

## · 综述 ·

## 无创性多模态影像学在 IgG4 相关性心血管疾病的临床应用价值

库雷志 综述 马小静 审校

**【摘要】** IgG4 相关疾病是一种全身性慢性纤维炎性疾病,可以影响身体多组织和器官,其累及心血管系统主要包括冠状动脉、心瓣膜、心肌、心包、主动脉、肺和周围血管,严重影响患者预后。各种无创性多模态影像学,已成功用于早期疾病的检测和随访。超声心动图是最常用的无创成像方法,可以评估心脏结构异常如冠状动脉瘤、周周围炎性假瘤、心包炎及心包积液的诊断,检测黏附于心腔的心内膜表面的不规则肿块,心肌缺血及心脏收缩舒张功能评估。血管超声检查可较好地评估动脉瘤的大小,血管内血栓及动脉瘤内流情况。多层螺旋 CT 增强血管成像可以评估主动脉炎、动脉周炎和冠状动脉瘤,主动脉炎、动脉炎、周围动脉炎及动脉壁增厚、脉狭窄的程度;动脉瘤大小、血栓情况;动脉周围的软组织增厚以及周围脏器的压迫情况。此外,还可以对激素治疗预后的评估和判断。心脏磁共振成像提供了心血管系统的综合评估,包括心功能、纤维化程度、疾病相关并发症,以及进一步治疗的指南。氟脱氧葡萄糖正电子发射断层扫描/计算机断层扫描可以提供有关疾病程度、活动性炎症的存在和最佳活检部位的重要信息。

**【关键词】** IgG4 相关性全身性疾病; IgG4 相关性心血管疾病; 无创性; 多模态影像学

**【中图分类号】** R54; R593.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)11-1435-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.11.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



IgG4 相关性系统疾病(IgG4-related systemic disease, IgG4-RSD)其特征是 IgG4 阳性浆细胞浸润,多系统器官组织纤维化,血清 IgG4 水平升高。受累的器官有胰腺、胆道、肾脏、肺、淋巴结、脑膜、主动脉、乳腺、前列腺、甲状腺、心包和皮肤等<sup>[1]</sup>。近年来 IgG4 相关性心血管疾病(IgG4-related cardiovascular disease, IgG4-RCVD)报道逐渐增多,主要包括主动脉、冠状动脉、肺动脉、心脏瓣膜、心肌、心包和周围血管等<sup>[2]</sup>。最常发生在肾下段腹主动脉<sup>[3]</sup>。IgG4 相关炎性腹主动脉瘤是发现的最常见 IgG4-RCVD 之一<sup>[4]</sup>。虽然组织病理学检查仍然是检测器官受累和诊断 IgG4-RSD 的参考标准<sup>[5]</sup>,但从血管壁获得活检或手术标本仍然具有挑战性。各种无创性多模态影像学技术已成功应用于 IgG4-RCVD 早期疾病诊断与鉴别诊断、指导活检和评估治疗反应等<sup>[6]</sup>。本文主要综述了各种无创性多模态影像学在 IgG4-RCVD 的诊断、活动性炎症的量化评价以及随访期间治疗后疗效监测的临床应用价值。

## IgG4-RCVD 病理特点及诊断标准

IgG4-RCVD 病理学特点主要表现为受累部位为

大量 IgG4 阳性浆细胞浸润,呈席纹状或回旋状排列,常累及血管外膜为主,内中膜较少。病理学诊断标准包括:①组织病理学发现动脉炎及动脉周围炎不容易被动脉粥样硬化解释;②至少 50% 的血浆细胞阳性 IgG4;③在 400 倍高倍镜放大后,至少三个视野且各自计数 IgG4 阳性浆细胞达 50 个<sup>[7]</sup>。其确切病因及病理机制尚未完全阐明。IgG4-RCVD 主动脉受累常表现主动脉炎、周围炎及动脉瘤形成,以腹主动脉瘤多见,其中动脉瘤形成可能与 Th2 介导免疫细胞至血管平滑肌细胞死亡相关;冠状动脉受累常表现周围假瘤形成,管腔狭窄、扩张或真性动脉瘤形成,部分呈硬化样改变,其发病机制可能有:①IgG4-RCVD 导致冠状动脉血管外膜纤维化,形成炎性假瘤并压迫血管壁,造成局部管腔狭窄;②在炎症反应刺激下,冠状动脉周围脂肪通过旁分泌途径参与调节管壁重塑和血管周围炎症<sup>[8]</sup>。

## IgG4-RCVD 多模态影像学诊断与活动性炎症定量评价

### 1. IgG4 相关性主动脉病变

IgG4-RCVD 累及主动脉首先从血管外膜开始,向内则逐步浸润至中-内膜,导致以血管壁纤维炎症为主的主动脉炎、动脉狭窄及动脉瘤样改变,甚至可能出现动脉瘤破裂、夹层及穿孔;部分患者血管周围组织可见富含 IgG4 浆细胞组织浸润,造成以血管外膜和血管周围病变为主的主动脉周围炎,此时,主动脉管径通

作者单位:430022 武汉,武汉亚洲心脏病医院放射科(库雷志),超声科(马小静)

作者简介:库雷志(1985-),男,湖北武汉人,硕士研究生,主治医师,主要从事心血管疾病影像诊断工作。

通讯作者:马小静, E-mail: 47706718@qq.com

基金项目:武汉市卫生健康科研基金(WX21D46)

常正常或轻度狭窄;但动脉周围炎形成的肿块或增生纤维组织可累及周围组织器官引起一系列压迫症状<sup>[9]</sup>。常见症状为局部下背痛、下腹部和侧腹疼痛、腿水肿和因输尿管阻塞引起的肾盂积水,并伴有腹膜后纤维化,超过 2/3 的特发性腹膜后纤维化病例与 IgG4-RSD 有关, IgG4 相关性腹膜后纤维化(IgG4-related retroperitoneal fibrosis, IgG4-RPF)患者可能无症状,或伴有背痛、腹痛或肾积水,在没有 IgG4-RPF 和肾积水的患者初次检查中,有时会忽略这种疾病<sup>[10]</sup>。Mahajan 等<sup>[11]</sup>将 IgG4-RPF 的影像表现分为 3 型:①主动脉周围型;②输尿管周围型;③斑块型。在 MSCT 平扫时 IgG4-RPF 表现腹膜后腹主动脉、髂动脉、下腔静脉、输尿管周围不规则的软组织肿块、斑块样肿块,肾圆形或楔形皮质样肿块,包绕输尿管产生肾积水等,呈等或低于周围肌肉密度<sup>[12]</sup>。在 MRI 检查时, IgG4-RPF 肿块在 T<sub>1</sub> 加权图像上表现为低信号强度或中等信号强度, T<sub>2</sub> 加权图像上表现为随纤维化程度的变化而改变,延迟钆注射后呈延迟强化<sup>[13]</sup>。Qi 等<sup>[14]</sup>根据 CTA 增强图像上 IgG4 相关性动脉受累血管管腔改变,分为 5 种类型。A 型:动脉周围炎伴管径正常,表现为血管周围软组织肿块合并正常管径;B 型:动脉周围炎伴轻度管腔狭窄(狭窄<50%);C 型:动脉周围炎伴管腔中度狭窄的(管腔狭窄 50%~70%);D 型:为动脉瘤样扩张伴动脉周围炎,同时可伴有<50%正常管腔的狭窄及动脉壁增厚;E 型动脉瘤伴动脉周围炎,同时可伴有>50%正常管腔的狭窄及动脉壁增厚。大多数 IgG4 相关性动脉血管病变表现为管壁增厚。在增强 MSCT 或 CTA 图像上,通常表现为受累主动脉壁弥漫性环形增厚并均匀一致延迟强化,周围见边缘不规则软组织肿块包绕正常或轻度狭窄管腔<sup>[15]</sup>,当炎性主动脉瘤与增厚主动脉管壁被周围炎症及纤维化包裹时,可呈“灯罩征(mantle-sign)”或“光晕征(halo sign)”<sup>[16]</sup>,在超声心动图上表现为均匀的回声团块。对比增强超声见周围组织中发现了丰富的对比增强。当出现炎性腹主动脉瘤时,超声可表现为腹主动脉钙化瘤壁周围环形低回声带。此外,连续多普勒超声可以在血管造影检测到管腔改变之前评估血流特征,可以成功地用于 IgG4 患者的术后监测<sup>[17]</sup>。在 MRI 图像表现为血管壁增厚水肿及周围软组织肿块,出现炎性主动脉瘤时可呈“同心圆”样改变<sup>[18]</sup>。Gotway 等<sup>[19]</sup>认为虽心血管磁共振(cardiovascular magnetic resonance, CMR)可以揭示血管壁炎症,包括动脉壁增厚和动脉壁水肿,CMR 的发现与疾病的活动或进展有明确的相关性。通常, IgG4 相关性主动脉炎或周围炎正电子发射计算机断层扫描(positron emission tomography/computed tomography, PET/CT)表现为

多灶性主动脉壁和/或动脉周围的氟代脱氧葡萄糖(fluoro-deoxy-glucose, FDG)高摄取状态。PET/CT 比上述成像方式更敏感,它能够早期识别疾病所累及的主动脉的其他部分(腹主动脉),以及主动脉外(髂动脉)和血管外(广泛的淋巴结)受累病灶及炎症活动位置,这对样本活检穿刺具有重要价值。另 PET/CT 的代谢信息与 CTA 的形态学表现(尤其是血管壁增厚)相结合,对于正确解释主动脉 FDG 摄取的炎症来源至关重要<sup>[20]</sup>。

## 2. IgG4 相关性冠状动脉病变

IgG4 相关性冠状动脉病变报道少见,受累冠状动脉主要发生在外膜,可导致冠状动脉炎及周围炎,冠状动脉周围假瘤或纤维硬化性增厚缩、冠状动脉管腔狭窄、扩张和动脉瘤形成,发生缺血性心肌病或心源性猝死等严重并发症。Akiyama 等<sup>[21]</sup>将 IgG4 相关性冠状动脉病变分成 3 型:①狭窄型;②动脉瘤性;③弥漫性管壁增厚型。冠脉动脉 CTA 及 MRI 可以在壁增厚和壁增强的情况下直接显示血管壁,表现为均匀一致环形低密度壁增厚影及均匀延迟强化影。当受累冠状动脉被周围假肿瘤或纤维硬化性增厚病变包绕时,在增强 MSCT、冠状动脉 CTA(图 1)原始横轴面或曲面重建图像可见“毯盖小猪征(pigs-in-a-blanket sign)”<sup>[22]</sup>或“槲寄生征(mistletoe sign)”<sup>[23]</sup>,虽然这种征象较少见,但对 IgG4 相关性冠脉病变具有重要诊断价值。当出现 IgG4 相关性冠状动脉瘤形成时,对瘤体评价应包括其形状和结构的评估,动脉瘤的扩张形态(梭型或囊袋状)、瘤壁钙化、瘤腔内血栓和任何有临床意义管腔狭窄。同时描述中应注明冠状动脉瘤是单支还是多支,以及涉及确切的冠状动脉节段名称<sup>[24]</sup>。超声心动图不仅可以对冠状动脉瘤及冠状动脉周围假瘤样病变诊断,也可判断心脏心肌缺血情况甚至评估心功能。FDG PET/CT 在高代谢性冠状动脉周围肿块应引起怀疑 IgG4 合并冠脉受累;如果在冠状动脉病变区有 FDG 吸收,提示冠状动脉有活跃的炎症表现,糖皮质激素治疗效果较好。最后, PET/CT 可以帮助 IgG4 合并冠脉受累患者确定活检穿刺点位置,对病例确诊起到至关重要作用<sup>[25]</sup>。

## 3. IgG4 相关性肺动脉病变

IgG4-RSD 累及肺动脉是罕见的,可引起肺动脉炎和肺动脉周围炎,影像学上表现为受累肺动脉主干或分支肺动脉狭窄、扩张和肺动脉周围低密度软组织肿块,超声心动图可见受累肺动脉狭窄、扩张及周围软组织肿块及肺动脉高压。肺动脉 CTA 表现为肺动脉不规则团片状周围软组织包绕并管腔狭窄,常合并主动脉或其它小-中动脉受累及血清 IgG4 水平显著升高,易被误诊为肺动脉栓塞、恶性肺动脉肿瘤<sup>[26]</sup>。超

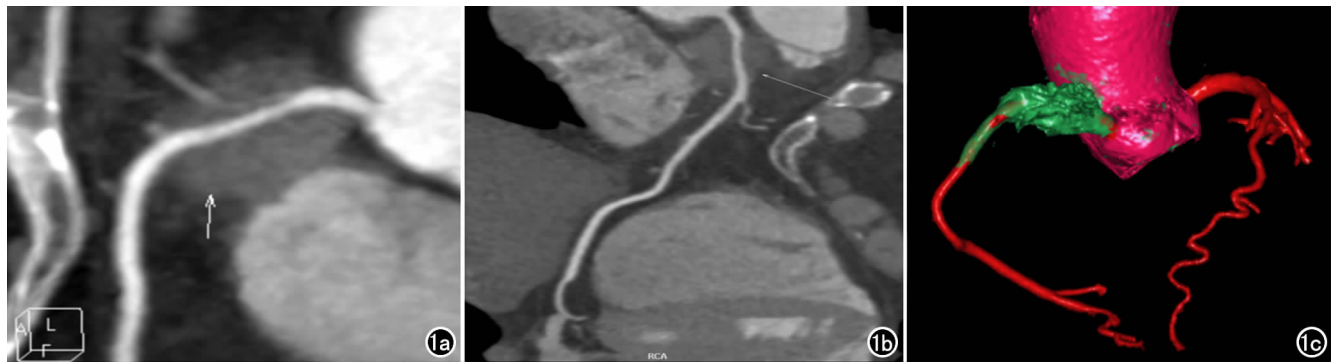


图1 女,65岁,IgG4-RCVD累及右冠状动脉。a)冠状动脉CTA成像MIP;b)CTP及c)VR后处理图像示右冠状动脉近段管腔周围见假瘤样软组织团块(箭)包绕并管腔受压变窄,呈特异性的“毯盖小猪”或“榭寄生”样改变<sup>[22-23]</sup>。

声心动图、肺动脉CTA或MRI检查有助于临床筛查IgG4-RSD累及肺动脉,但与血栓或肺动脉恶性肿瘤的鉴别诊断存在一定困难,相对而言,PET/CT可能是鉴别肺动脉血栓和恶性肿瘤的有效方法。另PET/CT有助于受累器官识别和确定候选活检部位。PET/CT表现为肺动脉周围软组织肿块及合并主动脉、其它小-中动脉受累增厚管壁FDG摄取<sup>[27]</sup>。

#### 4. IgG4相关性心包病变

IgG4阳性的浆细胞性浸润可导致IgG4相关的缩窄性心包炎、纵隔纤维化等<sup>[28]</sup>。超声心动图可提供有关心包解剖、功能、心室壁运动变化和心室功能的可靠信息,是检测心包病变和心脏假瘤样病变的理想方法。当出现IgG4相关性的缩窄性心包炎时,主要表现为高回声性心包增厚和心包积液。增强MSCT和CMR可见显示心包增厚、心包积液,经皮质类固醇治疗后消失。此外,增强MSCT或CTA对IgG4-RCVD激素治疗预后的评估和判断具有重要意义。FDGPET/CT表现为心包增厚并FDG高摄取,提示糖皮质激素治疗有效<sup>[29]</sup>。

#### 5. IgG4相关性心肌病变

IgG4-RSD累及心肌时可表现为心肌内浸润性肿块。Kouzu等<sup>[30]</sup>及Kusunose等<sup>[31]</sup>分别报告了通过超声心动图诊断IgG4累及右室流出道与左心室下侧壁,均表现为受累组织出现软组织肿块浸润。心脏增强MSCT或CTA也可用于评估心脏肿块及其邻近结构<sup>[32]</sup>。CMR是评价心肌及心包的重要工具, $T_1$ WI、 $T_2$ WI和钆剂延迟增强序列可用于更多的组织特征检测,电影梯度回波序列可用于这些肿块引起心脏功能改变评估<sup>[33]</sup>。

#### 6. IgG4相关性心脏瓣膜病变

IgG4-RSD累及心脏瓣膜可引起瓣膜狭窄或反流。有时IgG4阳性浆细胞浸润可在瓣膜小叶上形成肿瘤。超声心动图是心脏瓣膜病诊断和治疗的主要影

像学手段。经胸超声心动图和经食管超声心动图可早期准确诊断瓣膜受累严重程度。CMR也可无创性提供心脏瓣膜解剖图像,定量评估狭窄和反流,此外,CMR确定瓣膜病变引起心脏功能改变,包括心室扩张、压力超载和收缩功能改变<sup>[34]</sup>。

#### 7. IgG4-RCVD活动性炎症多模态影像学定量评价

增强MSCT血管壁厚度可以很好地预测血管壁炎症,但在早期炎症与慢性炎症血管壁增厚鉴别诊断中仍存在一定限度<sup>[35]</sup>。Caiafa等<sup>[36]</sup>报道特发性腹膜后纤维化早期活动性炎症具有高 $T_2$ WI信号强度。然而,由于血流相关伪影的存在,血管壁的 $T_2$ WI MRI仍具有挑战性,并且IgG4-CVD对活动性炎症的MRI定量评价尚未建立。PET/CT中FDG摄取也并非不是血管评估的特异性指标,而且FDG摄取评估并不总是能够区分动脉粥样硬化性改变和活动性炎症。并且通常FDGPET/CT诊断血管炎症的标准是主观评价异常血管壁内的FDG摄取高于血池内,可重复性差<sup>[20]</sup>。因此,为了更准确定量评价IgG4-CVD相关性血管炎性活动性,Yabusaki等<sup>[37]</sup>定义了每个血管区域的血管的最大标准摄取值(SUVmax),并标准化SUVmax,即动脉SUVmax与静脉血池SUVmax比值,也称为靶-背景值比(target-to-background ratio, TBR),IgG4相关主动脉炎阳性区域平均SUVmax和平均TBR值较阴性区域高2倍。此外,与可视化血管受累定性评估的偏差相比,使用定量血管SUVmax和TBR测量可能会减少观察者的偏差。Rudd等<sup>[38]</sup>报道,TBRs均值和最大TBRs是可重复的,是评估IgG4-CVD相关性炎性血管FDG摄取的最佳方法。

#### IgG4-RCVD与其它血管炎性疾病鉴别诊断

无创性多模态影像学在IgG4-CVD诊断中具有重要价值,但通过影像学检查发现的大-中血管炎性病变并非都具有特异性,临床上许多全身性血管炎性病变、

肿瘤或免疫疾病累及心血管系统亦有相似表现<sup>[39]</sup>, 这些疾病主要包括巨细胞动脉炎, 高安氏动脉炎(Takayasu arteritis), 结节性多动脉炎, 复发性多软骨炎, 结节病引起的主动脉炎, 风湿性关节炎, 慢性肉芽肿性多血管炎, 梅毒性主动脉炎, 慢性感染性主动脉炎, 系统性红斑狼疮, 人白细胞抗原 B27 相关的脊椎关节病, 抗中性粒细胞抗体相关的血管炎, 白塞病, Cogan 综合征, 川崎病等<sup>[9]</sup>, 影像学表现与 IgG4-CVD 类似, 仅靠影像学表现易引起误诊。与这类疾病鉴别诊断, 除典型多模态影像学表现之外, 还应与结合以下方面特征进行诊断: ①IgG4 相关性动脉炎中炎症浸润主要累及动脉外膜, 而巨细胞动脉炎则主要为中膜, Takayasu 动脉炎和系统性红斑狼疮相关性动脉炎累及中膜和外膜<sup>[40]</sup>。②IgG4 相关性动脉炎及动脉瘤主要累及大中动脉, 以腹主动脉肾下段最常见, 常表现为腹主动脉瘤; 腹主动脉周围炎的腹主动脉壁纤维炎症可延伸至血管周围结缔组织, 引起腹膜后纤维化, 累及动脉以外的邻近组织器官如输尿管、胰腺、肾、下腔静脉等, 较少引起急性主动脉综合征; 而巨细胞性动脉炎和 Takayasu 性动脉炎等主要累及胸主动脉和主动脉弓分支, 特别是锁骨下动脉或颞动脉受累, 可导致主动脉瘤及急性主动脉综合征<sup>[11]</sup>。③Takayasu 动脉炎主要影响女童和年轻女性; IgG4-CVD 主要以中老年男性为主<sup>[41]</sup>。④病灶特定的分布和临床特征: 如诊断 IgG4-CVD 关键特征是至少一个其他器官的累及如胰腺、淋巴结或唾液腺, 而 Takayasu 动脉炎或巨细胞动脉炎并非如此。⑤IgG4 相关冠状动脉疾病如动脉周围假瘤样病变和动脉周围炎, 应与血管炎性病变(如 Takayasu 病、巨细胞动脉炎、白塞氏病、川崎病)、结缔组织病变(特别是纤维肌发育不良、马凡氏综合征和埃勒斯-丹洛斯综合征)、肿瘤性病变(恶性淋巴瘤、Erdheim-Chester 病、Rosai-Dorfman 病)累及冠状动脉时鉴别, 其中恶性淋巴瘤累及冠脉多模态影像学特点已有文献报道, 主要表现为包绕 RCA 周围的右侧心脏肿块, 常有大量的心包积液, 没有明显的管腔狭窄及 FDG 摄取, 与 IgG4 相关性冠状动脉受累存在一定差异。另外, 川崎病所累及的冠状动脉瘤, 以儿童、青年发病多见, 冠脉 CTA 特点主要表现为瘤体较大、易发生血栓及动脉壁中先发炎症部位的钙化沉积; 而 IgG4 相关的冠状动脉瘤中, 没有观察到冠状动脉壁的钙化, 这可能是正确诊断 IgG4 相关的冠状动脉瘤的另一个关键线索<sup>[11]</sup>。

### IgG4-RCVD 治疗后疗效反应的多模态影像学评价

目前, IgG4-CVD 没有标准化的治疗方案, 首选糖皮质激素治疗, 大多数患者对激素治疗敏感, 治疗期间

病情及相关症状得到改善及缓解<sup>[42]</sup>。由于临床症状改善受主观影响, 且缺乏可以量化的标准化的方法来评估 IgG4-CVD 病灶炎症活动及其对治疗的反应, 故影像学成为评价 IgG4-CVD 患者治疗效果的更好选择。利用 MSCT、CMR 或 PET/CT 可识别疾病的进展或消退, 当治疗有效时, 常表现为病灶体积缩小或 FDG 摄取减低<sup>[43]</sup>。对于血管炎症活性评估, 使用对比增强 CT 或 MRI, 延迟期比早期更适合评价主动脉炎。使用 PET/CT 可获得心血管炎性病变的定性和定量代谢信息, 采用 FDG PET/CT 评估炎性血管的最大 SUVmax 值或标准化 SUVmax(即 TBR 值)具有重要价值。对于冠状动脉评估, 采用心电图门控冠状动脉 CTA 优于非心电图门控, 使用曲面重组和横断面观察受累血管更具优势。对于因冠状动脉炎引起的心肌炎症和心肌灌注缺损严重程度, 心脏 MR 功能成像是一种理想的选择。对于病灶的随访评价, 使用对比增强 CT 在同一成像平面获取血管形态学参数(如血管外径和管腔直径, 血管壁厚)非常重要<sup>[20]</sup>。

### 不足与展望

IgG4-RCVD 累及病变范围广, 在病程中可表现出一定隐匿性与无症状的病理生理变化, 且影像学表现并非都具特异性, 以及目前对 IgG4-RCVD 类固醇激素治疗后疗效评价缺乏统一影像学方案。因此, 如何进一步提高多模态影像学对 IgG4-RCVD 早期诊断准确性及制定标准化影像学方案评估临床治疗疗效反应将是未来发展重要方向。

### 参考文献:

- [1] Bledsoe JR, Della-Torre E, Rovati L, et al. IgG4-related disease: review of the histopathologic features, differential diagnosis, and therapeutic approach[J]. APMIS, 2018, 126(6): 459-476.
- [2] Misawa Y. Immunoglobulin G4-related cardiovascular diseases [J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 23(6): 281-285.
- [3] Kasashima F, Kawakami K, Matsumoto Y, et al. IgG4-related arterial disease[J]. Ann Vasc Dis, 2018, 11(1): 72-77.
- [4] Mizushima I, Kasashima S, Fujinaga Y, et al. IgG4-related periaortitis/periarteritis: an under-recognized condition that is potentially life-threatening[J]. Mod Rheumatol, 2019, 29(2): 240-250.
- [5] Khosroshahi A, Wallace ZS, Crowe JL, et al. International consensus guidance statement on the management and treatment of IgG4-related disease[J]. Arthritis Rheumatol, 2015, 67(7): 1688-1699.
- [6] Tong AK, Tan SY, Go YY, et al. Cardiac structural abnormalities associated with IgG4-related coronary periarteritis and inflammation revealed by multimodality imaging[J]. Can J Cardiol, 2014, 30(8): e15-e17.
- [7] Stone JR. Aortitis, periaortitis, and retroperitoneal fibrosis, as manifestations of IgG4-related systemic disease [J]. Curr Opin Rheumatol, 2011, 23(1): 88-94.

- [8] 孙玉,侯洁,徐凯,杨本强. IgG4 相关性疾病累及冠状动脉影像表现二例[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(2): 155-156.
- [9] 王东轶,刘春丽,蔡辉. 免疫球蛋白 G4 相关性动脉疾病研究进展[J]. 中华风湿病学杂志, 2019, 23(7): 496-500.
- [10] Fathala A. Multimodalities imaging of immunoglobulin 4-related cardiovascular disorders[J]. Curr Cardiol Rev, 2019, 15(3): 224-229.
- [11] Mahajan VS, Mattoo H, Deshpande V, et al. IgG4-related disease[J]. Annu Rev Pathol, 2014, 9: 315-347.
- [12] Sangha Brar JS, Gupta S, Haja Mohideen SM, et al. The pancreatic and extrapancreatic manifestations of IgG4-related disease[J]. Diagn Interv Radiol, 2018, 24(2): 83-88.
- [13] Pipitone N, Versari A, Salvarani C. Role of imaging studies in the diagnosis and follow-up of large-vessel vasculitis: an update[J]. Rheumatology (Oxford), 2008, 47(4): 403-408.
- [14] Qi L, Mao D, Xiao L, et al. Immunoglobulin G4-related disease complicated with vascular lesions: CT findings in 21 patients[J]. Diagn Interv Radiol, 2019, 25(1): 42-49.
- [15] Inoue D, Zen Y, Abo H, et al. Immunoglobulin G4-related peri-aortitis and periarthritis: CT findings in 17 patients[J]. Radiology, 2011, 261(2): 625-633.
- [16] 吕彦泽,李方达,廖鹏志,等. 炎性腹主动脉瘤 1 例报告并文献回顾[J]. 中华老年多器官疾病志, 2017, 16(10): 759-761.
- [17] Mavrogeni S, Markousis-Mavrogenis G, Kolovou G, et al. IgG4-related cardiovascular disease. The emerging role of cardiovascular imaging[J]. Eur J Radiol, 2017, 86: 169-175.
- [18] 刘立恒,王振常,杨正汉,等. IgG4 相关性疾病影像诊断现状与进展[J]. 磁共振成像, 2016, 7(7): 527-534.
- [19] Gotway MB, Araoz PA, Macedo TA, et al. Imaging findings in Takayasu's arteritis[J]. AJR, 2005, 184(6): 1945-1950.
- [20] Oyama-Manabe N, Yabusaki S, Manabe O, et al. IgG4-related cardiovascular disease from the aorta to the coronary arteries: multidetector CT and PET/CT[J]. Radiographics, 2018, 38(7): 1934-1948.
- [21] Akiyama M, Kaneko Y, Takeuchi T. Characteristics and prognosis of IgG4-related periaortitis/periarthritis: A systematic literature review[J]. Autoimmun Rev, 2019, 18(9): 354-363.
- [22] Urabe Y, Fujii T, Kurushima S, et al. Pigs-in-a-blanket coronary arteries: A case of immunoglobulin G4-related coronary periarthritis assessed by computed tomography coronary angiography, intravascular ultrasound, and positron emission tomography[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2012, 5(5): 685-687.
- [23] Maurovich-Horvat P, Suhai FI, Czimbalmos C, et al. Coronary artery manifestation of ormond disease: The "Mistletoe Sign"[J]. Radiology, 2017, 282(2): 356-360.
- [24] Jeudy J, White CS, Kligerman SJ, et al. Spectrum of coronary artery aneurysms: from the radiologic pathology archives[J]. Radiographics, 2018, 38(1): 11-36.
- [25] Löffler C, Hoffend J, Benck U, et al. The value of ultrasound in diagnosing extracranial large-vessel vasculitis compared to FDG-PET/CT: A retrospective study[J]. Clin Rheumatol, 2017, 36(9): 2079-2086.
- [26] Jolobe OM. More on IgG4-related pulmonary disease[J]. J R Coll Physicians Edinb, 2018, 48(3): 284-286.
- [27] Basu S, Utpat K, Joshi J. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT imaging features of IgG4-related pulmonary inflammatory pseudotumor at initial diagnosis and during early treatment monitoring[J]. J Nucl Med Technol, 2016, 44(3): 207-209.
- [28] Sakamoto A, Nagai R, Saito K, et al. Idiopathic retroperitoneal fibrosis, inflammatory aortic aneurysm, and inflammatory pericarditis——retrospective analysis of 11 case histories[J]. J Cardiol, 2012, 59(2): 139-146.
- [29] Deng H, Zhao S, Yue Y, et al. IgG4-related disease of pulmonary artery causing pulmonary hypertension [J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(20): e10698.
- [30] Kouzu H, Miki T, Mizuno M, et al. Inflammatory myofibroblastic tumor of the heart. Overlap with IgG4-related disease? [J]. Circ J, 2014, 78(4): 1006-1008.
- [31] Kusunose K, Hotchi J, Takagawa Y, et al. Serial imaging changes during treatment of immunoglobulin G4-related disease with multiple pseudotumors [J]. Circulation, 2015, 131(21): 1882-1883.
- [32] Rajiah P, Kanne JP, Kalahasti V, et al. Computed tomography of cardiac and pericardiac masses [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2011, 5(1): 16-29.
- [33] Sparrow PJ, Kurian JB, Jones TR, et al. MR imaging of cardiac tumors[J]. Radiographics, 2005, 25(5): 1255-1276.
- [34] Cawley PJ, Maki JH, Otto CM. Cardiovascular magnetic resonance imaging for valvular heart disease: technique and validation [J]. Circulation, 2009, 119(3): 468-478.
- [35] Slobodin G, Nakhleh A, Rimar D, et al. Increased aortic wall thickness for the diagnosis of aortitis: a computed tomography-based study[J]. Int J Rheum Dis, 2016, 19(1): 82-86.
- [36] Caiafa RO, Vinuesa AS, Izquierdo RS, et al. Retroperitoneal fibrosis: role of imaging in diagnosis and follow-up [J]. Radiographics, 2013, 33(2): 535-552.
- [37] Yabusaki S, Oyama-Manabe N, Manabe O, et al. Characteristics of immunoglobulin G4-related aortitis/periaortitis and periarthritis on fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography co-registered with contrast-enhanced computed tomography[J]. EJNMMI Res, 2017, 7(1): 20.
- [38] Rudd JH, Myers KS, Bansilal S, et al. Atherosclerosis inflammation imaging with <sup>18</sup>F-FDG PET: carotid, iliac, and femoral uptake reproducibility, quantification methods, and recommendations[J]. J Nucl Med, 2008, 49(6): 871-878.
- [39] Kimura-Hayama ET, Meléndez G, Mendizábal AL, et al. Uncommon congenital and acquired aortic diseases: role of multidetector CT angiography[J]. Radiographics, 2010, 30(1): 79-98.
- [40] Kamisawa T, Zen Y, Pillai S, et al. IgG4-related disease[J]. Lancet, 2015, 385(9976): 1460-1471.
- [41] Agaimy A, Weyand M, Strecker T. Inflammatory thoracic aortic aneurysm (lymphoplasmacytic thoracic aortitis): a 13-year-experience at a German Heart Center with emphasis on possible role of IgG4[J]. Int J Clin Exp Pathol, 2013, 6(9): 1713-1722.
- [42] 杨少习,李洪生,傅丽兰,等. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在 IgG4 相关性疾病中的应用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2019, 30(12): 875-880.
- [43] 张洁,兰晓莉. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 在 IgG4 相关性疾病中的临床应用[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(12): 824-828.