. 载距突在跟骨骨折手术治疗中的意义 [J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(11): 878-881.
- [9] 李多玉, 刘彬, 鹿亮, 等. 跟骨载距突螺钉固定治疗移位性关节内跟骨骨折的疗效 [J]. 安徽医学, 2020, 41(10): 1151-1154.
- [10] 王冰, 许兴柏, 史册, 等. 跟骰关节面的解剖测量与临床应用 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(8): 828-831.
- [11] 赵正琦, 顾振方, 李毅嵩, 等. 有移位跟骨关节内骨折的手术治疗与并发症分析 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2010, 25(2): 170-172.
- [12] LETOURNEL E. Open treatment of acute calcaneal fractures [J]. Clin Orthop Relat Res, 1993(290): 60-67.
- [13] 赖桂华, 俞鹏, 刘宏升, 等. 跟骨骨折内固定治疗的应用解剖研究 [J]. 泰山医学院学报, 2016, 37(8): 846-847.
- [14] 梅炯, 俞光荣, 朱辉, 等. 跟骨及其周围结构的临床解剖学研究 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2004, 22(1): 36-39.
- [15] LIN P P, ROE S, KAY M, et al. Placement of screws in the sustentaculum tali. A calcaneal fracture model [J]. Clin Orthop Relat Res, 1998(352): 194-201.
- [16] 王志杰, 邹云雯, 钟世镇, 等. 载距突的解剖学研究及其在跟骨关节内移位骨折手术中的应用 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2009, 11(2): 129-132.
- [17] 张鹏, 黄勇, 张增方, 等. 跟骨载距突与其外侧壁关系的测量 [J]. 青岛大学医学院学报, 2007, 43(6): 507-509.
- [18] 刘丙根, 庞清江, 余霄, 等. 跟骨载距突螺钉导向器基础与临床上的准确性评价 [J]. 中国临床解剖学杂志,

2015, 33(5): 523-526.

- [19] 王小平, 胡世铨, 陈路遥, 等. 载距突螺钉导向器在跟骨载距突螺钉置钉中的应用[J]. 中国骨与关节外科, 2014, 7(6): 514-518.
- [20] 刘金伟, 朱朝晖, 张增方, 等. 跟骨内侧定位载距突螺钉导向器的研制与初步评价[J]. 中国临床解剖学杂志, 2019, 37(6): 691-696.

- [21] 郭宗慧, 余霄, 杨长春, 等. 新型跟骨载距突螺钉导向器的解剖学设计及在跟骨关节内骨折中的应用[J]. 中国现代医生, 2018, 56(4): 20-24.
- [22] 王冰, 朱爱祥, 朱裕成, 等. 载距突轴向 X 线投照的影像解剖学研究[J]. 中华解剖与临床杂志, 2018, 23(1): 14-20.

(收稿日期: 2020-12-07 本文编辑: 李晓乐)

(上接第 18 页)

- [5] LATOURTE A, KLOPPENBURG M, RICHETTE P. Emerging pharmaceutical therapies for osteoarthritis[J]. Nat Rev Rheumatol, 2020, 16(12): 673-688.
- [6] 韩小飞, 马运锋, 郑昊. 邓素玲教授治疗膝骨关节炎的经验[J]. 中医正骨, 2020, 32(4): 75-77.
- [7] 李言杰, 孙振双, 蔡西国, 等. 膝骨关节炎中医证素与膝关节疼痛及软骨损伤的关系研究[J]. 中医正骨, 2020, 32(9): 9-11.
- [8] WANG Y D, FAN X H, XING L, et al. Wnt signaling: a promising target for osteoarthritis therapy[J]. Cell Commun Signal, 2019, 17(1): 97.
- [9] XI Y, HUANG X J, TAN G M, et al. Protective effects of Erdosteine on interleukin-1 beta-stimulated inflammation via inhibiting the activation of MAPK, NF-kappa B, and Wnt/beta-catenin signaling pathways in rat osteoarthritis[J]. Eur J Pharmacol, 2020, 873: 172925.
- [10] VINCENT T L. Of mice and men: converging on a common molecular understanding of osteoarthritis[J]. Lancet Rheumatol, 2020, 2(10): e633-e645.
- [11] TANG H B, YAN M, LI H D, et al. Dynamic detection of non-protein-bound strychnine and brucine in rabbit muscle and synovial fluid after topical application of total Strychnos alkaloid patches[J]. Drug Test Anal, 2014, 6(4): 357-362.
- [12] LV M M, ZHANG M Y, CHENG Y Z, et al. Renoprotective effects of total glucosides from paeony against nephrotoxicity induced by total alkaloids from semen strychni[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2017[2020-10-12]. <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2017/8256278/>.
- [13] VAN DER SLUIJS J A, GEESINK R G, VAN DER LINDEN A J, et al. The reliability of the Mankin score for osteoarthritis[J]. J Orthop Res, 1992, 10(1): 58-61.
- [14] MIANEHSAZ E, MIRZAEI H R, MAHJOUBIN-TEHRAN M, et al. Mesenchymal stem cell-derived exosomes: a new therapeutic approach to osteoarthritis? [J]. Stem Cell Res Ther, 2019, 10(1): 340.
- [15] VAN SPIL W E, KUBASSOVA O, BOESEN M, et al. Osteoarthritis phenotypes and novel therapeutic targets[J]. Biochem Pharmacol, 2019, 165: 41-48.

- [16] BOER C G, RADJABZADEH D, MEDINA-GOMEZ C, et al. Intestinal microbiome composition and its relation to joint pain and inflammation[J]. Nat Commun, 2019, 10(1): 4881.
- [17] GIORDANO R, PETERSEN K K, ANDERSEN H H, et al. Serum inflammatory markers in patients with knee osteoarthritis: a proteomic approach[J]. Clin J Pain, 2020, 36(4): 229-237.
- [18] XIE J W, HUANG Z Y, YU X J, et al. Clinical implications of macrophage dysfunction in the development of osteoarthritis of the knee[J]. Cytokine Growth Factor Rev, 2019, 46: 36-44.
- [19] 罗淦, 汤样华, 康仪, 等. 骨关节炎相关信号通路的研究进展[J]. 中医正骨, 2019, 31(5): 31-37.
- [20] SUN L J, CHEN Y, HOU C Z, et al. Neuroprotective effect of total glycosides from paeonies against neurotoxicity induced by strychnos alkaloids related to recovering the levels of neurotransmitters and neuroendocrine hormones in rat serum and brain[J]. Rsc Advances, 2018, 8(51): 29210-29219.
- [21] FAVERO M, BELLUZZI E, TRISOLINO G, et al. Inflammatory molecules produced by meniscus and synovium in early and end-stage osteoarthritis: a coculture study[J]. J Cell Physiol, 2019, 234(7): 11176-11187.
- [22] TU C, HUANG X J, XIAO Y F, et al. Schisandrin A inhibits the IL-1 beta-induced inflammation and cartilage degradation via suppression of MAPK and NF-kappa B signal pathways in rat chondrocytes[J]. Front Pharmacol, 2019, 10: 41.
- [23] HARADEN C A, HUEBNER J L, HSUEH M F, et al. Synovial fluid biomarkers associated with osteoarthritis severity reflect macrophage and neutrophil related inflammation[J]. Arthritis Res Ther, 2019, 21(1): 146.
- [24] TABEIAN H, BETTI B F, CIRQUEIRA C D S, et al. IL-1 damages fibrocartilage and upregulates MMP-13 expression in fibrochondrocytes in the condyle of the temporomandibular joint[J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(9): 2260.
- [25] ALCARAZ M J, GUILLÉN M I, FERRÁNDIZ M L. Emerging therapeutic agents in osteoarthritis[J]. Biochem Pharmacol, 2019, 165: 4-16.

(收稿日期: 2020-12-11 本文编辑: 吕宁)