

免疫检查点抑制剂相关不良反应影像评估

刘晓雯, 龚静山, 彭永佳, 陈亚曦, 徐婷

【摘要】 使用免疫检查点抑制剂(ICIs)的免疫疗法正在改变癌症的传统治疗模式。ICIs 通过增强 T 细胞介导的抗肿瘤免疫反应来达到抗肿瘤治疗的作用,但同时可能引发 T 细胞异常激活产生免疫毒性,导致免疫相关不良事件(irAEs)。影像学是评估免疫治疗反应的基石,在监测 irAEs 方面发挥着关键的作用。由于国内较晚开展 ICIs 治疗,放射科医生对 irAEs 的常见影像学表现缺乏认识,国内相关文章也较少报道。本综述旨在总结 irAEs 最典型的影像学表现并与其他相关的疾病进行鉴别诊断,为临床早期识别并及时治疗 irAEs 提供影像学评估。

【关键词】 免疫治疗; 免疫检查点抑制剂; 免疫相关不良反应; 影像学

【中图分类号】 R730.5; R816 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)07-0952-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.07.025

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



使用免疫检查点抑制剂(immune checkpoint inhibitor, ICIs)的癌症免疫疗法在过去十年显著改变了肿瘤的治疗模式^[1,2]。与针对肿瘤本身的传统放疗、靶向疗法不同,免疫治疗通过激活患者自身的免疫细胞来抵抗和清除肿瘤细胞。癌症免疫治疗的里程碑为 ICIs 在多种肿瘤的临床应用,且取得了显著的肿瘤退缩(tumor regression)^[3]。免疫检查点是负性调节免疫反应的靶点,包括细胞毒性 T 细胞相关抗原 4(cytotoxic T lymphocyte-associated protein 4, CTLA-4)、程序性死亡受体 1(programmed cell death, PD-1)和程序性死亡配体 1(programmed cell death ligand, PD-L1)。CTLA-4 与 CD28 是表达在 T 细胞上的同源受体,当 T 细胞受体与共同刺激分子 CD28 相互作用时,CTLA-4 向细胞表面易位并通过超竞争与关键的共同刺激分子(CD80 和 CD86)结合,抑制信号向 T 细胞传递,从而抑制 T 细胞的增殖与活化^[4]。PD-1 主要表达在 T 细胞、B 细胞和 NK 细胞中,起着调节中枢和外周免疫耐受的作用,PD-L1 通常表达在肿瘤细胞表面,通过提供负性免疫调节信号来实现肿瘤的免疫逃脱^[5]。与此同时,肿瘤炎症微环境可影响 PD-L1 的表达,通过促进免疫逃逸,影响抗肿瘤的疗效。

目前已有多个针对 CTLA-4 和 PD-1/PD-L1 通路的免疫治疗药物成功在临床应用,但仅有 20%~30% 的患者对 ICIs 治疗有效,也有部分患者出现延迟反应

的现象,即早期肿瘤进展甚至出现新的病灶,而后肿瘤退缩^[6]。此外,ICIs 上调患者的免疫反应可能产生一系列免疫相关毒性,即免疫相关不良事件(immune-related adverse events, irAEs)。无论是肿瘤反应,还是 irAEs 的评估都依赖于影像学检查来确定患者是否受益,以及是否需要及时终止治疗。熟悉 irAEs 的影像学表现,有助于放射诊断医生及时发现病变并为临床治疗提供决策指导。

免疫相关不良事件

尽管与细胞毒性化疗相比,ICIs 更加安全,具有高靶向性和较低毒副作用。但由于 ICIs 抑制了负性免疫调节机制激活 T 细胞,可能导致正常组织中免疫稳态失调,发生 irAEs。irAEs 可以发生于任何器官和系统,且常伴多系统受累。irAEs 通常发生在治疗开始后的数周到数月,也有患者发生在治疗停止后数年。常见的 irAEs 有肠炎、肝炎和内分泌不良反应。虽然大部分 irAEs 症状轻微,可以通过类固醇激素或支持治疗得以控制和缓解,但发生在内分泌系统的不良反应常常不可逆,需要长期甚至终身使用激素替代治疗。研究报道仍有 20% 的患者可能会发生严重甚至危及生命的 irAEs,需要进入重症监护室(ICU)治疗^[7,8]。

irAEs 的影像评估

1. 呼吸系统

肺炎:是胸部最常见的 irAEs,临床表现可从轻度呼吸困难到严重的呼吸衰竭,约 2% 的患者最后可能进展为重症肺炎。与大多数 irAEs 不同,抗 PD-1 治疗较抗 CTLA-4 单药治疗更易产生此类不良反应^[9-11]。影像学上肺炎可分为四个等级,一级患者常

作者单位: 518020 广东,暨南大学第二临床医学院(刘晓雯、彭永佳、陈亚曦、徐婷); 518020 广东,深圳市人民医院(暨南大学第二临床医学院,南方科技大学第一附属医院)放射科(龚静山)

作者简介: 刘晓雯(1993-),女,湖北襄阳人,博士研究生,住院医师,主要从事腹盆部影像诊断学研究工作。

通讯作者: 龚静山, E-mail: jshgong@sina.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(82172026)

无症状,影像上病变局限于肺的一叶或小于肺实质的 25%;二级患者有临床症状,病变累及一个以上肺叶或者占肺实质的 25%~50%;三级患者症状严重,病变累及全肺叶或者达到肺实质的 50%以上;四级患者出现危及生命的严重呼吸困难^[12]。在一项针对纳武单抗引起肺炎患者的研究中描述了胸部 CT 的 4 种模式:隐源性机化性肺炎(cryptogenic organizing pneumonia, COP)、非特异性间质性肺炎(nonspecific interstitial pneumonia, NSIP)、过敏性肺炎(hypersensitivity pneumonitis, HP)以及急性间质性肺炎(acute interstitial pneumonia, AIP)。其中以 COP 最为常见,CT 特征表现为胸膜下及支气管周围斑片状磨玻璃及实变影,通常下肺比上、中肺更易受累^[13,14]。NSIP 是第二常见模式,CT 表现为双侧磨玻璃影、网状影,部分伴牵引性支气管扩张。在高分辨率 CT(HRCT)上 HP 常表现为以上叶为主的小叶中心结节影。AIP 模式的影像表现为双侧弥漫分布的磨玻璃影及实变影,也可伴有小叶间隔增厚,形成“铺路石”征。另外还有个案报道了较为少见的细支气管炎模式,影像表现为支气管的管壁增厚及周围弥漫分布的树芽征,同时可见支气管扩张^[15]。影像学检查有助于与其他肺部疾病如感染性疾病和转移性疾病进行鉴别。细菌性肺炎通常为不对称实变,多伴有空气支气管征和胸腔积液。转移性疾病多有原发病史,且常为多发。除此之外,抗生素治疗耐药、痰检阴性、支气管肺泡灌洗液和胸水培养均可以作为免疫相关性肺炎诊断的重要依据。

类肉瘤样淋巴结和肉芽肿病:在接受纳武单抗治疗患者中有 5%~6% 患者会出现此现象^[16]。典型的 HRCT 影像表现为双侧对称性纵隔、肺门淋巴结的肿大,密度均匀,较少坏死。在¹⁸F-FDG PET/CT 上可表现为摄取增加^[17]。病理显示肉芽肿性炎症呈细支气管周围、小叶间和胸膜下分布,表现与结节病类似^[18,19]。在影像上这些淋巴结与转移性淋巴结鉴别困难,后者多表现为不均匀的强化和坏死。类肉瘤样淋巴结多会自发消退,因此不建议停止治疗。

2. 消化系统

肠炎:结肠炎和小肠炎是胃肠道最常见的 irAEs,通常在抗 CTLA-4 单克隆抗体治疗开始 6~7 周后发生。腹泻是较为特征的临床症状,部分患者伴有腹痛、呕吐、血便等症状,严重时甚至会出现出血、穿孔、败血症等一系列不良后果。ICI 诱发的结肠炎多为弥漫性受累,部分也可表现为节段性,CT 影像上结肠管壁增厚,肠管扩张,黏膜强化,肠系膜血管充血,病变周围脂肪间隙模糊,部分可见气液平^[20-22]。有时肠壁节段性增厚并出现憩室炎,即“与憩室相关的节段性结肠炎”^[23]。ICI 诱发的结肠炎应注意与克罗恩病

(Crohn's disease, CD)、溃疡性结肠炎(ulcerative colitis, UC)、感染性结肠炎进行鉴别诊断。CD 主要累及回肠末端,具有节段性分布的特点,可伴有纵行溃疡;UC 可出现结肠壁分层、结肠袋消失、肠系膜血管增多等征象;感染性结肠炎最常见于右半结肠,其特征为肠壁增厚伴均匀强化^[24]。在 PET/CT 中,多表现为¹⁸F-FDG 弥漫性摄取增加。免疫性结肠炎诊断成立后需根据症状进行分层治疗,依据严重程度判断是否继续免疫治疗。

肝炎:在接受抗 CTLA-4 治疗的患者中,约 6%~9% 的患者会出现 ICI 相关性肝炎,使用抗 PD-1/PD-L1 的患者较少报道^[25-27]。患者通常无特异性症状,部分仅伴肝酶和胆红素轻度升高。严重者 CT、MR 表现为轻度肝肿大、门静脉水肿、胆囊壁增厚,肝周腹水以及门静脉周围淋巴结肿大^[28-30]。在超声中可出现门脉周围回声增强,胆囊壁水肿增厚的征象。由于 ICI 相关性肝炎缺乏特异性影像表现,应注意评估酒精滥用史、脂肪性肝炎、肝硬化和自身抗体的存在,并与病毒性肝炎、酒精性肝病和特发性自身免疫性肝炎进行鉴别诊断^[31]。通常暂停 ICI 并给予激素治疗后,上述病灶可逐渐消失。

3. 内分泌系统

内分泌 irAEs 主要是通过影响垂体、甲状腺、胰腺、肾上腺等内分泌腺体功能,引起相应的内分泌紊乱^[12]。虽然大多数 irAEs 通过及时停止治疗并给予激素治疗是可逆的,但内分泌代谢紊乱通常持续存在,需要长期或终身激素替代治疗。

垂体炎:是最常见的免疫相关内分泌疾病之一,约 13% 的患者在抗 CTLA-4 单克隆抗体治疗期间会发生垂体炎^[32]。临床上患者常出现疲劳、头痛和垂体功能减退等相关症状。在 MRI 上表现为垂体弥漫性扩大,垂体柄或漏斗部增厚,对视交叉无占位效应,T₁WI 上后叶高信号消失,增强扫描垂体呈均匀/不均匀的强化,可累及邻近硬脑膜及海绵窦。¹⁸F-FDG PET/CT 表现为垂体弥漫性增大,摄取增高^[33,34]。临床免疫治疗后怀疑垂体炎时应尽快行 MRI 以明确诊断,并排除转移性疾病、垂体腺瘤等。垂体大腺瘤通常呈不对称或局部增大,前叶信号不均匀,但不累及后叶,垂体柄可偏移但一般不增粗,增强扫描肿瘤多呈延迟强化。垂体转移瘤临床比较罕见,常见于肺癌、乳腺癌原发患者,且常伴其他部位转移灶。

甲状腺功能障碍:ICI 引起的甲状腺功能障碍通常表现为甲状腺功能轻度减退或亢进,在大多数情况下可以检测到抗甲状腺过氧化物酶升高和抗甲状腺球蛋白抗体^[35]。超声检查是首选成像工具,可以观察到甲状腺肿大伴不均匀的低回声实质,通常呈结节状或

假结节状^[34]。在彩色多普勒评估中也可能出现甲状腺内血管分布异常。在¹⁸F-FDG PET/CT 显像中,可表现为甲状腺肿大,密度不均匀减低,摄取弥漫性增高。

胰腺炎:发生在胰腺的 irAEs 较罕见,发生率<1%^[20]。在 CT、MR 上可以观察到急性胰腺炎的典型特征,即胰腺肿大、胰周水肿积液、周围脂肪间隙模糊。有报道在 PET/CT 上胰腺¹⁸F-FDG 摄取显著增加^[36]。这些与自身免疫性胰腺炎(autoimmune pancreatitis, AIP)较难鉴别,典型 AIP 患者胰腺弥漫性肿大,失去正常“羽毛状”形态,呈“香肠样”外观,胰腺也可局限性肿大,其他部位(如胆道、唾液、主动脉和腹膜后)也多有受累^[37,38]。

肾上腺炎:极少数情况下,免疫治疗期间可能会发生原发性或继发性肾上腺炎,导致肾上腺功能不全。在相关成像中肾上腺表现为双侧增大,在 PET/CT 显像中呈双侧轻度¹⁸F-FDG 摄取增加^[17,35,39]。目前临床此类病例较少,需对患者进行长期随访,观察其疗效及疾病转归情况。

4. 心血管系统

发生在心血管系统的 irAEs 虽极少见,但因其致死率较高,临床不容忽视。常见的 irAEs 包括心肌炎、心包炎、心律失常、急性冠脉综合症等。大多数病例发生在 ICI 治疗开始后 6 周内,症状多样,从突然出现的呼吸急促、胸痛到心力衰竭。在超声影像上可表现为射血分数降低以及室壁运动异常^[40]。Awadalla 等^[41]的一项研究发现,诊断 ICI 相关心肌炎整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)具有更好的特异度。如此之外,心脏 MRI 特别是晚期钆增强延迟强化(late gadolinium enhancement, LGE)可以显示 ICI 相关心肌炎引起的心肌坏死和纤维化,也可以对心脏进行功能评估^[40,42,43]。同时 T₁-mapping 序列通过直接测量组织的 T₁ 弛豫时间,可以对心肌进行量化分析。对于重症患者,应进行心肌活检以明确诊断,及时治疗。ICI 相关心肌炎需与其他疾病进行鉴别诊断,如肺栓塞、急性冠脉综合征以及其他疾病所引起的心肌炎等。由于心肌炎致死率较高,对于 2 级以上的患者应永久停用 ICI^[44]。

5. 肌肉及骨骼系统

ICI 相关性关节病包括关节痛、肌痛、炎症性关节炎和肌炎^[45]。超声和 MRI 的影像学表现为增生性滑膜炎,典型的骨髓水肿、滑膜增厚、关节积液、腱鞘炎和肌炎^[46]。在 PET/CT 上,可以观察到多个关节的滑膜和肌肉中¹⁸F-FDG 摄取增高^[23]。Cappelli 等^[47]通过收集大量临床病例发现尽管许多患者有与类风湿关节炎(rheumatoid arthritis, RA)一致的对称小关节

受累而难以鉴别,但在大多数 ICI 诱发的关节炎患者中未发现抗环瓜氨酸肽(CCP)抗体和类风湿因子(rheumatoid factors, RF)。

ICI 通过精准阻止免疫检查点的免疫刹车作用上调机体的免疫反应,从而起到长效抗肿瘤的效果,是肿瘤治疗划时代的里程碑,但与此同时也会出现累及多个器官与系统的 irAEs。影像学检查不仅在 ICI 治疗反应评估中起着重要作用,而且对 irAEs 监测也至关重要^[48],目前基于放射组学的人工智能也在识别 irAEs 上进行了卓有成效的初步探索^[49]。熟悉 irAEs 的典型影像学特征可以帮助放射科医生早期诊断并指导临床医生的治疗决策,为患者精准治疗的发展开辟新的可能。

参考文献:

- [1] Sharma P, Allison JP. Immune checkpoint targeting in cancer therapy: toward combination strategies with curative potential [J]. *Cell*, 2015, 161(2): 205-214.
- [2] Trapnell C, Cacchiarelli D, Grimsby J, et al. The dynamics and regulators of cell fate decisions are revealed by pseudotemporal ordering of single cells [J]. *Nat Biotechnol*, 2014, 32(4): 381-386.
- [3] Leach DR, Krummel MF, Allison JP. Enhancement of antitumor immunity by CTLA-4 blockade [J]. *Science*, 1996, 271(5256): 1734-1736.
- [4] Chambers CA, Kuhns MS, Egen JG, et al. CTLA-4-mediated inhibition in regulation of T cell responses: mechanisms and manipulation in tumor immunotherapy [J]. *Annu Rev Immunol*, 2001, 19: 565-594.
- [5] Zarour HM. Reversing T-cell dysfunction and exhaustion in cancer [J]. *Clin Cancer Res*, 2016, 22(8): 1856-1864.
- [6] Ribas A, Wolchok JD. Cancer immunotherapy using checkpoint blockade [J]. *Science*, 2018, 359(6382): 1350-1355.
- [7] Lemiale V, Meert AP, Vincent F, et al. Severe toxicity from checkpoint protein inhibitors: what intensive care physicians need to know? [J]. *Ann Intensive Care*, 2019, 9(1): 25.
- [8] Naidoo J, Page DB, Li BT, et al. Toxicities of the anti-PD-1 and anti-PD-L1 immune checkpoint antibodies [J]. *Ann Oncol*, 2015, 26(12): 2375-2391.
- [9] Haanen JBAG, Carbone F, Robert C, et al. Management of toxicities from immunotherapy: ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up [J]. *Ann Oncol*, 2017, 28(suppl_4): iv119-iv142.
- [10] Chuzi S, Tavora F, Cruz M, et al. Clinical features, diagnostic challenges, and management strategies in checkpoint inhibitor-related pneumonitis [J]. *Cancer Manag Res*, 2017, 9: 207-213.
- [11] Naidoo J, Wang X, Woo KM, et al. Pneumonitis in patients treated with Anti-programmed death-1/programmed death Ligand 1 therapy [J]. *J Clin Oncol*, 2017, 35(7): 709-717.
- [12] Schneider BJ, Naidoo J, Santomasso BD, et al. Management of immune-related adverse events in patients treated with immune checkpoint inhibitor therapy: ASCO guideline update [J]. *J Clin Oncol*, 2021, 39(36): 4073-4126.
- [13] Nishino M, Ramaiya NH, Awad MM, et al. PD-1 inhibitor-relat-

- ed pneumonitis in advanced cancer patients: radiographic patterns and clinical course[J]. *Clin Cancer Res*, 2016, 22(24): 6051-6060.
- [14] Nobashi TW, Nishimoto Y, Kawata Y, et al. Clinical and radiological features of immune checkpoint inhibitor-related pneumonitis in lung cancer and non-lung cancers[J]. *Br J Radiol*, 2020, 93(1115): 20200409.
- [15] Domblides M, Geier M, Decroisette C, et al. Durvalumab-induced lesions of bronchiolitis and fully reversible bronchiectasis in a patient with non-small cell lung cancer: a case report[J]. *Thorac Cancer*, 2021, 12(8): 1240-1243.
- [16] Montaudie H, Pradelli J, Passeron T, et al. Pulmonary sarcoid-like granulomatosis induced by nivolumab[J]. *Br J Dermatol*, 2017, 176(4): 1060-1063.
- [17] 王静楠, 王雪竹, 杨旭, 等. ^{18}F -FDG PET/CT 监测免疫相关不良反应的临床应用[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2022, 42(2): 118-121.
- [18] Nishino M, Giobbie-Hurder A, Gargano M, et al. Developing a common language for tumor response to immunotherapy: immune-related response criteria using unidimensional measurements[J]. *Clin Cancer Res*, 2013, 19(14): 3936-3943.
- [19] Nishino M, Ramaiya NH, Chambers ES, et al. Immune-related response assessment during PD-1 inhibitor therapy in advanced non-small-cell lung cancer patients[J]. *J Immunother Cancer*, 2016, 4: 84.
- [20] Postow MA, Wolchok JD. Ipilimumab: developmental history, clinical considerations and future perspectives[J]. *Melanoma Lett*, 2012, 30: 1-4.
- [21] Alessandrino F, Sahu S, Nishino M, et al. Frequency and imaging features of abdominal immune-related adverse events in metastatic lung cancer patients treated with PD-1 inhibitor[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2019, 44(5): 1917-1927.
- [22] Kim KW, Ramaiya NH, Krajewski KM, et al. Ipilimumab associated hepatitis: imaging and clinicopathologic findings[J]. *Invest New Drugs*, 2013, 31(4): 1071-1077.
- [23] Braschi-Amirfarzan M, Tirumani SH, Hodi FS Jr, et al. Immune-checkpoint inhibitors in the era of precision medicine: what radiologists should know[J]. *Korean J Radiol*, 2017, 18(1): 42-53.
- [24] Widmann G, Nguyen VA, Plaickner J, et al. Imaging features of toxicities by immune checkpoint inhibitors in cancer therapy[J]. *Curr Radiol Rep*, 2016, 5(11): 59.
- [25] Tirumani SH, Ramaiya NH, Keraliya A, et al. Radiographic profiling of immune-related adverse events in advanced melanoma patients treated with ipilimumab[J]. *Cancer Immunol Res*, 2015, 3(10): 1185-1192.
- [26] Wang PF, Chen Y, Song SY, et al. Immune-related adverse events associated with Anti-PD-1/PD-L1 treatment for malignancies: a meta-analysis[J]. *Front Pharmacol*, 2017, 8: 730.
- [27] Bertrand A, Kostine M, Barnette T, et al. Immune related adverse events associated with anti-CTLA-4 antibodies: systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Med*, 2015, 13: 211.
- [28] Sun X, Roudi R, Dai T, et al. Immune-related adverse events associated with programmed cell death protein-1 and programmed cell death ligand 1 inhibitors for non-small cell lung cancer: a PRISMA systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Cancer*, 2019, 19(1): 558.
- [29] Kwak JJ, Tirumani SH, Van den Abbeele AD, et al. Cancer immunotherapy: imaging assessment of novel treatment response patterns and immune-related adverse events[J]. *Radiographics*, 2015, 35(2): 424-437.
- [30] Michot JM, Bigenwald C, Champiat S, et al. Immune-related adverse events with immune checkpoint blockade: a comprehensive review[J]. *Eur J Cancer*, 2016, 54: 139-148.
- [31] Johnceila M, Misdrapi J, Pratt DS, et al. Ipilimumab-associated hepatitis: clinicopathologic characterization in a series of 11 cases[J]. *Am J Surg Pathol*, 2015, 39(8): 1075-1084.
- [32] Martins F, Sofiya L, Sykietis GP, et al. Adverse effects of immune-checkpoint inhibitors: epidemiology, management and surveillance[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2019, 16(9): 563-580.
- [33] Faje AT, Sullivan R, Lawrence D, et al. Ipilimumab-induced hypophysitis: a detailed longitudinal analysis in a large cohort of patients with metastatic melanoma[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014, 99(11): 4078-4085.
- [34] Alessandrino F, Shah HJ, Ramaiya NH. Multimodality imaging of endocrine immune related adverse events: a primer for radiologists[J]. *Clin Imaging*, 2018, 50: 96-103.
- [35] Lee H, Hodi FS, Giobbie-Hurder A, et al. Characterization of thyroid disorders in patients receiving immune checkpoint inhibition therapy[J]. *Cancer Immunol Res*, 2017, 5(12): 1133-1140.
- [36] Alabed YZ, Aghayev A, Sakellis C, et al. Pancreatitis secondary to anti-programmed death receptor 1 immunotherapy diagnosed by FDG PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2015, 40(11): e528-e529.
- [37] 何铭, 吴爱兰, 韩萍, 等. 自身免疫性胰腺炎与胰腺癌的鉴别诊断[J]. *放射学实践*, 2017, 32(6): 598-601.
- [38] Dillon J, Dart A, Sutherland T. Imaging features of immunoglobulin G4-related disease[J]. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2016, 60(6): 707-713.
- [39] Bacanovic S, Burger IA, Stolzmann P, et al. Ipilimumab-induced adrenalitis: a possible pitfall in ^{18}F -FDG-PET/CT[J]. *Clin Nucl Med*, 2015, 40(11): e518-e519.
- [40] 朱燕, 龚艳君, 吴世凯. 免疫检查点抑制剂相关心脏毒性反应的研究进展[J]. *临床肿瘤学杂志*, 2021, 26(4): 373-379.
- [41] Awadalla M, Mahmood SS, Groarke JD, et al. Global longitudinal strain and cardiac events in patients with immune checkpoint inhibitor-related myocarditis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(5): 467-478.
- [42] Johnson DB, Balko JM, Compton ML, et al. Fulminant myocarditis with combination immune checkpoint blockade[J]. *N Engl J Med*, 2016, 375(18): 1749-1755.
- [43] Löffler AI, Salerno M. Cardiac MRI for the evaluation of oncologic cardiotoxicity[J]. *J Nucl Cardiol*, 2018, 25(6): 2148-2158.
- [44] Thompson JA, Schneider BJ, Brahmer J, et al. NCCN guidelines insights: management of immunotherapy-related toxicities, Version 1. 2020[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2020, 18(3): 230-241.
- [45] Kourie HR, Klastersky J. Immune checkpoint inhibitors side effects and management[J]. *Immunotherapy*, 2016, 8(7): 799-807.
- [46] Chan MM, Kefford RF, Carlino M, et al. Arthritis and tenosynovitis associated with the anti-PD1 antibody pembrolizumab in

metastatic melanoma[J]. J Immunother, 2015, 38(1): 37-39.

[47] Cappelli LC, Gutierrez AK, Baer AN, et al. Inflammatory arthritis and sicca syndrome induced by nivolumab and ipilimumab [J]. Ann Rheum Dis. 2017, 76(1): 43-50.

[48] 何金涛, 丁莹莹. 肺癌免疫治疗疗效预测的影像学研究进展[J]. 放射学实践, 2022, 37(1): 115-118.

[49] Colen RR, Fujii T, Bilen MA, et al. Radiomics to predict immunotherapy-induced pneumonitis: proof of concept[J]. Invest New Drugs, 2018, 36(4): 601-607.

(收稿日期: 2022-04-19 修回日期: 2022-08-05)

本刊可直接使用的医学缩略语

医学论文中正确、合理使用专业名词可以精简文字, 节省篇幅, 使文章精炼易懂。现将放射学专业领域为大家所熟知的专业名词缩略语公布如下(按照英文首字母顺序排列), 以后本刊在论文中将对这一类缩略语不再注释其英文全称和中文。

- ADC (apparent diffusion coefficient): 表观扩散系数
- ALT: 丙氨酸转氨酶; AST: 天冬氨酸转氨酶
- BF (blood flow): 血流量
- BOLD (blood oxygenation level dependent): 血氧水平依赖
- BV (blood volume): 血容量
- b: 扩散梯度因子
- CAG (coronary angiography): 冠状动脉造影
- CPR (curve planar reformation): 曲面重组
- CR (computed radiography): 计算机 X 线摄影术
- CT (computed tomography): 计算机体层成像
- CTA (computed tomography angiography): CT 血管成像
- CTPI (CT perfusion imaging): CT 灌注成像
- DICOM (digital imaging and communication in medicine): 医学数字成像和传输
- DR (digital radiography): 数字化 X 线摄影术
- DSA (digital subtraction angiography): 数字减影血管造影
- DWI (diffusion weighted imaging): 扩散加权成像
- DTI (diffusion tensor imaging): 扩散张量成像
- ECG (electrocardiography): 心电图
- EPI (echo planar imaging): 回波平面成像
- ERCP (endoscopic retrograde cholangiopancreatography): 经内镜逆行胰胆管造影术
- ETL (echo train length): 回波链长度
- FLAIR (fluid attenuation inversion recovery): 液体衰减反转恢复
- FLASH (fast low angel shot): 快速小角度激发
- FOV (field of view): 视野
- FSE (fast spin echo): 快速自旋回波
- fMRI (functional magnetic resonance imaging): 功能磁共振成像
- IR (inversion recovery): 反转恢复
- Gd-DTPA: 钆喷替酸葡甲胺
- GRE (gradient echo): 梯度回波
- HE 染色: 苏木素-伊红染色
- HRCT (high resolution CT): 高分辨率 CT
- MPR (multi-planar reformation): 多平面重组

- MIP (maximum intensity projection): 最大密(强)度投影
- MinIP (minimum intensity projection): 最小密(强)度投影
- MRA (magnetic resonance angiography): 磁共振血管成像
- MRI (magnetic resonance imaging): 磁共振成像
- MRS (magnetic resonance spectroscopy): 磁共振波谱学
- MRCP (magnetic resonance cholangiopancreatography): 磁共振胰胆管成像
- MSCT (multi-slice spiral CT): 多层螺旋 CT
- MTT (mean transit time): 平均通过时间
- NEX (number of excitation): 激励次数
- PACS (picture archiving and communication system): 图像存储与传输系统
- PC (phase contrast): 相位对比法
- PET (positron emission tomography): 正电子发射计算机体层成像
- PS (surface permeability): 表面通透性
- ROC 曲线 (receiver operating characteristic curve): 受试者操作特征曲线
- SPECT (single photon emission computed tomography): 单光子发射计算机体层摄影术
- PWI (perfusion weighted imaging): 灌注加权成像
- ROI (region of interest): 兴趣区
- SE (spin echo): 自旋回波
- STIR (short time inversion recovery): 短时反转恢复
- TACE (transcatheter arterial chemoembolization): 经导管动脉化疗栓塞术
- T₁ WI (T₁ weighted image): T₁ 加权像
- T₂ WI (T₂ weighted image): T₂ 加权像
- TE (time of echo): 回波时间
- TI (time of inversion): 反转时间
- TR (time of repetition): 重复时间
- TOF (time of flight): 时间飞跃法
- TSE (turbo spin echo): 快速自旋回波
- VR (volume rendering): 容积再现
- WHO (World Health Organization): 世界卫生组织
- NAA (N-acetylaspartate): N-乙酰天门冬氨酸
- Cho (choline): 胆碱
- Cr (creatinine): 肌酸

(本刊编辑部)