

感染性主动脉瘤诊疗进展

霍正坤¹,孔祥骞^{1,2},吴学君^{1,2}

(1.山东大学齐鲁医学院,山东 济南 250012; 2.山东第一医科大学附属山东省立医院血管外科,山东 济南 250021)

摘要:感染性主动脉瘤(infective native aortic aneurysm, INAA)是一种罕见且致命的感染性疾病,由病原微生物(主要为细菌)破坏主动脉管壁而引起。感染性主动脉瘤进展较快、病情复杂、破裂率高、预后较差,其诊断与治疗一直是血管外科领域的热点与难点。本文根据感染性主动脉瘤领域发表的相关文献,综述其病因学、病理生理学、临床表现、诊断、治疗和并发症,以期为今后感染性主动脉瘤的相关研究和诊疗提供指导。

关键词:感染性主动脉瘤;腹主动脉瘤;腔内修复;开放手术;血管外科;综述

中图分类号:R543.1

文献标志码:A

Progress in diagnosis and treatment of infective native aortic aneurysm

HUO Zhengkun¹, KONG Xiangqian^{1,2}, WU Xuejun^{1,2}

(1. Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China; 2. Department of Vascular Surgery, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250021, Shandong, China)

Abstract: Infective native aortic aneurysm (INAA) is a rare and highly lethal disease in the field of vascular surgery, caused by degeneration and destruction of the aortic wall with the microorganism (mostly by bacteria). INAA has rapid progress, complicated symptoms, high rupture risk and poor prognosis. The diagnosis and treatment of INAA remain foci and challenges in vascular surgery. This review discussed the etiology, pathogenesis, clinical symptoms, diagnosis, treatment and complications of INAA based on the published papers and our management experiences, in order to provide advice to the future research and managements.

Key words: Infective native aortic aneurysm; Abdominal aortic aneurysm; Endovascular repair; Open repair; Vascular surgery; Literature review

感染性主动脉瘤指各类病原微生物直接或间接引发血管损伤,造成主动脉管壁瘤样扩张。1885年 William Osler 首次发表了关于感染性动脉瘤的文章^[1],描述了感染性心内膜炎患者出现感染性外周动脉瘤的系列报道,提出此病的发病机制为感染心脏瓣膜中的载菌物栓塞到外周动脉,导致动脉壁的破坏。近期关于感染性主动脉瘤的首份专家共识规范了该疾病的名称为感染性原发性主动脉瘤(infective native aortic aneurysm, INAA)^[2],故本文将应用 INAA 指代感染性主动脉瘤。

INAA 进展较快、病情复杂、破裂率高、预后较

差,与动脉粥样硬化性主动脉瘤相比患者普遍较为年轻。INAA 在人群中发病罕见,发病率在不同地区及不同研究间差别均较大,发病率约占所有腹主动脉瘤的 0.6%~13%,死亡率在 5%~70%之间^[3-7]。未行手术干预的 INAA 院内死亡率约为 75%~100%^[8-9];一项瑞典的全国性研究显示,INAA 术后 1 个月、1 年、5 年生存率为 86%、79%、59%^[10]。由于 INAA 的上述特点,INAA 目前缺乏相关的前瞻性研究及基础研究,回顾性研究的样本量也一般较小,这使得不同研究间的结果差距较大,也影响了一些研究结论的可靠性。

1 病因学/发病机制

关于 INAA 发病机制的研究较少。其既可以由正常主动脉壁的原发感染引起,也可继发于动脉壁的原发损伤^[11]。INAA 根据病因可分为 4 种类型:①细菌性动脉瘤—继发于感染性栓子(如心源性菌血症)的动脉瘤;②细菌性动脉炎—局部感染持续扩散导致的细菌性动脉炎伴动脉瘤形成;③动脉瘤继发感染—在动脉粥样硬化性动脉瘤的基础上因菌血症形成的感染性动脉瘤;④创伤后感染性假性动脉瘤^[12-14]。多篇文献报道了膀胱灌注药物、消化道穿孔、超声引导下经直肠前列腺穿刺活检等操作或损伤后发生 INAA 的病例^[15-19]。

INAA 的病原体多种多样,理论上所有细菌及真菌都可成为 INAA 的病原体。目前尚无确切的病毒性 INAA 的报道,但一项研究显示巨细胞病毒感染与腹主动脉瘤的炎症反应存在相关性,可能提示病毒性 INAA 的存在^[20],相关研究受限于病毒在腹主动脉瘤患者中的低检出率,对样本量要求较高。链球菌属、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和沙门氏菌是最常见的病原体。不同地区 INAA 病原体谱可能存在差异^[5,21-22]。此外,肺炎克雷伯菌、结核分枝杆菌、布鲁杆菌、梅毒等细菌,念珠菌等真菌感染的 INAA 也有报道^[4,23]。

2 病理生理学

INAA 的形成与非感染性动脉瘤类似,内膜损伤、炎症细胞浸润、中膜平滑肌细胞凋亡在其发生发展中起主要作用。血管损伤(动脉粥样硬化斑块形成等)导致内膜屏障功能受损,进而使局部易受病原体侵袭(如菌血症期间病原体定植)。

不同的病原体会引起不同类型炎症细胞的浸润。对于大多数 INAA,中膜、外膜的中性粒细胞浸润为其主要特征;梅毒性 INAA 则主要表现为淋巴细胞的浸润^[24]。炎症细胞的浸润引起炎症级联反应,导致了基质金属蛋白酶(matrix metalloproteinase, MMP)表达上调,介导细胞外基质的降解和平滑肌细胞的凋亡^[25],最终导致 INAA 的发生发展乃至破裂。

3 临床表现

INAA 临床表现多样且不典型。常见的临床表

现为疼痛、发热($>38\text{ }^{\circ}\text{C}$)、脓毒血症或其他系统感染^[2]。约有 60%~70% 的 INAA 患者出现发热,为 INAA 的特征性症状,在非感染患者中极少出现^[4]。大约有一半的 INAA 患者存在动脉瘤对应部位的疼痛^[23],如胸降主动脉 INAA 患者通常为胸背部疼痛,而腹主动脉段 INAA 患者多表现为腹痛。还有一些患者可能无明显症状,或表现为非特异性的主动脉瘤占位或压迫症状,如声嘶、呃逆、恶心呕吐、肠梗阻等^[26]。如果存在主动脉瘘(主动脉-气管瘘,主动脉-食管瘘等),咯血或黑便可能为 INAA 患者的首诊症状^[27]。约有 21%~44% 的 INAA 患者出现主动脉瘤破裂或先兆破裂^[28]。破裂或先兆破裂的患者其临床症状和感染程度一般较非破裂患者更重,治疗更加复杂,并发症如主动脉瘘、脓毒血症等发生率也更高。

4 诊断

早期诊断和治疗对控制感染、预防破裂至关重要。欧洲血管外科学会(European Society for Vascular Surgery, ESVS)的指南推荐基于临床表现、实验室检查、影像学特征、病史综合考虑诊断^[29]。INAA 的专家共识^[2]推荐根据以下三项进行诊断,包括:①临床表现,包括疼痛、发热($>38\text{ }^{\circ}\text{C}$)、脓毒血症或其他系统感染;②实验室检查,包括炎症指标如 C-反应蛋白、白细胞计数、降钙素原、白介素-6、红细胞沉降率,或培养结果阳性;③影像学特征,包括存在快速进展、囊性或偏心性、分叶状、管周积液或积气、软组织肿物和多发动脉瘤。同时符合以上三项者为确定诊断,符合两项者为可能诊断,符合一项者可排除诊断。

4.1 临床表现和病史

由于 INAA 临床表现不典型、病情进展较快、并发症类型多,仅根据临床表现及病史诊断 INAA 较为困难。因此,确切诊断需要结合实验室检查和影像学特征。INAA 患者常常合并其他系统感染或炎症,如肺炎、阑尾炎等。免疫抑制或缺陷也常见于 INAA 患者,包括高龄、糖尿病、激素应用史、恶性肿瘤、HIV 等^[30-32]。

4.2 实验室检查

INAA 患者的炎症指标均可能升高,仅根据炎症指标诊断 INAA 特异度较低。血培养或组织培养阳性可以直接诊断 INAA^[2]。然而临床实践中血培养阳性率仅为 50%~70%^[4,21],一些 INAA 患者的管壁组织培养或管周穿刺物培养也可能出现阴性。

但一些研究表明,培养结果阴性的患者其临床症状和预后均较好,可能提示这部分患者的抗感染治疗效果较好^[23]。明确病原体类型对于抗感染治疗意义重大,为弥补当前培养阳性率的不理想,一些新技术如病原微生物高通量基因检测(metagenomic next-generation sequencing, mNGS)等可以考虑作为 INAA 的常规诊断手段。

4.3 影像学特征

由于 INAA 的临床表现不典型、实验室检查特异度低、培养阳性率不理想,影像学特征对于 INAA 的诊断至关重要。多种影像学检查如超声、CT、MRI、PET-CT 等均可用于 INAA 的诊断。超声可以明确提示管周积气或积液,有文献报道应用超声内镜辅助诊断 INAA^[33]。但超声检查难以明确动脉瘤形态,故当前较少根据超声结果诊断 INAA^[34]。

INAA 的瘤体特征包括囊性、偏心性或分叶状(图 1),邻近组织的改变包括管壁增厚、软组织水肿或占位、淋巴结肿大、积气或积液等^[35]。INAA 的进展速度可以通过定期影像复查监测。INAA 可出现在主动脉各节段及其分支动脉,其中最常见的是腹主动脉段(70%),其中约有一半感染性腹主动脉瘤累及肾动脉,其次是胸主动脉段(30%),发生于升主动脉、内脏动脉及其他小动脉的感染性动脉瘤罕见(<1%)^[4]。

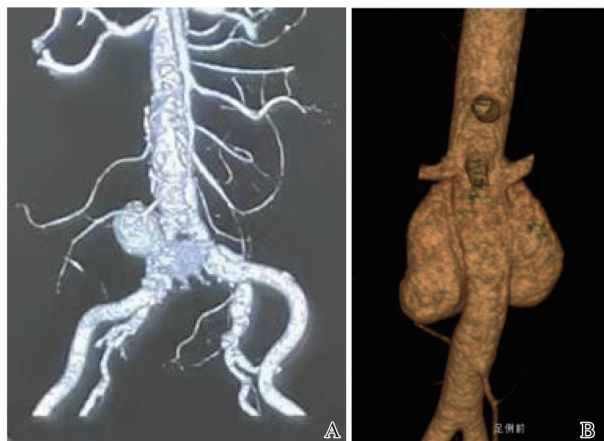


图 1 CTA 提示囊性(A)、分叶状(B)特征
Figure 1 CTA manifests saccular (A) and multilobular (B) characteristics

CT 血管造影(computed tomography angiography, CTA)是当前诊断 INAA 最普遍应用的影像学检查,其可以精确描述主动脉瘤的形态,并及时发现破裂或先兆破裂的存在。CT 还可以提示积气积液、钙化、附壁血栓的存在(图 2)。MRI 对于 INAA 周围组织水肿和脓肿较为敏感,炎性水肿的软组织和增厚的管壁在 MRI 中通常表现为 T2 相的高信号^[36]。PET-CT 可以通过 18F 的浓聚提示高代谢的

部位,提示活动性感染的存在,其准确率可以达到 88%~100%^[37]。Sailer 等^[38]发现结合 MRI 和 PET-CT 可以提高 INAA 的诊断准确率,长期监测 PET-CT 可以评估抗感染治疗效果。由于可能提高 INAA 的破裂风险,不推荐术前进行反复多次有创诊断性操作如穿刺取培养等^[39]。

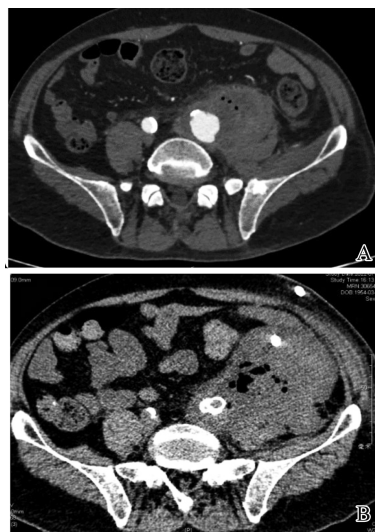


图 2 1 例 INAA 患者 CT 图像
A: 术前左髂总动脉感染性动脉瘤管周积气,腹膜后血肿;B: EVAR 腔内修复(endovascular aortic repair, EVAR)术后积气增多、血肿范围增大。

Figure 2 CT images of a patient with INAA
A: Perivascular gas and retroperitoneal hematoma of the left common iliac infective aneurysm; B: Extended perivascular gas and hematoma after endovascular aortic repair (EVAR).

5 治疗

5.1 抗感染治疗

抗感染治疗是 INAA 一切治疗的基础。明确病原体对于 INAA 的治疗非常重要,但临床实践中血培养阳性率不高,仅为 50%~70%。由于腔内治疗的广泛应用,有时难以取得 INAA 的组织培养标本。一般而言,沙门氏菌属感染的 INAA 病程进展更快,且其短期结局更差;而非沙门氏菌属感染的 INAA 的术后并发症发生率更高,且远期结局更差^[30]。

相关研究显示术前应用抗生素至少 3 d 可将动脉瘤相关死亡率和并发症发生率降低 80% ($OR = 0.2$),术后应用抗生素至少 6 个月也可减少过半的远期死亡率($HR = 0.36$)^[40]。Aoki 等^[41]推荐术后静脉应用抗生素 2 周后,口服抗生素 6 个月。而对于只进行 EVAR 手术的患者,一些研究推荐终生应用口服抗生素治疗^[42]。值得关注的是,单纯应用抗感染治疗,不进行手术干预的患者,其院内死亡率为

75%~100%^[8-9]。故除非患者难以耐受或拒绝手术,所有 INAA 患者均应当考虑手术治疗。

5.2 手术治疗

一些研究建议症状稳定的患者应当先进行充分的抗感染治疗后再进行手术,然而也有观点认为一旦确诊为 INAA,应当立刻进行手术来预防 INAA 破裂,以及早期及时清理感染灶^[42-43]。但无论如何,手术治疗都是必须的,包括开放手术(open aortic repair, OAR)和腔内治疗(endovascular repair, EVAR)。手术的目标包括清除感染灶和重建血运。目前对于 OAR 和 EVAR 的选择和优劣尚无明确共识,2007 年前的相关研究以 OAR 为主,而 2008 年后则以 EVAR 为主^[40]。

5.2.1 解剖外旁路手术

解剖外旁路手术主要包括腋动脉-双股动脉旁路和腹膜后旁路,其中腋动脉-双股动脉旁路是最常用的旁路手术方式。解剖外旁路优势在于可以彻底清除感染灶,并使旁路血管与原位感染区域隔离^[44]。理论上该术式可以完全清除感染灶,术后移植植物感染的风险也较低。

研究表明相比腋动脉-双股动脉旁路,腹膜后旁路术可能具有更好的短期结局^[42]。然而无论选择何种旁路,解剖外旁路手术的远期结局不甚理想,旁路血管 3 年通畅率约 67%,主动脉残端破裂率为 2%~20%;此外,术后感染复发率仍较高,约为 15%~20%^[8]。另一项研究报道的术后 5 年通畅率为 80%^[45]。

考虑到解剖外旁路手术的术后通畅率不理想,再感染率较高,且手术复杂、创伤大、时间长,推荐仅在感染范围较大、原位或邻近部位存在感染等情况下应用该手术。腹膜后旁路术相关报道较少,且仅适用于腹膜后无感染的患者。

5.2.2 原位重建术

与解剖外旁路手术相比,原位重建具有几项优点:①其与原本的解剖结构类似,拥有更稳定的血流动力学;②原位重建较解剖外旁路手术时间短、流程简单、创伤较小;③原位重建的通畅率更高,且出现长期并发症如破裂、跛行等更少^[40]。Lee 等^[46]进行的一项纳入 28 例 INAA 患者的研究报道,原位重建组($n=13$)和解剖外旁路组($n=15$)的围手术期死亡率分别为 8%和 27%。

然而该术式的主要缺点在于重建后的血管仍然与感染灶邻近,可能增加了术后再感染的风险。一项单中心研究显示原位重建术后($n=37$)和解剖外旁路术后($n=6$)的再感染率分别为 8%和 0%^[47];

另一项研究报告 13 例原位重建术后患者的再感染率为 20%^[48]。这些研究样本量较小,可能影响其统计学意义,但仍然提示了原位重建术后的再感染风险。综合考虑解剖外旁路与原位重建的优劣,在无明显禁忌如原位或大范围感染的情况下,原位重建可能是 INAA 更加安全有效的开放手术方式^[47,49]。此外,如果原位重建后出现移植植物感染,就可能需要考虑再行解剖外旁路手术。

目前,原位重建 INAA 的移植植物主要包括药物浸泡人工血管、生物组织浸泡人工血管、银涂层人工血管、动物(牛、猪、马等)心包补片、自体静脉或异体移植植物^[50]。不同来源和材料的移植植物都可联合大网膜成型术以改善其抗感染能力、减少并发症^[51];联合大网膜成型术的原位重建术后感染相关并发症发生率约为 0.7%^[40]。自体或异体静脉移植通常选择股静脉,一期 INAA 手术通畅率约为 90%,二期进行球囊扩张后通畅率为 100%,术后 3 个月、1 年、5 年的生存率分别为 91%、83%和 71%^[52]。但是应用静脉移植植物存在管径匹配问题,同时术中取静脉也会延长手术时间、增加创伤,限制了静脉移植植物在急诊手术中的应用;且由于管径匹配问题和对下肢静脉系统的损害,静脉移植植物术后成瘤率为 2%~10%,约有 15%的患者出现下肢静脉高压相关症状^[53]。人工血管则可以更好匹配管径,且不易出现管壁退行性成瘤等情况。

5.2.3 EVAR

EVAR 近年来已经逐渐成为治疗动脉瘤的主流选择。尽管 OAR 是 INAA 治疗的金标准,EVAR 仍然具有不可替代的优势,如创伤小、难度低、术后恢复快等。关于 EVAR 最大的争议在于该术式无法清除感染灶,且移植植物直接原位接触感染区域,患者感染复发风险较高;此外 EVAR 无法直接取得病灶部位的病原体培养,可能会影响后续的抗感染治疗。

目前缺乏关于比较 EVAR 和 OAR 治疗 INAA 的临床试验,但大量相关研究仍然提示了 EVAR 相比 OAR 在患者生存率上的优势。一项欧洲的多中心研究显示 EVAR 的术后 1 个月、1、5、10 年生存率为 91%、75%、55%、41%^[30]。表明对于大多数 INAA 患者,EVAR 可以作为一项长期治疗手段,也可以作为重症患者的姑息治疗手段。Meta 分析提示 EVAR 的术后再感染率(24% vs. 18%, $P=0.439$)和再手术率(24% vs. 21%, $P=0.650$)不显著高于 OAR,且有更好的短期结局,EVAR 术后 30 d 生存率为 93%,而 OAR 为 57%^[40]。

6 并发症

菌血症或脓毒血症为 INAA 最常见的术前并发症,其他术前并发症包括主动脉瘘(主要为主动脉食管瘘,主动脉支气管瘘和主动脉肠瘘),邻近部位感染(如腰大肌脓肿、腹膜后感染、椎体感染等),以及破裂导致的腹膜后血肿和失血性休克等^[54]。出现并发症往往预示患者预后不良,并降低远期生存率^[34]。一项综合 70 例 INAA 患者的研究显示,合并椎体感染的 INAA 死亡率可达 71%^[55]。Hu 等^[56] 研究显示,存在管周脓肿、腰大肌脓肿、椎体感染、脓毒血症等并发症的患者预后较差,其急诊手术率、院内死亡率、移植物感染率、短期及长期死亡率等均较高。

INAA 的术后最常见也是最严重的并发症为感染相关并发症(infection-related complications, IRCs),包括脓毒血症、移植物感染、主动脉瘘、邻近组织感染等。约有 90% 的 IRCs 出现在 INAA 术后前 3 个月。不同研究报道的 IRCs 发生率差别较大,约为 18.2%~42.8%^[5,30,32,40,52]。出现 IRCs 往往是预后不良的征兆,IRCs 相关死亡率约为 40%~70%,其中出现主动脉肠瘘或主动脉支气管瘘的病例死亡率可以达到 70%~100%。

7 展望

目前 INAA 缺乏相关的前瞻性研究。基础研究多为病理学研究,目前尚无 INAA 动物模型等的建立,有待于进一步深入研究。INAA 缺乏多中心研究,单中心研究样本量均较小,影响了研究中结论的统计学意义。

相关研究显示病毒可能与腹主动脉瘤的发病存在相关性,且存在 EB 病毒及 HIV 相关的颅内动脉瘤及冠状动脉瘤的报道^[57-58]。但目前尚无法明确病毒感染是偶发因素,或是免疫抑制和缺陷的表现,抑或是与动脉瘤直接相关。探索病毒在 INAA 发病机制中的作用可能是未来研究的一大方向。

诊断和治疗一直是 INAA 临床实践中的重点。如果多次培养结果阴性,且患者仍然存在感染活动期症状,可考虑应用 mNGS 等新技术明确病原体,或考虑是否为病毒感染。EVAR 在多项研究中均较 OAR 有更好的短期结局和类似的长期结局,但一旦存在禁忌,或出现移植物感染或其他 IRCs,OAR 仍然是最确切有效的治疗手段。

INAA 是血管外科领域的一大难题和挑战,明确 INAA 的病因、发病机制、病原体,达成有效的、患者获益最多的治疗共识与指南是当前 INAA 研究的重点,也是相关研究人员努力的方向。

参考文献:

- [1] Osler W. The gulstonian lectures, on malignant endocarditis[J]. Br Med J, 1885, 1(1262): 577-579.
- [2] Sörelius K, Wyss TR, Academic Research Consortium of Infective Native Aortic Aneurysm, et al. Editor's choice-infective native aortic aneurysms; a Delphi consensus document on terminology, definition, classification, diagnosis, and reporting standards[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2023, 65(3): 323-329.
- [3] Ballaith A, Raffort J, Rajhi K, et al. Mycotic aortic and left iliac ruptured aneurysm due to *Escherichia Coli*: a case report and literature overview[J]. Acta Chir Belg, 2022, 122(1): 56-62.
- [4] Wilson WR, Bower TC, Creager MA, et al. Vascular graft infections, mycotic aneurysms, and endovascular infections; a scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2016, 134(20): e412-e460.
- [5] Dang Q, van Eps RGS, Wever JJ, et al. Nationwide study of the treatment of mycotic abdominal aortic aneurysms comparing open and endovascular repair in The Netherlands [J]. J Vasc Surg, 2020, 72(2): 531-540.
- [6] Lin CH, Hsu RB. Primary infected aortic aneurysm: clinical presentation, pathogen, and outcome[J]. Acta Cardiol Sin, 2014, 30(6): 514-521.
- [7] Luo CY, Ko WC, Kan CD, et al. *In situ* reconstruction of septic aortic pseudoaneurysm due to *Salmonella or Streptococcus* microbial aortitis: long-term follow-up[J]. J Vasc Surg, 2003, 38(5): 975-982.
- [8] Lee CH, Hsieh HC, Ko PJ, et al. Treatment of infected abdominal aortic aneurysm caused by *Salmonella*[J]. Ann Vasc Surg, 2014, 28(1): 217-226.
- [9] Huang YK, Chen CL, Lu MS, et al. Clinical, microbiologic, and outcome analysis of mycotic aortic aneurysm: the role of endovascular repair[J]. Surg Infect, 2014, 15(3): 290-298.
- [10] Sörelius K, Wanhainen A, Furebring M, et al. Nationwide study of the treatment of mycotic abdominal aortic aneurysms comparing open and endovascular repair[J]. Circulation, 2016, 134(23): 1822-1832.
- [11] Barry IP. Mycotic abdominal aortic aneurysm in the endovascular era[J]. Cureus, 2019, 11(11): e6119. doi: 10.7759/cureus.6119.
- [12] Murakami M, Morikage N, Samura M, et al. Fluorine-

- 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography for diagnosis of infected aortic aneurysms[J]. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28(3):575-578.
- [13] Xue J, Yao YM, Liu LM. Treatment of tuberculous aortic pseudoaneurysm associated with vertebral tuberculosis: a case series and a literature review[J]. *Medicine*, 2018, 97(15): e0382. doi: 10.1097/MD.00000000000010382.
- [14] Lopes RJ, Almeida J, Dias PJ, et al. Infectious thoracic aortitis: a literature review[J]. *Clin Cardiol*, 2009, 32(9): 488-490.
- [15] Berchiolli R, Mocellin DM, Marconi M, et al. Ruptured mycotic aneurysm after intravesical instillation for bladder tumor[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 59: 310. doi:10.1016/j.avsg.2018.12.100.
- [16] Flynn D, Ogi A, Subedi S, et al. Mycotic aortic aneurysm formation following intravesical BCG treatment for transitional cell carcinoma of the bladder[J]. *BMJ Case Rep*, 2021, 14(11): e246389. doi: 10.1136/bcr-2021-246389.
- [17] Kordzadeh A, Rhodes KM, Hanif MA, et al. Ruptured cryptogenic mycotic abdominal aortic aneurysm by *Salmonella* enteritidis[J]. *Ann Vasc Surg*, 2013, 27(7): 973. doi:10.1016/j.avsg.2012.08.016.
- [18] Al-Ani HH, Khashram M, Dean A, et al. Infected abdominal aortic aneurysm after transrectal ultrasound-guided biopsy of the prostate: a report of two cases[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 61: 469. doi: 10.1016/j.avsg.2019.05.021.
- [19] Banks CA, Beck AW, McFarland GE, et al. Concomitant paravisceral and thoracic mycotic aortic aneurysms in a cirrhotic patient[J]. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*, 2021, 7(3): 496-501.
- [20] Jabłońska A, Zagrapan B, Paradowska E, et al. Abdominal aortic aneurysm and virus infection: a potential causative role for cytomegalovirus infection? [J]. *J Med Virol*, 2021, 93(8): 5017-5024.
- [21] Sörelus K, Wanhainen A, Furebring M, et al. The microbiology of infective native aortic aneurysms in a population-based setting[J]. *Ann Vasc Surg*, 2022, 78: 112-122. doi:10.1016/j.avsg.2021.06.039.
- [22] 黄伯儒, 高占峰. 布鲁菌感染性腹主动脉瘤腔内治疗前后细胞因子的表达情况[J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2023, 9(10): 1162-1166.
Huang Boru, Gao Zhanfeng. Expression of cytokines in abdominal aortic aneurysms infected by *Brucella* before and after intracavitary therapy [J] *Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 2023, 9(10): 1162-1166.
- [23] Kang J, Kim YW, Kim DK, et al. Culture-negative mycotic aortic aneurysms probably have a less severe clinical nature than culture-positive counterparts [J]. *Ann Vasc Surg*, 2021, 75: 150-161. doi: 10.1016/j.avsg.2021.03.018.
- [24] Maleszewski JJ. Inflammatory ascending aortic disease: perspectives from pathology [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(Suppl 2): S176-S183.
- [25] Roncati L, Bernardelli G, Manenti A. The infected abdominal aortic aneurysm[J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, 65: e297-e298. doi:10.1016/j.avsg.2020.01.082.
- [26] Bayliss CD, Booth KL, Williams R, et al. Managing a mycotic thoracoabdominal aneurysm: the importance of molecular diagnostics[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(5): e379-e381.
- [27] Lakhani DA, Sharma SA, Kutayni H, et al. Primary aort-enteric fistula: a case report and brief review of the literature[J]. *Radiol Case Rep*, 2021, 16(11): 3549-3553.
- [28] Cullen JM, Booth AT, Mehaffey JH, et al. Clinical characteristics and longitudinal outcomes of primary mycotic aortic aneurysms[J]. *Angiology*, 2019, 70(10): 947-951.
- [29] Wanhainen A, Verzini F, van Herzele I, et al. Editor's choice - European society for vascular surgery (ESVS) 2019 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2019, 57(1): 8-93.
- [30] Sörelus K, Mani K, Björck M, et al. Endovascular treatment of mycotic aortic aneurysms: a European multicenter study[J]. *Circulation*, 2014, 130(24): 2136-2142.
- [31] Silvestri V, D'Etto G, Borrazzo C, et al. Many different patterns under a common flag: aortic pathology in HIV-a review of case reports in literature[J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 59: 268-284. doi:10.1016/j.avsg.2019.01.016.
- [32] Luo YD, Zhu JC, Dai XC, et al. Endovascular treatment of primary mycotic aortic aneurysms: a 7-year single-center experience[J]. *J Int Med Res*, 2018, 46(9): 3903-3909.
- [33] Reise-Filteau M, Toliopoulos P, Desilets E. A178 diagnosis of a mycotic aortic aneurysm using endoscopic ultrasound: a case report [J]. *J Can Assoc Gastroenterol*, 2020, 3(Suppl 1): 44-45.
- [34] Lai CH, Chang RS, Luo CY, et al. Mycotic aneurysms in the abdominal aorta and iliac arteries: CT-based grading and correlation with surgical outcomes[J]. *World J Surg*, 2013, 37(3): 671-679.
- [35] 赵娜, 侯小明, 张兴华, 等. 感染性主动脉瘤的 CT 血管成像特征 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2023, 31(11): 1218-1221.
ZHAO Na, HOU Xiaoming, ZHANG Xinghua, et al. CT angiography features of infective aortic aneurysm [J]. *Chinese Journal of Medical Imaging*, 2023, 31(11):

- 1218-1221.
- [36] Zhang N, Xiong W, Li Y, et al. Imaging features of mycotic aortic aneurysms[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2021, 11(6): 2861-2878.
- [37] Soussan M, Nicolas P, Schramm C, et al. Management of large-vessel vasculitis with FDG-PET: a systematic literature review and meta-analysis[J]. *Medicine*, 2015, 94(14): e622. doi:10.1097/MD.0000000000000622
- [38] Sailer AM, Bakers FC, Daemen JW, et al. 18F-FDG PET/MRI in the diagnosis of an infected aortic aneurysm[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2018, 8(Suppl 1): S208-S211.
- [39] Roldan CJ. Penetrating atherosclerotic ulcerative disease of the aorta: do emergency physicians need to worry? [J]. *J Emerg Med*, 2012, 43(1): 196-203.
- [40] Sörelius K, Budtz-Lilly J, Mani K, et al. Systematic review of the management of mycotic aortic aneurysms[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2019, 58(3): 426-435.
- [41] Aoki C, Fukuda W, Kondo N, et al. Surgical management of mycotic aortic aneurysms[J]. *Ann Vasc Dis*, 2017, 10(1): 29-35.
- [42] Qi YF, Xiao ZX, Shu C, et al. Infected abdominal aortic aneurysms treated with extra-anatomic prosthesis bypass in the retroperitoneum[J]. *Ann Vasc Surg*, 2017, 45: 231-238. doi:10.1016/j.avsg.2017.06.125.
- [43] 薛云飞, 罗明尧, 舒畅, 等. 主动脉假性动脉瘤急诊腔内修复术中“病灶内导管预置法”的运用[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(1): 57-62.
- XUE Yunfei, LUO Mingyao, SHU Chang, et al. Emergency endovascular repair of aortic pseudoaneurysm combined with a pre-placed catheter into the lesions[J]. *Chinese Circulation Journal*, 2021, 36(1): 57-62.
- [44] Stenson KM, Grima MJ, Loftus IM, et al. Recommendations for management of infected aortic pathology based on current evidence[J]. *Semin Vasc Surg*, 2019, 32(1/2): 68-72.
- [45] Samson RH, Showalter DP, Lepore MR Jr, et al. Improved patency after axillofemoral bypass for aortoiliac occlusive disease[J]. *J Vasc Surg*, 2018, 68(5): 1430-1437.
- [46] Lee CH, Hsieh HC, Ko PJ, et al. *In situ* versus extra-anatomic reconstruction for primary infected infrarenal abdominal aortic aneurysms[J]. *J Vasc Surg*, 2011, 54(1): 64-70.
- [47] Dubois M, Daenens K, Houthoofd S, et al. Treatment of mycotic aneurysms with involvement of the abdominal aorta: single-centre experience in 44 consecutive cases [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 40(4): 450-456.
- [48] Kyriakides C, Kan Y, Kerle M, et al. 11-year experience with anatomical and extra-anatomical repair of mycotic aortic aneurysms[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2004, 27(6): 585-589.
- [49] Puppinc P, Chevalier J, Ducasse E, et al. Primary infected aneurysm of the infra-renal aorta: *in situ* or extra-anatomic bypass? [J]. *J Mal Vasc*, 2004, 29(1): 35-38.
- [50] Ben Ahmed S, Louvancourt A, Daniel G, et al. Cryopreserved arterial allografts for *in situ* reconstruction of abdominal aortic native or secondary graft infection[J]. *J Vasc Surg*, 2018, 67(2): 468-477.
- [51] Han Y, Kwon TW, Park SJ, et al. The results of *in situ* prosthetic graft replacement for infected aortic disease [J]. *World J Surg*, 2018, 42(9): 3035-3041.
- [52] Heinola I, Sörelius K, Wyss TR, et al. Open repair of mycotic abdominal aortic aneurysms with biological grafts: an international multicenter study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7(12): e008104. doi: 10.1161/JAHA.117.008104.
- [53] Heinola I, Kantonen I, Jaroma M, et al. Editor's choice-treatment of aortic prosthesis infections by graft removal and *in situ* replacement with autologous femoral veins and fascial strengthening[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2016, 51(2): 232-239.
- [54] Tournaye E, Hollering P, De Roover D, et al. *Staphylococcus aureus* sepsis and hemoptysis as messengers of a rather impractically located mycotic aneurysm[J]. *Acta Chir Belg*, 2023, 123(4): 430-435.
- [55] McHenry MC, Rehm SJ, Krajewski LP, et al. Vertebral osteomyelitis and aortic lesions: case report and review [J]. *Rev Infect Dis*, 1991, 13(6): 1184-1194.
- [56] Hu SY, Hsieh MS, Chang YT, et al. Clinical features, management, and outcome of iliopsoas abscess associated with cardiovascular disorders: a hospital-based observational case series study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019, 20(1): 474. doi:10.1186/s12891-019-2798-3.
- [57] Xiao HJ, Hu B, Luo RM, et al. Chronic active Epstein-Barr virus infection manifesting as coronary artery aneurysm and uveitis[J]. *Virol J*, 2020, 17(1): 166. doi: 10.1186/s12985-020-01409-8.
- [58] Kanno S, Thomas SV. Intracranial microbial aneurysm (infectious aneurysm): current options for diagnosis and management[J]. *Neurocrit Care*, 2009, 11(1): 120-129.

(编辑:房红娟)