

膝动脉栓塞术在膝骨关节炎治疗中的应用进展

鲍剑航, 高文硕, 许锦超, 潘浩

(浙江中医药大学附属杭州市中医院, 浙江 杭州 310007)

摘要 膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是临床上常见的一种慢性退行性骨关节疾病,其最主要的临床表现是膝关节疼痛。目前, KOA 在临床上尚无根治办法,其治疗以控制膝关节疼痛、延缓疾病进展为主要目的。对于轻中度 KOA, 目前临床上常采用口服非甾体抗炎药、氨基葡萄糖及关节腔内注射透明质酸钠等治疗,但其疗效不甚理想。膝动脉栓塞术(genicular artery embolization, GAE)具有创伤小、精准度高、起效快等优点,可以有效缓解膝关节疼痛。目前,该技术在 KOA 治疗中的应用潜力已得到了众多学者的关注。本文概述了 GAE,介绍了 GAE 的适应证与禁忌证,重点阐述了 GAE 治疗 KOA 的机制、GAE 所用栓塞剂的选择、GAE 治疗 KOA 的临床应用及 GAE 术后常见的并发症,为非手术治疗无效的 KOA 疼痛患者提供了新的治疗选择。

关键词 骨关节炎;膝;栓塞;治疗性;疼痛;综述

膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)是临床上常见的一种慢性退行性骨关节疾病。我国 60 岁以上老年人中症状性 KOA 的患病率为 8.1%,且有不断升高的趋势^[1]。膝关节疼痛是 KOA 最主要的临床表现,也是患者就医的首要原因。膝关节疼痛不仅限制了患者的日常生活,还对患者的身心健康造成负面影响,同时也给社会 and 患者家庭带来巨大的经济负担,因此有效地对 KOA 患者进行疼痛管理至关重要。对于轻中度 KOA, 目前临床上常采用口服非甾体抗炎药、氨基葡萄糖及关节腔内注射透明质酸钠等治疗^[2]。然而,长期口服非甾体抗炎药临床疗效不佳,且易出现胃肠道不良反应、肾脏损害等并发症^[3]。口服氨基葡萄糖和关节腔内注射玻璃酸钠虽然也能在一定程度上缓解症状,但收效甚微^[4-5]。膝关节置换术是治疗终末期 KOA 的一种非常有效的治疗手段^[6],但并不适用于轻中度 KOA 和年纪尚轻的患者,因此对此类患者进行疼痛管理还需寻找新的治疗思路及方法。Okuno 等^[7]首次报道采用经导管动脉栓塞术(transcatheter arterial embolization, TAE)选择性栓塞膝关节动脉治疗轻中度 KOA,取得了满意的临床疗效,并将此术称为膝动脉栓塞术(genicular artery embolization, GAE)。目前,该技术在 KOA 治疗中的应用潜力得到了众多学者的关注。本文就 GAE 在 KOA 治疗中的应用进展进行了综述,以期能为非手术治疗无效的 KOA 疼痛患者提供新的治疗选择。

1 GAE 的概述

在过去的几十年里, TAE 技术多被用于恶性肿瘤和局部损伤出血的治疗中,如切断肝肿瘤血供抑制肿瘤生长^[8], 栓塞破裂的血管治疗急性胃出血、肾出血、肠系膜出血、膝关节置换术后膝动脉出血等,阻断血流是该技术最为关键的目的^[9-11]。通过栓塞血管治疗关节炎性疾病是 TAE 的新运用。Okuno 等^[7,12-14]将该技术应用于肩、肘、踝关节肌腱炎及 KOA 的治疗,并取得了满意的疗效。与传统的 TAE 不同, GAE 在 KOA 治疗中的应用目的不再是单纯阻塞血流,而是在保持骨骼、肌肉血液供应的同时,精准栓塞局部异常增生的血管,以减轻局部炎症反应,其栓塞终点是靶血管周围增生的小血管。因此,准确地说, GAE 是一种“修剪”而不是“阻塞”。GAE 可选择的靶血管包括膝降动脉、膝上下内侧动脉、膝上下外侧动脉、膝正中动脉以及胫前返动脉^[15]。GAE 在超声引导下建立动脉通路,并进行选择性动脉血管造影,确认目标血管与疼痛位置一致后注入栓塞剂,栓塞疼痛部位异常增生的血管。

2 GAE 的适应证与禁忌证

在 KOA 治疗中运用 GAE 的适应证包括:①骨关节炎 Kellgren - Lawrence 影像学分级为 I 级、II 级、III 级,采用非手术治疗效果不佳;②膝关节疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分 ≥ 5 分。禁忌证包括:①骨关节炎 Kellgren - Lawrence 影像学分级为 IV 级;②合并膝关节周围软组织损伤;③合并膝关节局部感染;④合并动脉粥样硬化;⑤对造影剂、栓

塞剂过敏。

3 GAE 治疗 KOA 的机制

3.1 慢性炎症与血管增生 应用 GAE 治疗 KOA 是基于 KOA 的病理特征而提出的。早期 KOA 常伴随着膝关节滑膜组织内血管的异常增生^[16],其发生的主要原因可能为:①巨噬细胞浸润增加。随着慢性滑膜炎的发展,巨噬细胞浸润增加,这些细胞产生促血管生成因子,如血管内皮生长因子,从而刺激血管生成^[17]。②软骨对血管生成的抵抗能力降低。正常的膝关节软骨可以产生抗血管生成因子以保持软骨的无血管状态;然而,当 KOA 发生时,随着破骨细胞活性的增加,软骨下骨与软骨之间形成通道,该通道可穿过潮线进入正常的、无血管的非钙化软骨区域,此时位于软骨浅层的抗血管生长因子并不能阻止骨-软骨交界处的血管生成,血管便沿着骨-软骨通道生长^[18]。

3.2 血管增生与神经伴行 血管与神经的生长是相互作用的,血管细胞产生神经生长调节因子调节神经的生长,同时血管周围神经可通过神经肽刺激血管内皮细胞的增殖、迁移,促进血管的生长^[19]。当 KOA 发生后,细小的无髓感觉神经在血管生成的后期沿着增生的血管生长^[20],当原本无血管和神经支配区域出现了血管的增生和神经的伴行,这些神经就极有可能暴露于化学和机械应力的刺激之下而产生疼痛^[21]。因此,血管增生及神经伴行是导致 KOA 慢性疼痛的重要原因。因此,消除关节炎症、抑制血管生长、减少血管增生与神经支配被认为是减轻关节疼痛、延缓疾病进展的有效方式^[22-23]。Li 等^[24]的研究结果显示,采用直接作用于血管细胞的血管生成抑制剂,可有效减少动物疼痛时的行为表现。然而,在实际临床应用中血管生成抑制剂效果并不明显,有一定局限性。而 GAE 技术通过局部血管造影,精准的“剪除”异常增生的小血管,可达到抑制炎症、缓解疼痛的目的^[25]。

4 GAE 所用栓塞剂的选择

目前临床上最常用的栓塞剂有:①亚胺培南西司他丁钠(imipenem and cilastatin sodium, IPMCS)。IPMCS 是一种抗生素晶体混合物,当其与碘化造影剂混合时可形成直径为 10~70 μm 的颗粒^[26],从而产生瞬时的栓塞效果。其作为一种非永久性的栓塞剂,优点是无需担心栓塞物质永久残留于组织中,不会因

异物而产生不必要的免疫反应^[27],然而对 IPMCS 过敏者不宜选用其作为栓塞剂。②微球颗粒栓塞剂。微球常作为替代 IPMCS 的栓塞剂,用于 IPMCS 过敏或正在服用丙戊酸的患者。临床上应用的微球颗粒直径为 75~300 μm ,其优点在于可以被精细校准以确保靶向栓塞更精确^[28]。但与 IPMCS 不同的是,其是一种永久性的栓塞剂。除上述 2 种栓塞剂外,临床上还有聚乙烯醇(polyvinyl alcohol, PVA)颗粒栓塞剂、明胶海绵(absorbable gelatin sponge, AGS)颗粒栓塞剂等,其中 PVA 颗粒是一种形状不规则的不可吸收微粒,而 AGS 颗粒可在 4~12 周降解^[29]。目前何种栓塞剂更适用于轻中度 KOA 的治疗,学术界尚无定论。

5 GAE 治疗 KOA 的临床应用

Okuno 等^[7]报道,采用 GAE 治疗轻中度 KOA 患者 14 例,随访结果显示,西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎(Western Ontario and McMaster University osteoarthritis index, WOMAC)指数评分由术前(12.2 ± 1.9)分降至术后 1 个月(3.3 ± 2.1)分、术后 4 个月(1.7 ± 2.2)分,并首次证明 GAE 是安全有效的。Okuno 等^[27]的研究结果显示,采用 GAE 治疗轻中度 KOA 后有部分患者在疼痛缓解后出现复发的情况,且中度 KOA 患者的临床成功率略低于轻度 KOA 患者。这提示了 GAE 对于不同程度 KOA 患者,其疗效不同。Lee 等^[30]的研究结果显示,轻中度 KOA 患者经 GAE 治疗后,膝关节疼痛明显减轻,且可维持(10 ± 3)个月。Landers 等^[31]采用 GAE 治疗 10 例 KOA 患者,结果显示仅 3 例患者术后 2 年时膝关节疼痛明显缓解,且 6 例患者进行了二次 GAE 手术;认为 GAE 早期疗效显著,但长期疗效欠佳。患者自身存在的危险因素,如高龄、女性、体质量指数过高、运动损伤等都会影响 GAE 疗效的维持。因此,GAE 治疗轻中度 KOA 的疗效持续时间仍有待进一步研究确认。

由于骨源性疼痛在重度 KOA 中扮演着重要的角色,故重度 KOA 患者不适合采用 GAE 治疗。因此,在选择 GAE 适应人群时,除参考膝关节 X 线检查结果与骨关节炎 Kellgren-Lawrence 影像分级之外,还应将 MRI 检查结果纳入评估之中,如 MRI 显示膝关节存在明显软组织及骨损伤者不应采用 GAE 治疗^[32]。

大部分学者^[7,15,27,30-31]报道,采用 GAE 治疗 KOA 后,其手术成功率为 100%。然而在 GAE 的实

际临床应用中也存在技术上失败的案例。Little 等^[33]采用 GAE 治疗 38 例轻中度 KOA 患者,结果显示有 6 例未能成功栓塞,其中 2 例因未发现与疼痛部位相一致的异常染色情况而未进行栓塞、4 例因非靶点栓塞而宣告手术失败;在 4 例非靶点栓塞的病例中,1 例因存在大量皮肤血供而未能成功栓塞,3 例因靶动脉和腘动脉之间存在吻合交通,大量的逆行血流进入腘动脉而导致非靶点栓塞。非靶点栓塞不仅可导致 GAE 的失败,同时也是引起 GAE 术后并发症发生的重要原因。因此,术前充分了解血管之间的吻合,术中明确栓塞的终点而避免返流,以及术者丰富的微导管操作经验,对于安全开展 GAE 手术来说是必不可少的。

6 GAE 术后常见的并发症

6.1 皮肤颜色改变 局部皮肤颜色改变是 GAE 术后最常见的并发症。Casadaban 等^[34]报道,GAE 术后局部皮肤颜色的改变,可不作特殊处理,一般在 3 周内能自行消退。GAE 术后局部皮肤颜色会改变,考虑是由于栓塞颗粒阻塞了小的皮肤动脉分支所致。为降低其发生率,术者应注意选择性放置微导管,并尽可能地避免返流。此外, Little 等^[33]提出,在注射栓塞剂前对栓塞区域相对应的皮肤表面进行冰敷,降低局部温度引起的短暂血管收缩,可最大限度避免对皮肤动脉分支的非靶向栓塞。

6.2 血管损伤 尽管股动脉管径粗、穿刺难度低、易操作,但如果患者凝血功能异常、术中穿刺次数过多、术后压迫止血不当或患肢过早活动,常可导致血管损伤,从而引起大腿或腹股沟处出血或血肿形成^[35]。皮下血肿形成是目前 GAE 术中最常见的血管损伤并发症,但鲜有其他血管损伤相关并发症的报道。除局部血肿以外,还可能出现更为严重的并发症,如股动脉假性动脉瘤、动静脉瘘形成。假性动脉瘤常可压迫周围组织结构引起组织坏死,甚至破裂出血^[36]。而动静脉瘘的发生则有栓塞剂流入静脉,并随着循环进入肺部,引起肺栓塞的风险^[9]。因此,不论是假性动脉瘤还是动静脉瘘都必须及时处理,才可避免上述情况的发生。

6.3 感觉异常 Bagla 等^[15]报道了 2 例 KOA 患者在采用 GAE(以直径 75 μm 微球作为栓塞剂)治疗后出现足底麻木感,在给予加巴喷丁口服 2 周后,足底麻木感消失;认为其发生可能与神经血供的非靶点栓塞

以及栓塞剂颗粒的大小有关,选用更大颗粒的栓塞剂可以减少颗粒向远端分支的移动,从而避免过多的非靶点栓塞。

6.4 术中诱发疼痛 术中对靶血管注射造影剂或栓塞剂时,患者靶区域会出现疼痛、发热、瘙痒的感觉。在一项 GAE 治疗小腿截肢术后幻肢痛的研究中,同样报道了这一现象^[37]。Okuno 等^[27]将这一现象定义为“诱发疼痛”,并认为疼痛会在注射造影剂或栓塞剂后消失,一般无需特殊处理。

7 小结

GAE 针对 KOA 的病理特点,通过导管穿刺直接将栓塞剂注入局部靶点,栓塞疼痛部位异常增生的血管,抑制局部炎症反应,从而缓解膝关节疼痛。该手术具有创伤小、精准度高、起效快的优点,可为非手术治疗无效的 KOA 疼痛患者提供新的治疗选择。然而,目前有关 GAE 治疗 KOA 的文献较少,且大多为回顾性研究,缺乏高质量的前瞻性随机对照研究。对于 GAE 治疗 KOA 的安全性及远期疗效,尚需开展进一步的研究来验证。相信随着相关技术的进步,GAE 必将得到越来越多的关注;而对 GAE 进行更加全面、深入的研究,也必将使更多的 KOA 患者受益。

参考文献

- [1] TANG X, WANG S, ZHAN S, et al. The prevalence of symptomatic knee osteoarthritis in China: results from the china health and retirement longitudinal study[J]. Arthritis Rheumatol, 2016, 68(3): 648-653.
- [2] 中华医学会骨科学分会关节外科学组. 中国骨关节炎疼痛管理临床实践指南(2020 年版)[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 469-476.
- [3] SAWITZKE A D, SHI H, FINCO M F, et al. Clinical efficacy and safety of glucosamine, chondroitinsulphate, their combination, celecoxib or placebo taken to treat osteoarthritis of the knee: 2-year results from GAIT[J]. Ann Rheum Dis, 2010, 69(8): 1459-1464.
- [4] CLEGG D O, REDA D J, HARRIS C L, et al. Glucosamine, chondroitinsulfate, and the two in combination for painful knee osteoarthritis[J]. N Engl J Med, 2006, 354(8): 795-808.
- [5] HUNTER D J. Viscosupplementation for osteoarthritis of the knee[J]. N Engl J Med, 2015, 372(11): 1040-1047.
- [6] CHARLESWORTH J, FITZPATRICK J, PERERA N K P, et al. Osteoarthritis - a systematic review of long-term safety implications for osteoarthritis of the knee[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2019, 20(1): 151.

- [7] OKUNO Y, KORCHI A M, SHINJO T, et al. Transcatheter arterial embolization as a treatment for medial knee pain in patients with mild to moderate osteoarthritis[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2015, 38(2):336–343.
- [8] NAKATA K, KHAN K N, NAGATAKI S L. Transcatheter arterial embolization of hepatic neoplasms[J]. Crit Rev Oncol Hematol, 1992, 13(2):93–105.
- [9] WANG H L, XUC Y, WANG H H, et al. Emergency Transcatheter Arterial Embolization for Acute Renal Hemorrhage[J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94(42):e1667.
- [10] SHIN J S, SHIN J H, KO H K, et al. Transcatheter arterial embolization for traumatic mesenteric bleeding: a 15-year, single-center experience[J]. Diagn Interv Radiol, 2016, 22(4):385–389.
- [11] BARRIENTOS C, BARAHONA M, CERMENATI T, et al. Successful selective embolization for recurrent hemarthrosis after knee arthroplasty [J/OL]. Case Rep Orthop, 2019 [2021-07-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31885988/>.
- [12] OKUNO Y, OGURO S, IWAMOTO W, et al. Short-term results of transcatheter arterial embolization for abnormal neovessels in patients with adhesive capsulitis: a pilot study[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2014, 23(9):e199–206.
- [13] OKUNO Y, MATSUMURA N, OGURO S. Transcatheter arterial embolization using imipenem/cilastatin sodium for tendinopathy and enthesopathy refractory to nonsurgical management[J]. J Vasc Radiol, 2013, 24(6):787–792.
- [14] IWAMOTO W, OKUNO Y, MATSUMURA N, et al. Transcatheter arterial embolization of abnormal vessels as a treatment for lateral epicondylitis refractory to conservative treatment: a pilot study with a 2-year follow-up[J]. J Shoulder Elbow Surg, 2017, 26(8):1335–1341.
- [15] BAGLA S, PIECHOWIAK R, HARTMAN T, et al. Genicular artery embolization for the treatment of knee pain secondary to osteoarthritis[J]. J Vasc Interv Radiol, 2020, 31(7):1096–1102.
- [16] KORCHI A M, CENGARLE – SAMAK A, OKUNO Y, et al. Inflammation and hypervascularization in a large animal model of knee osteoarthritis: imaging with pathohistologic correlation[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30(7):1116–1127.
- [17] HAYWOOD L, MCWILLIAMS D F, PEARSON C I, et al. Inflammation and angiogenesis in osteoarthritis[J]. Arthritis Rheum, 2003, 48(8):2173–2177.
- [18] FRANCES R E, MCWILLIAMS D F, MAPP P I, et al. Osteochondral angiogenesis and increased protease inhibitor expression in OA [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2010, 18(4):563–571.
- [19] MAPP P I, WALSH D A. Mechanisms and targets of angiogenesis and nerve growth in osteoarthritis[J]. Nat Rev Rheumatol, 2012, 8(7):390–398.
- [20] WALSH D A, MCWILLIAMS D F, TURLEY M J, et al. Angiogenesis and nerve growth factor at the osteochondral junction in rheumatoid arthritis and osteoarthritis[J]. Rheumatology (Oxford), 2010, 49(10):1852–1861.
- [21] ASHRAF S, WIBBERLEY H, MAPP P I, et al. Increased vascular penetration and nerve growth in the meniscus: a potential source of pain in osteoarthritis, Ann Rheum Dis[J]. 2011, 70(3):523–529.
- [22] LAINER D, BRAHN E. Angiogenesis inhibition as a therapeutic approach for inflammatory synovitis[J]. Nat Clin Pract Rheumatol, 2007, 3(8):434–442.
- [23] BALLARA S C, MIOTLA J M, PALEOLOG E M. New vessels, new approaches: angiogenesis as a therapeutic target in musculoskeletal disorders[J]. Int J Exp Pathol, 1999, 80(5):235–250.
- [24] LI W, LIN J, WANG Z, et al. Bevacizumab tested for treatment of knee osteoarthritis via inhibition of synovial vascular hyperplasia in rabbits[J]. J Orthop Translat, 2019, 19:38–46.
- [25] URBANO J. Genicular artery embolisation for knee osteoarthritis pain relief: in the way for the evidence[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021, 44(6):941–942.
- [26] WOODHAMS R, NISHIMAKI H, OGASAWARA G, et al. Imipenem/cilastatin sodium (IPM/CS) as an embolic agent for transcatheter arterial embolisation: a preliminary clinical study of gastrointestinal bleeding from neoplasms[J]. Springerplus, 2013, 2:344.
- [27] OKUNO Y, KORCHI A M, SHINJO T, et al. Midterm clinical outcomes and MR imaging changes after transcatheter arterial embolization as a treatment for mild to moderate radiographic knee osteoarthritis resistant to conservative treatment[J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28(7):995–1002.
- [28] LOFFROY R, GUIU B, CERCUEIL J P, et al. Endovascular therapeutic embolisation: an overview of occluding agents and their effects on embolised tissues[J]. Curr Vasc Pharmacol, 2009, 7(2):250–263.
- [29] TORKIAN P, GOLZARIAN J, CHALIAN M, et al. Osteoarthritis-related knee pain treated with genicular artery embolization: a systematic review and meta-analysis[J]. Orthop J Sports Med, 2021, 9(7):232–235.

- channels mediate the mechanosensing of chondrocytes to the biomechanical microenvironment [J]. *Membranes* (Basel), 2022, 12(2): 237.
- [38] XIAO W F, LI Y S, DENG A, et al. Functional role of hedgehog pathway in osteoarthritis [J]. *Cell Biochem Funct*, 2020, 38(2): 122 – 129.
- [39] ALI S A, AL – JAZRAWI M, MA H, et al. Regulation of cholesterol homeostasis by hedgehog signaling in osteoarthritic cartilage [J]. *Arthritis Rheumatol*, 2016, 68(1): 127 – 137.
- [40] XIAO W F, LI Y S, DENG A, et al. Functional role of hedgehog pathway in osteoarthritis [J]. *Cell Biochem Funct*, 2020, 38(2): 122 – 129.
- [41] 常亮, 秦江辉, 史冬泉, 等. 骨关节炎与软骨下骨研究进展 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(10): 827 – 832.
- [42] PELLETIER J P, BOILEAU C, BRUNET J, et al. The inhibition of subchondral bone resorption in the early phase of experimental dog osteoarthritis by licofelone is associated with a reduction in the synthesis of MMP – 13 and cathepsin K [J]. *Bone*, 2004, 34(3): 527 – 538.
- [43] BETTICA P, CLINE G, HART D J, et al. Evidence for increased bone resorption in patients with progressive knee osteoarthritis; longitudinal results from the Chingford study [J]. *Arthritis Rheum*, 2002, 46(12): 3178 – 3184.
- [44] HÜGLE T, GEURTS J. What drives osteoarthritis? – Synovial versus subchondral bone pathology [J]. *Rheumatology* (Oxford), 2017, 56(9): 1461 – 1471.
- [45] DAY J S, DING M, VAN DER LINDEN J C, et al. A decreased subchondral trabecular bone tissue elastic modulus is associated with pre – arthritic cartilage damage [J]. *J Orthop Res*, 2001, 19(5): 914 – 918.
- [46] CABAUGH – ZUCKERMAN P, FRIKHA – BENAYED D, MAJESKA R J, et al. Osteocyte apoptosis caused by hind-limb unloading is required to trigger osteocyte RANKL production and subsequent resorption of cortical and trabecular bone in mice femurs [J]. *J Bone Miner Res*, 2016, 31(7): 1356 – 1365.
- [47] PLOTKIN L I, GORTAZAR A R, DAVIS H M, et al. Inhibition of osteocyte apoptosis prevents the increase in osteocytic receptor activator of nuclear factor κ B ligand (RANKL) but does not stop bone resorption or the loss of bone induced by unloading [J]. *J Biol Chem*, 2015, 290(31): 18934 – 18942.
- [48] DAI G, XIAO H, LIAO J, et al. Osteocyte TGF β 1 Smad2/3 is positively associated with bone turnover parameters in subchondral bone of advanced osteoarthritis [J]. *Int J Mol Med*, 2020, 46(1): 167 – 178.
- [49] 任科伟. 周期性机械应力促进大鼠软骨细胞增殖和细胞外基质合成的机制研究 [D]. 南京: 南京医科大学, 2012.

(收稿日期: 2022-01-06 本文编辑: 杨雅)

(上接第 52 页)

- [30] LEE S H, HWANG J H, KIM D H, et al. Clinical outcomes of transcatheter arterial embolisation for chronic knee pain: mild – to – moderate versus severe knee osteoarthritis [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2019, 42(11): 1530 – 1536.
- [31] LANDERS S, HELY R, PAGE R, et al. Genicular artery embolization to improve pain and function in early – stage knee osteoarthritis – 24 – month pilot study results [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2020, 31(9): 1453 – 1458.
- [32] CHOI J W, RO D H, CHAE H D, et al. The value of preprocedural mr imaging in genicular artery embolization for patients with osteoarthritic knee pain [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2020, 31(12): 2043 – 2050.
- [33] LITTLE M W, GIBSON M, BRIGGS J, et al. Genicular artery embolization in patients with osteoarthritis of the knee (GENESIS) using permanent microspheres; interim analysis [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2021, 44(6): 931 – 940.
- [34] CASADABAN L C, MANDELL J C, EPELBOYM Y. Genicular artery embolization for osteoarthritis related knee pain: a systematic review and qualitative analysis of clinical outcomes [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2021, 44(1): 1 – 9.
- [35] FELDMAN R. Precise location of ideal common femoral artery puncture site [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2014, 7(2): 229.
- [36] SANTOS M B, SILVA S, BETTENCOURT V, et al. Ultrasound – guided thrombin – gelatin injection is effective for the treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysms: initial results [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013, 81(2): 303 – 307.
- [37] SHIBUYA M, YAMAMOTO M, OKUNO Y. Effect of transcatheter arterial microembolization on phantom limb pain persisting for 17 years [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2019, 42(3): 471 – 474.

(收稿日期: 2021-08-26 本文编辑: 时红磊)