

编者按：

本期出版的两篇探讨经导管栓塞技术在慢性疼痛管理中应用的综述文章。这些研究不仅提供了新的见解,还突显了这一领域的快速进展和临床潜力。

张昊和靳勇的综述《经导管动脉栓塞术治疗膝骨关节炎临床应用及进展》为膝骨关节炎(KOA)治疗提供了新视角。KOA 是全球主要致残原因之一,对患者和社会构成重大负担。文章深入探讨了膝动脉栓塞术(genicular artery embolization,GAE)的机制、技术细节、临床效果及潜在并发症,强调了 GAE 在改善难治性 KOA 患者症状方面的巨大潜力,并为 GAE 在中国的推广提供了科学依据。

谭杰及其同事的研究《经导管栓塞在慢性肌肉骨骼疼痛中的应用现状》扩展了我们对经导管栓塞术(TCE)在治疗慢性肌肉骨骼疼痛(CMP)中应用的理解。文章综述了 TCE 治疗 CMP 的基本原理、操作技术及最新临床证据,指出国内外在这一领域的研究仍不足,需要更多高质量临床研究。

这两篇文章为患者提供了新的治疗方法,为临床医生提供了新的治疗策略,为研究人员指明了未来研究方向。GAE 和 TCE 技术在治疗特定慢性疼痛方面显示出希望,但也面临挑战和限制,如长期效果评估、潜在风险监控及患者群体适用性。这两篇文章探索经导管栓塞术在慢性骨关节病治疗中的前景与挑战,我们期待读者从中获得宝贵知识和启发,并在未来的研究和临床实践中加以应用,为慢性疼痛治疗带来新的希望,提升患者的生活质量。

• 综 述 General review •**经导管动脉栓塞术治疗膝骨关节炎临床应用及进展**

张 昊, 靳 勇

【摘要】 全球范围内,膝骨关节炎(knee osteoarthritis,KOA)正折磨着数百万患者,其不仅带来剧烈的疼痛,还严重降低了患者的生活质量。特别是在 65 岁以上的膝痛患者群体中,KOA 的患病率更是超过 50%。近年来,膝动脉栓塞术(genicular artery embolization,GAE)作为一种创新治疗手段,展现出了其在治疗 KOA 方面的巨大潜力。该技术通过抑制关节内的异常新生血管生成和神经生长,有效改善了患者的疼痛症状和下肢功能障碍。随着临床应用的逐渐推广,GAE 为 KOA 患者提供了一种新的治疗选择。该文综述了 GAE 在 KOA 治疗中的应用,包括其治疗原理、手术操作方式、栓塞剂的选择、临床疗效评估以及可能的并发症情况,旨在为该技术在我国的进一步开展和普及提供科学依据和参考。

【关键词】 膝动脉栓塞术;膝骨关节炎;疼痛缓解

中图分类号:R658.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2025)-002-0206-07

Clinical application of transcatheter arterial embolization for knee osteoarthritis and its recent advance

ZHANG Hao, JIN Yong. Department of Interventional Radiology, Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou, Jiangsu Province 215004, China

Corresponding author: JIN Yong, E-mail: jinyong@suda.edu.cn

【Abstract】 Knee osteoarthritis (KOA) has been afflicting millions of patients around the world. KOA not only brings severe pain to patients, but also seriously reduces the quality of life of patients. In particular, in the population of knee pain patients over 65 years of age, the prevalence of KOA is more than 50%. In recent years, genicular artery embolization (GAE), as an innovative therapeutic means, has shown great potential for the treatment of KOA. Through inhibiting abnormal neoangiogenesis and nerve

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2025.02.017

作者单位: 215004 江苏苏州 苏州大学附属第二医院介入治疗科

通信作者: 靳 勇 E-mail: jinyong@suda.edu.cn

growth in the diseased joint, GAE can effectively alleviate pain symptoms and improve lower limb dysfunction. With its gradual extension in clinical application, GAE provides a new treatment option for patients with KOA. This article aims to make a comprehensive review about the application of GAE in the treatment of KOA, focusing on its therapeutic principle, operative procedure, selection of embolization agent, evaluation of clinical therapeutic effect, and possible complications, expecting that this technology of GAE can be further developed and popularized in China, and provide scientific basis and reference for clinical practice.

【Key words】 genicular artery embolization; knee osteoarthritis; pain relief

骨关节炎(osteoarthritis, OA)是一种以慢性炎症为特征的退行性关节疾病,是疼痛和残疾的五大常见原因之一^[1-2]。近年来,OA 的患病率逐渐升高,疼痛和功能限制(僵硬、功能障碍等)给患者带来了一定的经济负担,严重影响其生活质量^[3-4]。最近研究表明,人群一生中罹患症状性膝骨关节炎(knee osteoarthritis, KOA)的风险为 45%^[5]。在 65 岁以上的膝痛人群中超过一半为 KOA 患者,而在 75 岁以上膝痛患者群体中 KOA 的患病率超过 80%^[6]。

KOA 的治疗方法多样:轻度 KOA 通常采用保守治疗,包括运动治疗、减重、口服或外用对乙酰氨基酚或非甾体抗炎药等;中度 KOA 的治疗方式包括关节腔内注射糖皮质激素或透明质酸以及关节镜清理术等^[7];对于严重和末期的 KOA 可以采用全膝关节置换术(total knee arthroplasty, TKA)治疗^[8]。在保守治疗方面,虽然有各种药物和非药物方法治疗 KOA,但这些保守措施在减轻疼痛方面常常疗效不佳,且无法逆转疾病进程^[9]。因此,亟须寻找一种有效、安全且微创的治疗 KOA 新方法。

1 膝动脉栓塞术(genicular artery embolization, GAE)概述及原理

GAE 是一种新型的微创介入手术,适用于经保守治疗无效但不适合或不愿接受 TKA 治疗的症状性 KOA 患者,该术式率先由 Okuno 提出,并通过

一系列临床实验证明,GAE 可有效缓解经保守治疗无效的轻中度 KOA 患者的疼痛^[10-11]。该手术是在 DSA 下找到与疼痛部位相对应的异常增生血管(通常表现为充血性染色或早期静脉引流),在选择性导管插管后注入栓塞材料(图 1)。

GAE 的治疗基于以下概念:KOA 是一种具有强烈炎症成分的生物力学全器官疾病,既往认为是一种以进行性软骨磨损和骨重建为特征的滑膜关节退行性疾病。随着研究的深入,现在认为还与强烈炎症成分有关^[13]。研究表明,KOA 患者关节内的促血管生成因子和抗血管生长因子的平衡失调,导致血管生成增加,新增的血管网使炎症细胞能够进入滑膜和其他关节组织,并促进其他血管的异常增生和炎症反应,导致骨和软骨破坏,使得炎症得以维持并进一步加剧^[14]。此外,针对 KOA 的研究表明,血管生成可能会促进新的无髓鞘感觉神经沿着其路径生长,从而导致神经敏感和慢性疼痛^[15-16]。KOA 病程中,这种由于病理性新生血管的生成导致的骨关节炎的结构损伤和疼痛机制,也为新的治疗提供了方向。

因此,通过抑制炎症和血管生成,打破“炎症-血管增生-疼痛”三者的循环,使改善 KOA 症状和延缓关节损伤成为可能^[17-18]。已有研究显示,在关节炎动物模型中使用抗血管生成疗法可以有效减少边缘骨生长,并在治疗增生性滑膜炎中发挥作

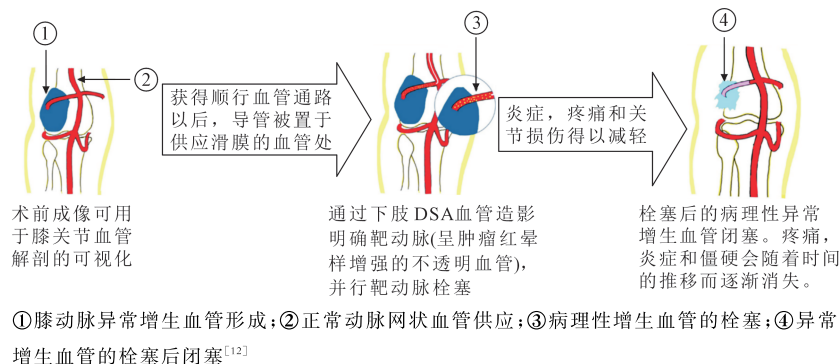


图 1 GAE 示意图及其作用机制

用^[19-20]。因而, GAE 可以通过栓塞异常增生的血管, 阻止滑膜组织中炎症细胞和促炎细胞因子的流入来减轻炎症和疼痛^[21-23]。

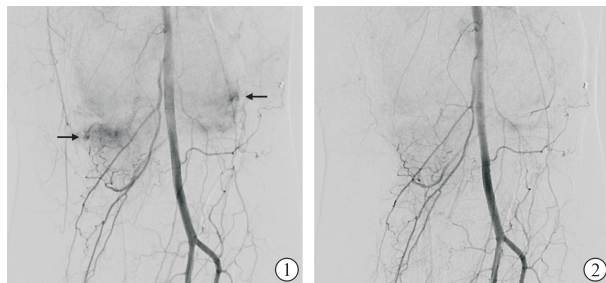
2 GAE 手术方式

根据 Okuna 等^[10-12]的文献资料, 结合本中心的临床实践, 综合推荐的 GAE 手术步骤如下: ①完善术前膝关节 X 片及增强磁共振等相关检查; ②通过体格检查, 在膝关节剧烈疼痛处放置放射显影金属标记小球; ③患侧腹股沟区局部浸润麻醉后, 在超声引导下顺行穿刺股动脉置入 4 F 血管鞘, 建立经皮动脉通路。全身肝素化后, 在 DSA 引导下进行选择插管, 将血管造影导管置于股动脉膝内侧降动脉分叉近端进行造影, 显示膝关节上下的动脉血管影像并寻找感兴趣区域(有异常增生血管, DSA 表现为充血性染色或早期静脉引流); ④使用 1.7~2.4 F 微导管对异常增生血管进行超选择插管及造影, 并通过 CBCT 来评估微导管位置, 确保没有异常的动脉吻合或明显的骨或皮肤供血分支, 同时异常染色位置应与术前金属小球标记的疼痛区一致; ⑤栓塞前将冰袋放置在膝关节靶血管周围, 以诱导皮肤血管收缩, 减少对于皮肤的异位栓塞; ⑥通过微导管注射栓塞剂对目标血管进行超选择栓塞, 终点是异常血管染色减少或消失和出现早期静脉引流延迟(图 2)。在注入对比剂或栓塞剂期间, 患者可能在症状部位感到疼痛、瘙痒或热感(称为“诱发性疼痛”), 这一现象有助于在手术过程中识别责任血管; 注入栓塞剂后, 诱发痛减轻或消失。技术成功被定义为通过栓塞减少动脉异常增生血管分支^[12]。临床成功的定义为疼痛症状改善, GAE 后 WOMAC 疼痛评分较基线降低 50%^[10]。

3 GAE 的适应证与禁忌证

3.1 适应证

年龄 45 岁以上, X 线片确诊为 Kellgren-Lawrence(K-L)1~3 级的轻至中度 KOA 患者伴中至重度 OA 疼痛, 视觉模拟疼痛评分(visual analogue scale, VAS)≥5 分, 且接受至少 3 个月的保守治疗(非甾体抗炎药、物理治疗、肌肉强化或关节内注射透明质酸等)疗效不显著的患者均可接受 GAE。此外, 在 KOA 的进展过程中, 一部分最终接受 TKA 治疗的患者也可能从 GAE 中获益。据报道, 约有 20% 接受 TKA 治疗的患者在术后仍然存



患者 52 岁, 确诊 KOA 接受亚胺培南/西司他丁(imipenem/cilastatin sodium, IMP/CS)治疗: ①栓塞前膝降动脉的选择性血管造影显示邻近内外侧髁的异常新生血管(箭头); ②栓塞后血管造影显示异常增生血管染色消失(来自苏州大学附属第二医院介入科手术图片)

图 2 典型病例患者 GAE 前后血管造影表现

在慢性膝关节疼痛^[24], 还有极少数患者在 TKA 术后再发关节出血^[25], 这部分患者都可以进一步行 GAE 治疗减轻其症状, 这在临床上已经被证明是安全且有效的^[26-27]。

3.2 禁忌证

通常将有严重 OA 改变(K-L4 级)的患者排除在外, 因为此类患者已经符合 TKA 的适应证。其他排除标准包括局部感染、对比剂过敏、肾功能不全、不可逆的凝血功能障碍、恶性肿瘤、晚期动脉粥样硬化、类风湿性关节炎和既往膝关节手术^[11]。

4 GAE 栓塞剂的选择

目前已使用多种栓塞剂进行 GAE 操作, 包括非永久性栓塞剂亚胺培南/西司他丁钠(IMP/CS)或永久性栓塞颗粒, 例如 10~70 μm 的 PVA 颗粒、75~100 μm 的 Embozene 微球或 100~300 μm 的 Embosphere(ES)微球等^[10-11, 28-32]。最近, 明胶海绵^[33]和碘化油^[34]也被纳入 GAE 的治疗选择中, 均取得了令人满意的疗效。

IMP/CS 是 GAE 中最常用的栓塞剂^[1], 其作为一种微溶于水的抗生素, 当悬浮在碘对比剂中时会形成 10~70 μm 的颗粒, 且较少出现异位栓塞的并发症^[35]。这种 IMP/CS 悬浮液是暂时性栓塞剂, 其闭塞作用可持续数小时至数天, 然后再通, 但需要数周才能达到其完全临床效果^[35], 这种特性使其成为治疗骨关节炎和肌腱病患者最常用的栓塞剂。在栓塞效果方面, IMP/CS 已被证明具有持久的临床反应^[10-11, 35], 栓塞效果等同于永久性栓塞剂, 并且与较少的非靶向栓塞相关^[36]。其不足在于 IMP/CS 不适合对丙戊酸或抗生素过敏的人。

最近, 明胶海绵和乙基碘油乳剂这两种传统的

栓塞剂也被用于 GAE 治疗,并取得良好的疗效。Min 等^[33]对 71 例患者(共 97 侧膝关节)使用明胶海绵行 GAE 治疗,术后 6 个月临床成功率为 72%,且未见严重不良反应发生。Sapoval 等^[34]对 22 例 KOA 患者使用乙基碘油乳剂行 GAE 治疗,术后 3 个月时 VAS 评分从基线时的(74.4 ± 16.5)分降至(37.2 ± 26.7)分;WOMAC 功能评分从基线时的(57.3 ± 17.1)分降至(33.5 ± 25.9)分,临床成功率为 73%。

5 GAE 的临床疗效评价

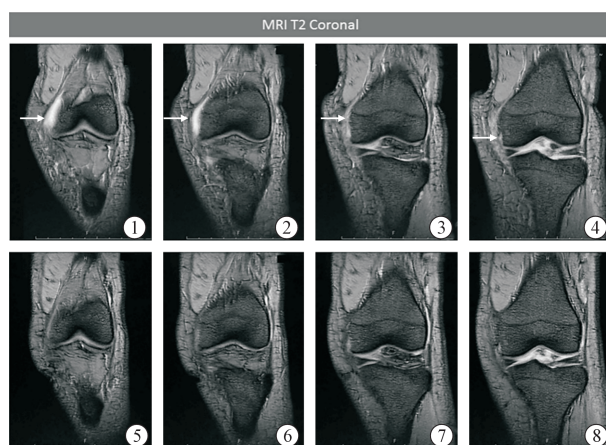
Okuno 等^[11]于 2015 年首次报道采用 GAE 治疗 14 例轻中度 KOA 患者取得了令人满意的疗效,随访结果显示,平均西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎疼痛评分(Western Ontario and McMaster University osteoarthritis index, WOMAC)由术前的(12.2 ± 1.9)分显著下降至术后 1 个月时的(3.3 ± 2.1)分,并在术后 4 个月时进一步改善至(1.7 ± 2.2)分,且术后的止痛药用剂量和频率均有所降低。这项研究首次证明了 GAE 治疗轻中度 KOA 的安全性和可行性,可有效缓解对于保守治疗有抵抗的轻中度 OA 引起的膝关节疼痛。至此,GAE 正式进入了大众视野,并由于其在治疗 KOA 方面的巨大潜力引起了广泛关注。

Little 等^[37]在 38 例患者中使用 $100 \sim 300 \mu\text{m}$ 的 Embospheres 作为栓塞剂,在长达 1 年的随访中 VAS 评分和膝关节损伤与骨关节炎评分(osteoarthritis outcome score, KOOS)均显著改善。Padia 等^[32]用 $100 \mu\text{m}$ 的 Embozene 微球治疗 40 例患者,12 个月时 WOMAC 总疼痛评分和 VAS 疼痛评分分别较基线下降了 61% 和 67%,临床成功率为 68%。Bagla 等^[28]使用 $75 \mu\text{m}$ 或 $100 \mu\text{m}$ 的球形颗粒治疗 20 例 KOA 患者,结果显示 6 个月随访时 VAS 和平均 WOMAC 评分显著降低。

在对比永久性栓塞剂和非永久性栓塞剂的疗效方面,Bhatia 等^[12]比较了 Embosphere 和 IMP/CS 在 GAE 方面的疗效,研究结果显示 Embosphere 组和 IMP/CS 组在 3 个月和 24 个月时的 WOMAC 总分和疼痛分值均较基线显著降低,24 个月时的临床成功率差异无统计学意义。Okuno 等^[10]对 72 例患者共 95 侧膝关节行 GAE 治疗,术后 6 个月时 IMP/CS 组和 Embozene 组的临床成功率分别是 86.4% 和 85.7%,差异无统计学意义。

Okuno 等^[10]的报道解释了减轻疼痛是否可能

通过增强患者的运动能力,进而增加关节负荷,从而促进 KOA 的进展。而在术后 2 年随访的 MR 成像评估中,全器官磁共振成像评分(whole-organ magnetic resonance imaging score, WOMS)中软骨评分与基线相比几乎没有变化,相反,滑膜炎评分有所改善(图 3)。最近,Taslakian 等^[38]研究表明,患者在 GAE 术后 12 个月时神经生长因子(nerve growth factor, NGF)的水平明显降低,可能有助于减轻疼痛和减缓软骨退变。这些发现与 MR 成像评估结果相结合,表明 GAE 可以通过改善炎症水平来延缓 KOA 的进展。



①②③④:冠状 T2 加权梯度回波 MR 图像显示基线时关节积液(箭头);⑤⑥⑦⑧:栓塞后 2 年关节积液减少,没有骨髓坏死或其他异常的证据

图 3 患者基线时(①②③④)和 GAE 后 2 年(⑤⑥⑦⑧)的 MR 图像

为探究 GAE 在中重度膝骨关节炎患者中的治疗效果, Lee 等^[30]使用 IMP/CS 治疗 41 例经保守治疗无效的患者(共 71 侧膝关节),其中包括 59 侧轻中度 KOA 和 12 侧重度 KOA。结果显示,轻中度 KOA 组的 VAS 评分在术后(10 ± 3)个月中显著下降;严重 KOA 组的 VAS 评分在术后第 1 个月时显著下降,但在 3 个月内逐渐增加至基线水平,3~6 个月时 VAS 评分的下降差异没有统计学意义。这似乎证明了 GAE 在缓解严重 KOA 患者疼痛方面的效果有限,可能与严重 KOA 中关节软骨的缺失导致骨与骨的直接接触有关^[30,39]。我国学者孙长浩等^[40]对 17 例因 KOA 继发中重度膝关节疼痛的患者行 GAE 治疗,并在长达 6 个月的随访中取得了良好的疗效。值得一提的是,在此项研究中,K-L4 级患者表现出更好的临床结果,研究者认为这可能与针对所有 K-L4 级的患者尽可能地对每一支膝动脉分支进行造影,一旦发现异常及时栓塞有关。

GAE 的技术成功率接近 100% (99.7%)^[41],但在实际操作中仍然存在失败可能。Little 等^[37]行 GAE 治疗 38 例轻中度 KOA 患者,结果显示 6 例未能成功栓塞,其中 4 例存在异位栓塞风险,2 例未发现与疼痛部位相一致的异常染色情况,从而宣告手术失败。

6 不良事件

GAE 术后常见的并发症主要包括:色素沉着、血管损伤、感觉异常、术中诱发疼痛等。其中色素沉着和血管损伤的发生率在 10% 左右,感觉异常的发生率仅为 1%,大多数不良事件都是轻微的,通常在 1 个月内消退。到目前为止,仅有 Sapoval 等^[34,36]报道 1 项对比剂肾病的严重不良事件案例。

6.1 色素沉着

局部皮肤颜色改变是 GAE 术后最常见的并发症^[1,10,28,30]。Casadaban 等^[1]和 Bagla^[28]认为皮肤变色可能是栓塞颗粒堵塞皮肤小动脉分支的结果,无须特殊处理,一般可在 3 周内自行消退,但 Padia 等^[32]也曾报道 7 例患者在 GAE 后出现了轻微皮肤溃疡的情况。为降低并发症的风险,术者应尽可能超选择插管并严格预防栓塞剂的反流。此外,可在栓塞剂注入前对目标区域的局部皮肤实施冰敷处理,通过降低局部温度来诱导皮肤表面小血管的收缩,从而最大限度地减少皮肤动脉分支的异位栓塞^[37]。

6.2 血管损伤

皮下血肿形成是目前 GAE 中最常见的血管损伤并发症^[1,10,30,32]。常由于患者凝血功能异常、术中穿刺次数过多、术后压迫止血不当或患肢活动过早而引起大腿或腹股沟处出血或血肿形成,常在术后 1 周内消退^[11]。

6.3 感觉异常

Bagla 等^[28]报道了 2 例 KOA 患者在 GAE 术后出现足底麻木感,在予以加巴喷丁口服 2 周后,足底麻木感消失;研究者认为其可能与神经血供的非靶向栓塞以及栓塞剂颗粒的大小有关,较小的颗粒更容易移动到可能导致神经缺血的远端,致使感觉异常的发生。

6.4 术中诱发疼痛

术中对靶血管注射对比剂或栓塞剂时,患者靶区域会出现疼痛、发热、瘙痒等感觉。Okuno 等^[10]将这一现象定义为“诱发疼痛”,并认为疼痛会在注

射对比剂或栓塞剂后消失,一般无须特殊处理,这一现象有助于术者在手术过程中识别目标血管。

6.5 其他

Padia 等^[32]报道了 2 例患者在 GAE 后出现了无症状骨梗死,直径均小于 2 cm。Sapoval 等^[34]报道了 GAE 后大约有 5% 的患者(1/22)出现了一过性肾功能不全,这被归类为严重不良事件,可能与动脉内注射对比剂造成对比剂肾病有关。

值得注意的是,尽管目前使用的栓塞剂普遍安全,但使用永久性栓塞剂时手术相关并发症的风险似乎更高^[1,10,12],最常见的就是栓塞区域的皮肤变化。与永久性栓塞剂相比,非永久性栓塞剂由于脱靶所导致的不良事件更少。

7 GAE 的成本效益分析

目前,关于 GAE 的成本效益研究尚显不足。在评估其在医疗体系中的应用潜力时,需要综合考虑治疗效果、复发率、患者生活质量等多重因素。缺乏将 GAE 与其他替代治疗方案在经济成本方面的对比研究,因此难以得出明确结论。尽管药物治疗和注射疗法成本较低,但潜在的不良反应和有限的短期效益限制了这些疗法的应用。与此相比,GAE 虽成本较高,但可能为患者带来中长期的治疗获益。因此,虽然其直接经济效益并不显著,但在整个病程中可能通过减缓疾病进展为患者带来更深远的间接经济效益。

8 GAE 的局限性和不足

GAE 作为一项新兴的治疗技术,仍面临若干挑战。首先,GAE 是一项相对较新的术式,其长期疗效和潜在风险尚未得到充分评估;其次,GAE 在治疗重度 OA 方面的效果并不理想,这可能限制了其在临床实践中的应用范围;最后,GAE 主要目的是缓解疼痛,并未针对膝关节疼痛的根本原因进行治疗。因此,对于某些患者来说,术后可能仍需采取其他治疗或管理措施。

此外,当前研究的局限性不容忽视:由于是真实世界研究,若患者在 GAE 后疼痛持续存在,可能会继续接受术前的保守治疗,这可能导致临床结果的偏差;且目前大多数研究都是单臂研究,没有进行病例对照研究,参与者对他们的治疗不设盲,因此不能排除安慰剂效应;此外,现有文献数量有限,多为小样本、单中心、回顾性研究,缺乏高质量、大规模、多

中心的随机对照试验来验证 GAE 的有效性。因此,需要更多高质量的数据来为标准化的手术流程、长期疗效的随访研究、GAE 与其他手术方法的比较分析、不同栓塞剂在 GAE 治疗中的具体差异等问题提供支持^[42]。

9 总结

GAE 作为一种新兴的 KOA 治疗方法,其通过阻断病变区域异常增生的血管来抑制炎症并减轻患者的疼痛。作为一种精准且微创的介入技术,GAE 以其良好的可重复性、安全性以及有效性,减少了对传统手术的依赖,为那些对常规方法不敏感或不能耐受的患者提供了新的治疗选择。未来的临床试验和国际合作研究将进一步促进 GAE 技术在个性化治疗方案开发和综合疼痛管理策略中的应用,为慢性膝痛患者生活质量的提升带来更多样化的治疗选择。

【参考文献】

- [1] Casadaban LC, Mandell JC, 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: 1-9.
- [2] Duong V, Oo WM, Ding CH, et al. Evaluation and treatment of knee pain: a review [J]. JAMA, 2023, 330: 1568-1580.
- [3] Woolf AD, Erwin J, March L. The need to address the burden of musculoskeletal conditions [J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2012, 26: 183-224.
- [4] Driban JB, Harkey MS, Liu SH, et al. Osteoarthritis and aging: young adults with osteoarthritis [J]. Current Epidemiology Reports, 2020, 7: 9-15.
- [5] Urbano J. Genicular artery embolisation for knee osteoarthritis pain relief: in the way for the evidence [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021, 44: 941-942.
- [6] Lespasio MJ, Piuze NS, Husni ME, et al. Knee osteoarthritis: a primer [J]. Perm J, 2017, 21: 16-183.
- [7] 吉冬梅, 徐小青, 史传岗. 超声引导膝关节腔注射对患者满意度、关节功能和生活质量的影响 [J]. 介入放射学杂志, 2021, 30: 1040-1044.
- [8] Sari S, Aydın ON, Turan Y, et al. Which one is more effective for the clinical treatment of chronic pain in knee osteoarthritis: radiofrequency neurotomy of the genicular nerves or intra-articular injection? [J]. Int J Rheum Dis, 2018, 21: 1772-1778.
- [9] Crawford DC, Miller LE, Block JE. Conservative management of symptomatic knee osteoarthritis: a flawed strategy? [J]. Orthop Rev (Pavia), 2013, 5: e2.
- [10] Okuno YJ, Korch AM, 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: 995-1002.
- [11] Okuno YJ, Korch AM, 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: 336-343.
- [12] Bhatia S, Jalaian H, Kumar J, et al. Two-year outcomes comparing Embosphere[®] microspheres versus Imipenem Cilastatin for genicular artery embolization in patients with moderate to severe knee osteoarthritis [J]. Knee, 2023, 41: 38-47.
- [13] Berenbaum F. Osteoarthritis as an inflammatory disease (osteoarthritis is not osteoarthrosis!) [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2013, 21: 16-21.
- [14] Ashraf S, Mapp PI, Walsh DA. Contributions of angiogenesis to inflammation, joint damage, and pain in a rat model of osteoarthritis [J]. Arthritis Rheum, 2011, 63: 2700-2710.
- [15] Ashraf S, Wibberley H, Mapp PI, et al. Increased vascular penetration and nerve growth in the meniscus: a potential source of pain in osteoarthritis [J]. Ann Rheum Dis, 2011, 70: 523-529.
- [16] Mapp PI, Walsh DA. Mechanisms and targets of angiogenesis and nerve growth in osteoarthritis [J]. Nat Rev Rheumatol, 2012, 8: 390-398.
- [17] Bonnet CS, Osteoarthritis WDA. Angiogenesis and inflammation [J]. Rheumatology (Oxford), 2005, 44: 7-16.
- [18] 侯志衡, 倪才方. 经导管动脉栓塞术治疗非肿瘤性骨关节疾病研究进展 [J]. 介入放射学杂志, 2022, 31: 408-412.
- [19] Lainer-Carr D, Brahn E. Angiogenesis inhibition as a therapeutic approach for inflammatory synovitis [J]. Nat Clin Pract Rheumatol, 2007, 3: 434-442.
- [20] Ashraf S, Mapp PI, Walsh DA. Angiogenesis and the persistence of inflammation in a rat model of proliferative synovitis [J]. Arthritis Rheum, 2010, 62: 1890-1898.
- [21] Hwang JH, Park SW, Kim KH, et al. Early results of transcatheter arterial embolization for relief of chronic shoulder or elbow pain associated with tendinopathy refractory to conservative treatment [J]. J Vasc Interv Radiol, 2018, 29: 510-517.
- [22] Okuno YJ, Iwamoto W, Matsumura N, et al. Clinical outcomes of transcatheter arterial embolization for adhesive capsulitis resistant to conservative treatment [J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28: 161-167. e1.
- [23] Goldman DT, Piechowiak R, Nissman D, et al. Current concepts and future directions of minimally invasive treatment for knee pain [J]. Curr Rheumatol Rep, 2018, 20: 54.
- [24] Epelboym Y, Lee L, Okuno YJ, et al. Genicular artery embolization as a treatment for refractory osteoarthritis related knee pain [J]. Skeletal Radiol, 2023, 52: 2309-2321.

- [25] Heller DB, Beggin AE, Lam AH, et al. Geniculate artery embolization; role in knee hemarthrosis and osteoarthritis[J]. *Radiographics*, 2022, 42; 289-301.
- [26] Cornman-Homonoff J, Kishore SA, Waddell BS, et al. Genicular artery embolization for refractory hemarthrosis following total knee arthroplasty: technique, safety, efficacy, and patient-reported outcomes[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2021, 32; 1128-1135.
- [27] Chau Y, Roux C, Gonzalez JF, et al. Effectiveness of geniculate artery embolization for chronic pain after total knee replacement: a pilot study[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34; 1725-1733.
- [28] 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; 1096-1102.
- [29] 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; 1453-1458.
- [30] Lee SH, Hwang JH, Kim DH, 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; 1530-1536.
- [31] Little MW, Macdonald AC, Boardman P, et al. Effects of sublingual glyceryl trinitrate administration on the quality of preprocedure CT angiography performed to plan prostate artery embolization [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2018, 29; 225-228.
- [32] Padia SA, Genshaft S, Blumstein G, et al. Genicular artery embolization for the treatment of symptomatic knee osteoarthritis[J]. *JB JS Open Access*, 2021, 6; e21. 00085.
- [33] Min J, Park SW, Hwang JH, et al. Evaluating the safety and effectiveness of quick-soluble gelatin sponge particles for genicular artery embolization for chronic knee pain associated with osteoarthritis [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34; 1868-1874.
- [34] Sapoval M, Querub C, Pereira H, et al. Genicular artery embolization for knee osteoarthritis; results of the lipioJoint-1 trial[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2024, 105; 144-150.
- [35] Koucheiki R, Dowling KI, Patel NR, et al. Characteristics of imipenem/cilastatin; considerations for musculoskeletal embolotherapy[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2021, 32; 1040-1043. e1.
- [36] Epelboym Y, Mandell JC, Collins JE, et al. Genicular artery embolization as a treatment for osteoarthritis related knee pain: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2023, 46; 760-769.
- [37] Little MW, 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; 931-940.
- [38] Taslakian B, Swilling D, Attur M, et al. Genicular artery embolization for treatment of knee osteoarthritis; interim analysis of a prospective pilot trial including effect on serum osteoarthritis-associated biomarkers [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34; 2180-2189. e3.
- [39] Wang B, Tai TW, Liang KW, et al. Short-term effects of genicular artery embolization on symptoms and bone marrow abnormalities in patients with refractory knee osteoarthritis [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2023, 34; 1126-1134. e2.
- [40] 孙长浩, 高知玲, 林 坤, 等. 选择性膝动脉栓塞术治疗膝骨关节炎继发性疼痛的疗效分析[J]. *中华医学杂志*, 2022, 102; 795-800.
- [41] Taslakian B, Miller LE, Mabud TS, et al. Genicular artery embolization for treatment of knee osteoarthritis pain; systematic review and meta-analysis [J]. *Osteoarthritis Cartil*, 2023, 5; 100342.
- [42] Filippiadis D, Soulez G, Cornelis FH. Genicular artery embolization for symptomatic knee osteoarthritis; new perspectives on the temporary-permanent dilemma[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2024, 105; 125-126.

(收稿日期: 2024-01-21)

(本文编辑: 茹 实)