

- with superselective adrenal arterial embolization in 33 cases[J]. Radiology, 2003, 227: 401-406.
- [29] Zhou Y, Liu Q, Wang X, et al. Adrenal ablation versus mineralocorticoid receptor antagonism for the treatment of primary aldosteronism: a single-center prospective cohort study[J]. Am J Hypertens, 2022, 35: 1014-1023.
- [30] 杨威, 胡婷业, 陆玉和, 等. 微波消融联合经皮椎体成形术治疗椎体转移性肿瘤的疗效观察[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 1146-1150.
- [31] Tian C, Wang ZJ, Huang L, et al. One-step fabrication of lidocaine/CalliSpheres® composites for painless transcatheter arterial embolization[J]. J Transl Med, 2022, 20: 463.
- [32] 蒋运东, 唐玉新, 张弘, 等. 动脉栓塞治疗中疼痛与止痛药应用分析[J]. 介入放射学杂志, 1998, 7: 155-156.
- [33] Benzakoun J, Ronot M, Lagadec M, et al. Risks factors for severe pain after selective liver transarterial chemoembolization[J]. Liver Int, 2017, 37: 583-591.
- [34] Lee S, Park HS, Hyun D, et al. Radiologic and clinical results of transarterial ethanol embolization for renal angiomyolipoma[J]. Eur Radiol, 2021, 31: 6568-6577.
- [35] Lhewa D, Green EW, Naugler WE. Multidisciplinary team management of hepatocellular carcinoma is standard of care[J]. Clin Liver Dis, 2020, 24: 771-787.
- [36] 尹燕武, 别曼丽, 马云通, 等. 多学科团队基于行动研究方法降低心血管介入迷走神经反射的效果[J]. 川北医学院学报, 2023, 38: 566-570.
- [37] 沈波, 杨扬, 申文, 等. 江苏省成人癌症疼痛诊疗规范(2020年版)[J]. 中国肿瘤临床, 2020, 47: 325-333.
- [38] 王晓燕, 贾中芝, 许秀芳, 等. 肝脏恶性肿瘤介入治疗围术期疼痛管理专家共识(2022)[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31: 943-948.
- [39] 徐建宁, 汪国建, 李艳苑. 肝动脉化疗栓塞术患者的多模式疼痛管理[J]. 护理学杂志, 2017, 32: 11-14.
- [40] Chen YK, Boden KA, Schreiber KL. The role of regional anaesthesia and multimodal analgesia in the prevention of chronic postoperative pain: a narrative review[J]. Anaesthesia, 2021, 76: 8-17.
- [41] Xuan C, Yan W, Wang D, et al. Efficacy of preemptive analgesia treatments for the management of postoperative pain: a network meta-analysis[J]. Br J Anaesth, 2022, 129: 946-958.
- [42] Mariano ER, Dickerson DM, Szokol JW, et al. A multisociety organizational consensus process to define guiding principles for acute perioperative pain management[J]. Reg Anesth Pain Med, 2022, 47: 118-127.
- [43] 陈思晴, 曹梅娟, 张邢炜. 我国疼痛管理质量评价与改进的文献计量学分析[J]. 护理管理杂志, 2021, 21: 259-264.
- [44] 陈凤菊, 杨纯子, 刘美. 基于信息化平台的癌症疼痛管理质量指标的建立与应用[J]. 护理学杂志, 2020, 35: 12-14.

(收稿日期: 2023-05-31)

(本文编辑: 新宇)

## • 病例报告 Case report •

# 血管内碎石在腹主动脉重度钙化闭塞中的应用——病例报道及文献回顾

彭翼, 于翔, 曹磊, 吴明蓬, 李金泽, 谢坪

【关键词】 主髂动脉闭塞性症; 主动脉闭塞; 重度血管钙化; 血管内碎石术; 覆膜支架

中图分类号: R543.5 文献标志码: D 文章编号: 1008-794X(2024)-06-0683-05

**Application of intravascular lithotripsy in treating severe calcified occlusion of the abdominal aorta: report of one case with literature review** PENG Yi, YU Xiang, CAO Lei, WU Mingpeng, LI Jinze, XIE Ping. Department of Radiology, Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology), Sichuan Provincial Academy of Medical Sciences, Chengdu, Sichuan Province 610072, China

Corresponding author: XIE Ping, E-mail: haoyanx@163.com (J Intervent Radiol, 2024, 33: 683-687)

【Key words】 aortoiliac occlusive disease; aortic occlusion; severe vascular calcification; intravascular lithotripsy; covered stent

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.06.019

作者单位: 610072 四川成都 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)放射科

通信作者: 谢坪 E-mail: haoyanx@163.com

## 1 临床资料

患者女,69岁,因“双下肢跛行进行性加重3年,伴左足疼痛4个月”收治入四川省人民医院。患者既往有慢性肾功能衰竭病史13年,每周3次规律透析。2个月前患者曾有不明确原因消化道出血,但经治疗后未再发生。入院前长期口服盐酸罂粟碱30 mg(3次/d)、贝前列素钠40  $\mu$ g(3次/d),但缺血症状无缓解。此外,患者长期口服奥美拉唑20 mg(3次/d)、甲状旁腺素25 mg(1次/d)、柠檬酸钾铋110 mg(2次/d)、酒石酸美托洛尔25 mg(2次/d),以治疗慢性肾功能衰竭相关并发症。查体发现双下肢皮温明显降低,左足前足皮温冰凉、皮色紫黑,左足第2、3、4趾坏疽,坏疽区边缘可见灰白色脓性液,提示存在足部感染(图1),双侧股动脉搏动未扪及。实验室检查显示白细胞计数和C反应蛋白水平显著增高,提示存在足部感染。同时血常规提示血小板计数明显升高,考虑为透析时使用促红细胞生成素所致。心电图提示存在心房颤动。根据美国血管外科协会(SVS)WIFI分级<sup>[1]</sup>,其截肢风险为高危(伤口3分,缺血3分,足部感染3分)。

CT平扫显示外周动脉广泛钙化,CT血管成像(CTA)提示近肾段腹主动脉(juxtarenal aorta, JRA)存在长约6.6 mm狭窄,肠系膜上动脉(superior mesenteric artery, SMA)起源于JRA段,腹主动脉肾下段(infrarenal aorta, IRA)见长约11.0 mm完全钙化闭塞,左髂总动脉(common iliac artery, CIA)起始部见一段长约16.4 mm完全钙化闭塞,左股总动脉借侧支循环显影,双下肢动脉显影尚可(图2)。

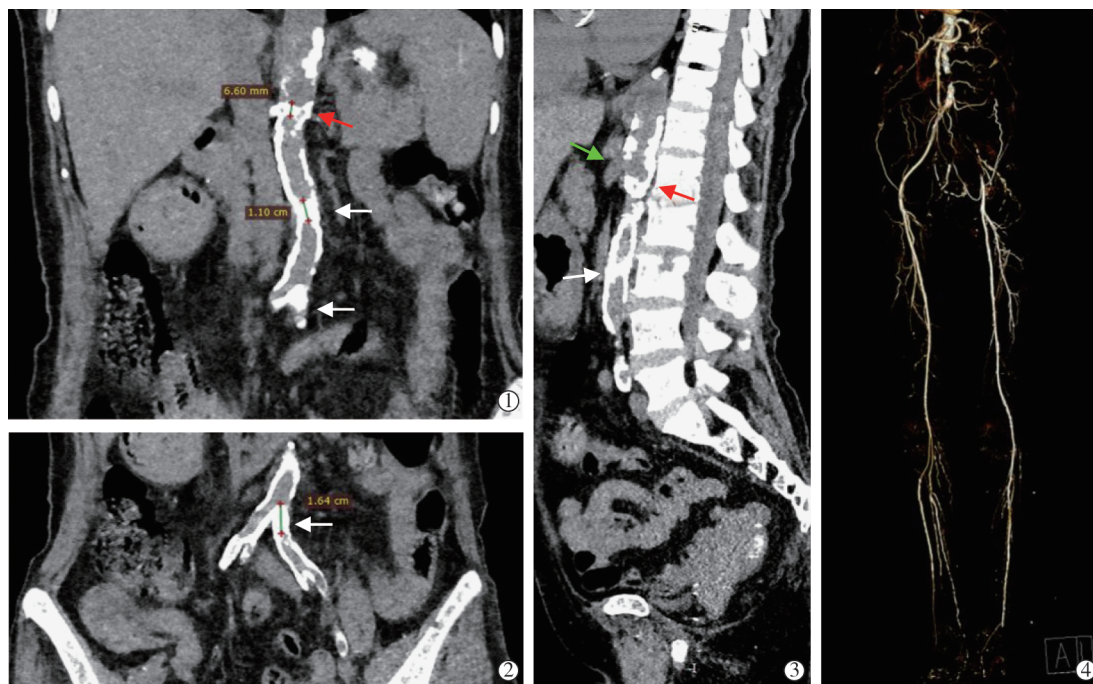
患者基础疾病较多,不具备行外科手术条件。为避免大截肢,完善术前准备后在全身麻醉下行腔内血管重建术。术中经左肱动脉和双侧股动脉建立血管入路;经左肱动脉引入



①背面观;②内侧面观;③跖面观

图1 患者术前左足病变图像

猪尾导管至腹主动脉肾上段,造影见腹主动脉及其分支呈广泛动脉硬化表现,JRA存在明显狭窄,IRA完全闭塞,SMA起自肾动脉近端,右CIA、右髂外动脉和左股总动脉借侧支循环显影,右髂内动脉及左髂总、髂内、髂外动脉未显影;经左股动脉入路尝试使用外周导丝(Gaia PV, ASAHI, Japan)配合2.6 F支撑导管(CXI, Cook, USA)开通左CIA闭塞段未获成功;经右股动脉入路使用硬导丝(Guidewire M, Terumo, Japan)配合4 F支撑导管(CXI, Cook, USA)成功通过IRA闭塞段,造影明确导管尖端位于真腔内;引入4 mm普通球囊行扩张,锥形束CT(CBCT)再次明确球囊位于真腔内;引入7 mm×60 mm振荡球囊(M5IVL0706, Shockwave Medical, USA),以4 atm低压扩张,透视下见“蜂腰征”明显,遂启动冲击波发生器,行血管内碎石术(intravascular lithotripsy, IVL),给予4个30 Hz冲击



①②③术前CT平扫影像,白箭头为IRA及左CIA钙化闭塞部位,红箭头为JRA段狭窄,绿箭头为SMA;④术前CTA三维重建影像

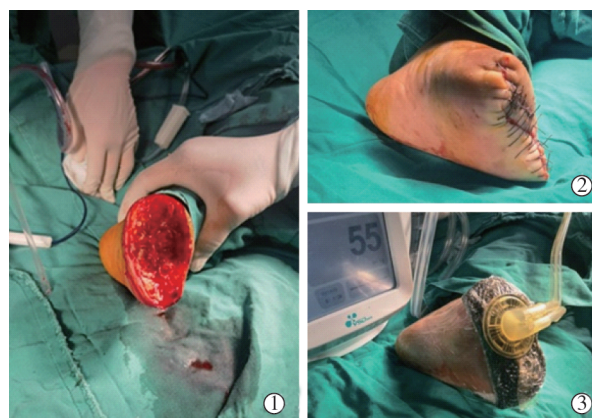
图2 术前腹主动脉及双下肢CT平扫+CTA影像



波治疗循环,见“蜂腰征”逐渐改善;引入 11 mm×55 mm 覆膜球囊扩张(covered balloon-expandable,CBE)支架(Viabahn VBX, Gore, 美国),准确覆盖 IRA 钙化闭塞病变段并释放;再次造影显示支架形态、位置良好,IRA 管腔显影良好,未见明显血管破裂征象(图 3①~⑦);再次尝试经肱动脉入路开通左 CIA 闭塞段仍未获成功,最终以硬导丝配合 4 F 支撑导管经内膜下通过了左 CIA 闭塞段;采用对吻支架技术重建双侧 CIA 分叉——左髂动脉植入 1 枚 8 mm×80 mm CBE 支架,右髂动脉植入 1 枚 8 mm×60 mm CBE 支架;由于 JRA 处狭窄并不限制血流,若行血管重建可能封堵致毗邻 SMA 开口闭塞,故未予治疗;最终造影显示各支架形态、位置满意,腹主动脉及双侧髂动脉显影良好,对比剂流速满意(图 3⑧)。术后患者双下肢疼痛明显缓解。随后成功对左足施行半足截肢术,术中见创面血供良好(图 4),目前正接受进一步创面修复治疗。

## 2 讨论

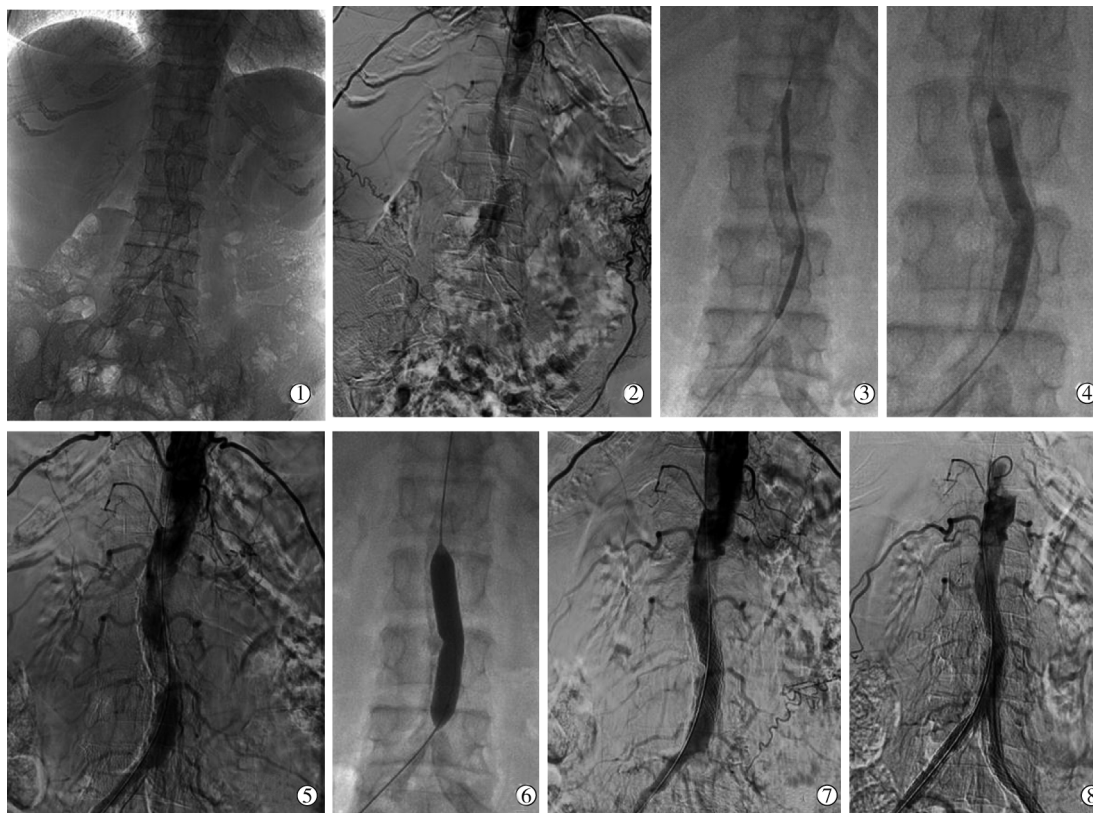
主髂动脉闭塞症(aortoiliac occlusive disease,AIOD)是下肢缺血病因之一,其中 IRA 段闭塞占 3%~8.5%,JRA 段闭塞占 50%以上<sup>[2]</sup>。根据泛大西洋学会联盟(TASC)共识标准,对 TASC II 分级 D 级 AIOD 患者,推荐行外科血管旁路移植术或内膜切除术<sup>[3-5]</sup>。然而外科治疗创伤较大,并不适合病情较重或基础情况较差患者。随着近年腔内器械和技术发展,腔内血管重建日益成为一种备受青睐的替代方案,其二期通



①截除坏疽部分后见创面渗血良好;②充分清创后一期缝合;③缝合后予负压引流

图 4 血运重建后行半足截肢术中图像

畅率与外科手术相比相差无几<sup>[6]</sup>。但主动脉重度钙化性闭塞可严重损害动脉弹性和顺应性,使动脉过于僵硬,进而导致开通失败、血管穿孔或破裂、夹层形成、远端栓塞、支架内再狭窄等<sup>[7-8]</sup>。Gabel 等<sup>[9]</sup>研究显示腔内重建对 AIOD 具有良好疗效,但该研究中患者多以髂动脉病变为主,主动脉病变患者样本量较小,且腔内重建组主动脉病变程度较轻,故其结论并不能简单推论至主动脉重度钙化性闭塞。鉴于其手术失败和围手术期并发症等因素,一些学者甚至明确提出“开放



①透视下见动脉广泛钙化;②首次造影示 IRA 局部闭塞,双髂动脉未显影;③导丝通过狭窄段后,引入 4 mm 球囊并扩张;④引入 7 mm IVL 球囊并扩张,可见明显“蜂腰征”,启动 IVL 后见球囊腔内产生微泡;⑤IVL 结束后再次造影见闭塞段管腔改善;⑥引入 Viabahn VBX CBE 支架并释放;⑦释放支架后再次造影;⑧腹主动脉及左 CIA 管腔重建后造影

图 3 腔内血管重建术中 DSA 影像

手术始终是主动脉闭塞最佳治疗方法”的论断<sup>[2]</sup>。

IVL 又称腔内冲击波治疗,是一项针对血管钙化性病变的新技术。IVL 系统由特制振波球囊导管和振波发生器组成,通过球囊内产生空泡破裂形成振波,以松解钙化灶,改善血管顺应性,同时其工作时低压扩张可最大限度地减少血管破裂风险<sup>[10]</sup>。钙化斑块松解有助于支架输送、释放和膨胀。IVL 最初应用于冠状动脉疾病<sup>[11]</sup>,目前已在各类外周动脉如下肢动脉和腹主动脉主要分支血管疾病伴重度钙化病变治疗中显示良好效果<sup>[12-14]</sup>。但鲜见应用于主动脉自身的报道。本文为此分享 1 例 IVL 辅助治疗主髂动脉重度钙化性完全闭塞患者。

检索国内外文献库,目前仅有 4 篇将 IVL 应用于主动脉病变的病例报道,国内则尚属空白。这些患者均存在复杂的合并症,使腔内血管重建成为唯一可行方案。Khalid 等<sup>[15]</sup>2019 年首次报道 IVL 治疗腹主动脉瘤伴主动脉狭窄患者。由于振波球囊最大直径(7 mm)不足以匹配主动脉直径,术者开创性地配合普通球囊以球囊对吻方式行 IVL,改善腹主动脉管腔后常规行腹主动脉瘤腔内隔绝术。Morris 等<sup>[16]</sup>首次报道应用 IVL 治疗 SRA 狭窄患者,管腔重建顺利为后续行主动脉瓣腔内置换术时器械输送提供了便利。Chag 等<sup>[17]</sup>2021 年首次将 IVL 用于治疗腹主动脉重度钙化性狭窄伴肾动脉狭窄,其温和的扩张作用有效避免了传统球囊扩张时推挤钙化灶引起的肾动脉闭塞。Sekar 等<sup>[18]</sup>报道应用 IVL 治疗主动脉完全钙化性闭塞患者,由于主动脉闭塞段位于腹腔干与 SMA 间且累及右肾动脉,术者将一球囊预置于 SMA 内行封堵,并将一 SpiderFX 保护伞预置于右肾动脉内,以避免行 IVL 时引起斑块脱落,导致栓塞。本病例为主动脉重度钙化性完全闭塞,常规球囊扩张难以达成满意的管腔准备,不利于后续植入支架充分膨胀,影响长期通畅,且高压球囊扩张时存在血管破裂、穿孔等风险;根据渐进扩张理念,术中首次球囊扩张使用的是小直径 4 mm 球囊,所用 IVL 球囊直径为 7 mm,虽小于腹主动脉直径,但其松解钙化斑效果已为后续支架植入做好了充分的管腔准备。

选择合适的支架对于治疗严重 AIOD 同样至关重要。覆膜支架与裸支架相比具有更好的一期和二期效果、更低的再手术率<sup>[6,19-21]</sup>。覆膜支架特别适用于以对吻技术行双侧髂动脉分叉重建<sup>[20]</sup>。使用覆膜支架可有效降低动脉穿孔、破裂,急性或慢性出血风险,减少内膜增生和支架内再狭窄,还可避免因血栓或斑块脱落引起的远端栓塞<sup>[22]</sup>。除上述考量外,本病例中所使用的 Gore Viabhan VBX 支架还具有优异的可塑性及后扩张直径可变(标称 11 mm VBX 支架最大后扩张直径可达 16 mm)特点,能更好地适应 IVL 后管腔形态,取得更满意的管腔重建效果。

尽管腔内治疗技术仍在不断进步,但 JRA 段钙化性狭窄或闭塞仍极具挑战性,需对下肢和腹腔脏器血供进行复杂重建<sup>[23]</sup>。腔内手术虽顾及了微创性,但术中血管破裂、分支动脉闭塞或栓塞、远期通畅率欠佳等问题不容小觑<sup>[24]</sup>。研究报道显示,曾有一些使用更复杂腔内重建技术(如烟窗支架)的成功病例<sup>[25-27]</sup>。Chag 等<sup>[17]</sup>、Sekar 等<sup>[18]</sup>病例报道中,IVL 展

出对 JRA 段病变管腔重建的显著效果,但使用时仍需谨慎,可能需预置球囊或保护伞,以避免重要内脏动脉闭塞或栓塞。然而考虑到远期通畅率、技术难度、手术并发症和经济因素等,开放手术仍是目前 JRA 段钙化性病变首选治疗。本病例自身基础疾病较多,不具备外科手术条件,JRA 段狭窄为重度钙化性病变,但并未明显限制血流,若积极处理则可能导致毗邻 SMA 开口闭塞,故最终未对 JRA 段狭窄进行治疗。

鉴于 IVL 应用于主动脉患者极少,笔者结合文献仅对本病例做经验性总结:①内膜下通过钙化灶可能不利于冲击波能量集中,亦不利于后续支架植入,故应避免导丝导管内膜下开通;②术前 CTA 影像研读十分重要,需结合增强与平扫仔细寻找钙化灶薄弱处,规划最佳开通路径;③根据渐进扩张理念,开通后先引入小直径球囊为 IVL 做管腔准备,球囊扩张的同时行 CBCT 可进一步确认开通路径是否位于真腔;④目前 IVL 球囊最大直径为 7 mm,工作压、冲击波频率及每循环时间为固定参数,IVL 循环次数应根据工作时球囊形态改变决定;⑤使用 IVL 目的为松解钙化斑块,并不一定要求 IVL 球囊扩张至主动脉标准直径,故对本病例并未联用普通球囊行对吻扩张;⑥IVL 球囊具体使用方式并不能一概而论,单用或联合对吻需考虑钙化段狭窄程度、后续植入支架类型等因素。目前已有病例报道展现出 IVL 治疗主动脉重度钙化性病变巨大潜力,但其安全性和远期通畅性仍需更大样本和更长随访期研究验证。

本病例成功展示出使用 IVL 治疗严重钙化 TASC II 分级 D 级 AIOD 的效果,优异的管腔重建使 IVL 有潜力作为一种可行的 AIOD 治疗方法。

#### [参考文献]

- [1] Mills JL Sr, Conte MS, Armstrong DG, et al. The society for vascular surgery lower extremity threatened limb classification system; risk stratification based on wound, ischemia, and foot infection(WIFI)[J]. J Vasc Surg, 2014, 59: 220-234.
- [2] Marrocco-Trischitta MM, Bertoglio L, Tshomba Y, et al. The best treatment of juxtarenal aortic occlusion is and will be open surgery[J]. J Cardiovasc Surg(Torino), 2012, 53: 307-312.
- [3] Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II)[J]. J Vasc Surg, 2007, 45: S5-S67.
- [4] de Vries SO, Hunink MG. Results of aortic bifurcation grafts for aortoiliac occlusive disease: a meta-analysis[J]. J Vasc Surg, 1997, 26: 558-569.
- [5] Samson RH, Showalter DP, Lepore MRJ, et al. Improved patency after axillofemoral bypass for aortoiliac occlusive disease[J]. J Vasc Surg, 2018, 68: 1430-1437.
- [6] Salem M, Hosny MS, Francia F, et al. Management of extensive aorto-iliac disease: a systematic review and meta-analysis of 9319 patients[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2021, 44: 1518-1535.
- [7] Han J, Xiang H, Ridley WE, et al. Coral reef aorta [J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2018, 62 Suppl 1: 26.



- [8] Jongkind V, Akkersdijk GJ, Yeung KK, et al. A systematic review of endovascular treatment of extensive aortoiliac occlusive disease[J]. J Vasc Surg, 2010, 52: 1376-1383.
- [9] Gabel JA, Kiang SC, Abou-Zamzam AM Jr, et al. Trans-Atlantic Inter-Society Consensus class D aortoiliac lesions: a comparison of endovascular and open surgical outcomes[J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 213: 696-701.
- [10] 王 琴, 马文锐, 朱永翔, 等. 血管内碎石术在冠状动脉钙化病变中应用研究进展[J]. 临床军医杂志, 2022, 50: 1097-1100
- [11] 田 峰, 周珊珊, 陈艳明, 等. 应用 Shockwave 冲击波球囊治疗冠状动脉重度钙化病变 1 例[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29: 477-478.
- [12] Vancampenhout Y, Kerselaers L, Aerden D, et al. Use of intravascular lithotripsy in heavily calcified renal artery stenosis: a case report[J]. Vasc Endovascular Surg, 2023, 57: 485-489.
- [13] Tayal R, Sohal S, Okoh A, et al. Intravascular lithotripsy enabled transfemoral transcatheter aortic valve implantation via percutaneous axillary access approach[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2021, 28S: 89-93.
- [14] Case BC, Yerasi C, Forrestal BJ, et al. Intravascular lithotripsy facilitated percutaneous endovascular intervention of the aortic arch: a single-center experience[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2020, 21: 1006-1015.
- [15] Khalid N, Iantorno M, Shlofmitz E, et al. Kissing intravascular lithotripsy facilitated endovascular repair of a complex saccular abdominal aortic aneurysm with narrowed distal aorta: a first-in-human report[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2019, 12: e97-e99.
- [16] Morris JP, Cadogan D, Casserly IP. Intravascular lithotripsy-assisted balloon angioplasty to facilitate transfemoral transcatheter aortic valve implantation in a patient with coral reef aorta[J]. BMJ Case Rep, 2021, 14: e240876.
- [17] Chag MC, Thakre AA. Novel use of intravascular lithotripsy for coral reef aorta: a case report[J]. Eur Heart J Case Rep, 2021, 5: ytab102.
- [18] Sekar N, Manoj S, Jagan J. Suprarenal aortic occlusion due to coral reef calcification: successful endovascular management assisted by intravascular lithotripsy and visceral protection[J]. J Endovasc Ther, 2023, 30: 971-975.
- [19] Mallory A, Giannopoulos S, Lee P, et al. Covered stents for endovascular treatment of aortoiliac occlusive disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Vasc Endovascular Surg, 2021, 55: 560-570.
- [20] Saratzis A, Argyriou A, Davies R, et al. Editor's choice - covered vs. bare metal stents in the reconstruction of the aortic bifurcation: early and midterm outcomes from the COBRA European multicentre registry[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2022, 63: 688-695.
- [21] 倪其泓, 陈佳佳, 吕 磊, 等. 覆膜支架腔内介入治疗主髂动脉闭塞 20 例临床效果[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 118-121.
- [22] Zhao X, Liu D, Yu C, et al. Treatment of aortic and iliac artery occlusion by catheter thrombolysis combined with catheter thrombectomy and aortic bifurcation endovascular stent Reconstruction[J]. Case Rep Vasc Med, 2021, 2021: 6084226.
- [23] 魏小龙, 吴雅妮, 孙羽东, 等. 平肾主动脉-髂动脉闭塞性病变腔内治疗[J]. 介入放射学杂志, 2016, 25: 387-390.
- [24] 杨根欢, 汪 岩, 廖鹏志, 等. 开放手术治疗近肾腹主动脉闭塞的临床分析[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31: 775-781.
- [25] Bin Jabr A, Sonesson B, Lindblad B, et al. Chimney grafts preserve visceral flow and allow safe stenting of juxtarenal aortic occlusion [J]. J Vasc Surg, 2013, 57: 399-405.
- [26] Ritter JC, Ghosh J, Butterfield JS, et al. Chimney stent technique for treatment of severe abdominal aortic atherosclerotic stenosis [J]. J Vasc Interv Radiol, 2011, 22: 391-394.
- [27] Veger HTC, Statius van Eps RG, Wever JJ, et al. Chimney technique to preserve visceral flow in a coral reef aorta[J]. Ann Vasc Surg, 2020, 68: 545-548.

(收稿日期: 2023-07-07)

(本文编辑: 谷 珂)