

论 著

化疗相关型肠壁积气的CT表现*

赵 茹 赵 红 宫希军*

周芳芳

安徽医科大学第二附属医院放射科
(安徽 合肥 230601)

【摘要】目的 探讨因化疗引起的肠壁积气的CT影像特点。方法 回顾性分析4例因化疗引起的肠壁积气及14例非化疗原因引起的肠壁积气患者的CT特征，观察化疗型与非化疗型肠壁积气在积气类型、受累肠段、累及长度、门脉系统积气、肠壁增厚、腹腔游离气体、腹腔积液及渗出等情况。结果 化疗相关型肠壁积气患者可无腹痛症状，CT显示肠壁积气多为蜂窝海绵状积气、累及结肠范围弥散、可伴有腹腔游离积气、无腹腔刺激症状，与其他可引起腹痛的非化疗型肠壁积气CT表现明显不同。结论 化疗相关型肠壁积气CT表现较有特征性，有助于临床正确评估病情，减少手术及不良预后发生。

【关键词】肠壁积气；CT；化疗

【中图分类号】R814.42

【文献标识码】A

【基金项目】安徽公益性技术应用研究联动计划项目(1604f0804024)
医学赋能-领航菁英科研项目
(XM_HR_YXFN_2021_05_24)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.03.053

CT Findings and Literature Review of Chemotherapy-associated Pneumatosis Intestinalis*

ZHAO Ru, ZHAO Hong, GONG Xi-jun*, ZHOU Fang-fang.

Department of radiology, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate imaging features on computed tomography(CT) in the diagnosis of pneumatosis intestinalis in patients with chemotherapy. **Methods** 4 cases with chemotherapy-associated and 14 cases with other reasons pneumatosis intestinalis were analyzed, retrospectively. Intestinal wall gas, affecting intestinal segment and involving length, portal vein gas, intestinal thickening, free gas in abdominal cavity, celiac effusion, and mesenteric exudation were recorded in pneumatosis intestinalis patients with chemotherapy or non-chemotherapy. **Results** Chemotherapy associated pneumatosis patients may show no abdominal pain symptoms, CT features include honeycomb spongiform pneumatosis, often involving colon and dispersion distribution, may accompany by free air in abdominal cavity, no celiac effusion and mesenteric exudation. These CT findings are significantly different from those of non-chemotherapy induced pneumatosis. **Conclusion** CT findings of chemotherapy-related pneumatosis intestinalis are unique, which could be helpful for clinician to correctly assess patient's condition and reduce the incidence of surgery and poor prognosis.

Keywords: Pneumatosis Intestinalis; Computed Tomography; Chemotherapy

肠壁积气既往多认为是由肠壁缺血坏死引起，并且多是致死性的，因此影像科及临床医生多谈“肠壁积气”色变。但是近期笔者发现部分肠壁积气，与既往报道不符。化疗药物的使用可以引起胃肠道反应，既往多有报道，但是因化疗引起的肠壁积气少有报道，因此本文通过介绍4例因化疗引起的肠壁积气，并通过比较其与其他原因所致的肠壁积气CT表现的不同，借此提高影像科医生对化疗相关型肠壁积气的认识。

1 材料和方法

1.1 一般资料 收集本院2016年3月至2021年2月期间行腹盆腔CT检查且发现腹腔肠管管壁积气病人18例，年龄4-84岁(51±26.8岁)，其中男性11人，女性7人。

1.2 检查设备和方法 采用德国西门子双能量CT及美国飞利浦256CT扫描机，常规仰卧位，深吸气后屏气进行扫描。扫描条件:管电压120Kv，管电流:自动管电流调节，螺距1.5，层厚5mm。腹部CTA扫描条件，包含动脉期，门脉期及延迟期增强扫描方式，造影剂用量1.5mL/kg，注射流速4.5mL/s，经肘静脉团注。

1.3 图像分析 由两名高年资且从事腹部影像诊断多年的放射科医生对CT进行阅片，重点观察:积气累及肠段(分为小肠段/升结肠段/横结肠段/降结肠及直肠段)，积气类型(分蜂窝海绵状积气、串珠状积气型、线样积气型，串珠状积气型，即积多个气泡间断存在且不融合；线样气泡型，即多发气泡连续呈线样存在；海绵蜂窝状积气，即肠壁积气于黏膜及浆膜下并分层呈线样、囊状及混合性改变)，积气累及长度(<5cm为局限性，5-10cm为节段性分布，>10cm为弥散分布)、肠系膜及门静脉积气情况，肠管扩张情况(分受累小肠及结肠两种类型)，肠壁有无增厚，肠系膜水肿(腹腔肠系膜混浊并多发渗出)，腹腔积液、腹腔游离积气。

1.4 统计学方法 采用SPSS 17.0软件进行统计分析。分类变量采用卡方(或Fisher)检验，P值<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 依据 病人是否化疗相关，将肠壁积气患者分为化疗相关及非化疗相关组，化疗相关组，4例患者均未见明显腹部不适症状；非化疗相关组，患者以腹痛12例，1例恶心呕吐，1例无明显不适。

化疗相关组4例:病例一，女，66岁，结肠癌术后半年，术后化疗用药:雷替曲塞、伊立替康、阿帕替尼；病例二，男，84岁，食管癌术后一年，术后化疗用药:奥沙利铂+替尼奥；病例三，男，68岁，食管癌放化疗后1月，化疗用药:洛铂+替尼奥；病例四，女，84岁，急性粒细胞白血病，先后予以化疗用药:阿柔比星+阿糖胞苷，地西他滨+表柔比星，地西他滨+高三尖杉酯碱+阿糖胞苷。

非化疗相关组14例:1例胃息肉内镜切除术后5天，1例糖尿病，4例机械性肠梗阻，1例肠壁缺血，4例肠壁缺血坏死(2例肠系膜上动脉血栓，1例肠系膜扭转，1例阑尾炎穿孔合并脓肿)；2例为术后(1例直肠癌术后3天吻合口出血，1例胃癌术后5天并感染)；1例

【第一作者】赵 茹，女，主治医师，主要研究方向:腹部疾病的影像诊断。E-mail: 807865008@qq.com

【通讯作者】宫希军，男，主任医师，主要研究方向:肝脏疾病的影像诊断。E-mail: 382319889@qq.com

粘连型小肠梗阻，其中7例进行手术治疗。

2.2 CT表现 1)肠壁积气类型：4例化疗相关型肠壁积气均为蜂窝海绵状积气(图1)，非化疗相关型肠壁积气则以串珠样(图2)及线样融合型(图3)为主，两者差异有统计学意义。2)积气累及肠段，4例化疗相关型肠壁积气均累及结肠，1例累及小肠，非化疗相关型肠壁积气小肠及大肠均可见受累，两者差异无统计学意义。3)肠管扩张：化疗相关型肠壁积气未出现肠管扩张征象，非化疗相关型肠壁积气多出现肠管扩张，以小肠扩张为主，两者差异存

在统计学意义。4)积气累及长度，化疗相关型肠壁积气累及范围较弥漫，非化疗相关型可局限及弥漫分布，两者差异有统计学意义。5)化疗相关型肠壁积气患者不出现肠壁增厚及腹腔积液/系膜水肿征象，非化疗相关型肠壁积气多出现，两者差异有统计学意义。6)4例化疗相关型肠壁积气患者3例出现腹腔游离积气，14例非化疗相关型肠壁积气出现1例腹腔游离积气，两者差异存在统计学意义。具体见表1。

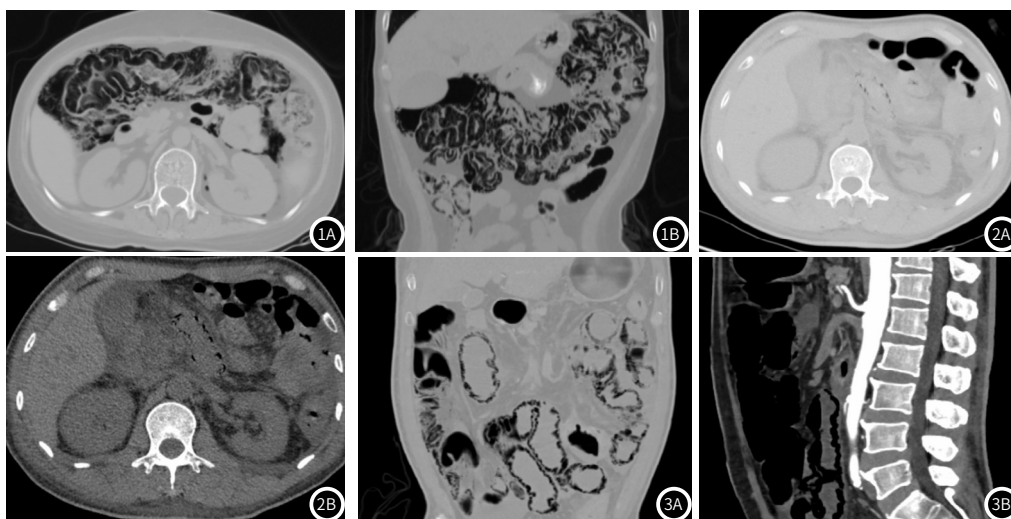


图1 女，42岁，急性粒细胞白血病，结肠内弥漫性多发积气，呈蜂窝海绵状改变，腹腔内散在游离积气；图2 男，45岁，糖尿病，恶心呕吐半天；(图2A)十二指肠水平部肠壁积气，串珠样积气，累及范围较局限；(图2B)受累肠段周围多发渗出；图3 男，62岁，腹痛半天，(图3A)小肠肠壁多发积气，线样积气型，累及范围较散在；(图3B)肠系膜上动脉管腔内栓子形成

表1 不同类型肠壁积气的CT表现比较[例(%)]

		化疗相关组(n=4)	非化疗相关组(n=14)	P*
积气类型	蜂窝海绵状积气	4(100)	0(0)	0.000
	串珠样积气	0(0)	9(64.2)	0.082
	线样融合型	0(0)	4(28.5)	0.524
积气累及肠段	小肠	1(25)	10(71.4)	0.245
	结肠	4(100)	8(57.1)	0.245
肠管扩张	小肠受累	0(0)	11(78.5)	0.011
	大肠受累	0(0)	4(28.5)	0.524
积气累及长度	局限性	0(0)	5(17.5)	0.278
	节段性	0(0)	2(14.2)	1.000
	弥漫性	4(100)	6(42.8)	0.092
门脉系统积气		0(0)	6(42.8)	0.245
肠壁增厚		0(0)	8(57.1)	0.092
腹腔积液/系膜水肿		0(0)	9(64.3)	0.082
腹腔游离积气		3(75)	1(7.1)	0.019

注：*为Fisher检验

3 讨论

肠壁积气是指气体在肠管壁间积聚，可出现于食管、胃、小肠、结肠和直肠等部位，但多见于结肠和小肠。临床上可以无症状，也可以表现为腹痛、腹胀、血便，甚至危及患者生命。肠壁积气作为一种影像学征象，由Lerner和Gazin于1946年首先提出^[1]，其致病因素众多，且预后多变，患者临床体征变化范围宽广，从无症状到危及生命，相应临床治疗手段从无特殊处理到手术治疗，因此，能正确评估肠壁积气严重程度对临床意义重大。肠壁积气常见的病理学分型主要有：1)微泡型，以固有层、表皮上层、黏膜肌层或上层黏膜下之内有小间隙(10-100um)为特征；2)囊型：位于浆膜下或黏膜下，组织学上囊壁衬有一层扁平或立方细胞；3)弥漫型：肠壁外观为弥漫海绵状，气性间隙内并无巨细胞内衬^[2]。既往报道肠壁积气多为肠壁缺血坏死导致，因化疗药物引起的肠壁积气报道少见，因此本文通过对比化疗药物引起的肠壁积气与非化疗相关的肠壁积气，对化疗相关的肠壁积气CT征象进行了归纳总结。

3.1 肠壁积气的发病机制 肠壁积气的原因未明，St Peter^[3]认为肠管壁间积气气体来源主要有三种途径：1)肠管腔内气体：肠粘膜在破损时，包括肠腔压力过高及创伤，如梗阻、肠壁坏死、外伤、手术等原因引起，肠管内气体通过破损粘膜进入肠壁；在免疫缺损状态时，即使肠管内压力正常，由于免疫缺损或免疫抑制剂的使用等原因致使payer淋巴小结收缩，结构完整性被破坏，气体进入肠壁内^[4]。2)细菌产生的气体：在肠管内压力升高或肠壁粘膜损伤时，产气菌进入肠壁内产生气体。3)肺内积气：肺泡破裂后气体可沿支气管鞘扩散至纵隔内，进而向下迁移，并沿腹腔系膜血管，进入肠壁内。目前所报道的可引起肠壁积气的疾病包括^[5]：1)血管性疾病，肠系膜血管血栓、肠壁缺血坏死；2)胃肠道疾病，如肠梗阻、溃疡性结肠炎等；3)感染：如浓毒血症、HIV等；4)药源性：如化疗药、类固醇类等；5)医源性：手术、胃肠镜或肠腔置管等；6)移植术后：包括脏器移植及干细胞移植等；7)肺部疾病：COPD、支气管扩张等。

3.2 化疗相关性肠壁积气的机制 化疗引起的肠壁积气原因尚未可知，目前报道的可引起肠壁积气的化疗药物包括：分子靶向药贝伐单抗^[6]，阿帕替尼及其他表皮生长因子受体酪氨酸激酶受体抑制剂^[7-8]、伊立替康^[9]、5氟类抗肿瘤药物^[10]等。化疗药物可作用于胃肠道，引起胃肠道副反应，因此推测引起肠壁积气可能是由于化疗药物导致肠壁黏膜损伤，而化疗药物引起肠壁黏膜损伤的原因有如下几个：1)抗血管生成，分子靶向药通过抑制肿瘤血管生成，达到抑制肿瘤再生的作用，这些抗血管生成药一部分直接作用于肠壁，引起肠壁血管密度减低，血供减少，粘膜易脆^[11]；2)粘膜损伤，化疗药物都可在一定程度上损伤肠壁黏膜(包括对黏膜上皮血管的损伤和对黏膜基质的损伤)，致使组织缺血，释放大量自由基，引起肠上皮损伤；3)肠粘膜再生受损：抗肿瘤生成药可通过影响DNA合成过程，影响肠上皮细胞增殖，引起肠上皮细胞更新修复过程受损；4)化疗药物作用于肠壁淋巴组织，致使payer淋巴小结收缩，结构完整性被破坏^[12]。

3.3 化疗相关型肠壁积气的CT表现 肠壁积气可由X线、CT检查发现，其他检查方式如超声、消化道造影及肠镜等诊断价值较为有限，并且CT对于少量且较局限的肠壁积气及腹腔伴随症状较为敏感。化疗引起的肠壁积气患者可无明显临床症状及体征，CT表现为受累肠段肠壁积气为蜂窝海绵状积气，即积气呈线样、囊状及混合性改变，

主要累及结肠、分布范围较弥漫，部分伴有腹腔游离积气，肠壁增厚、腹腔积液及系膜渗出等少见。与既往报道实体脏器^[13-14]或干细胞移植术后^[4, 15]、结缔组织病^[16]或药物性(如类固醇类药物治疗后)引起的肠壁积气CT表现相仿，属良性自限性疾病。本组病例中化疗后出现肠壁积气患者，在给予停药处理后，肠壁积气均逐渐吸收好转。

非化疗相关型肠壁积气患者多有腹痛，多是由于肠梗阻、肠壁缺血坏死、手术后、严重感染等原因引起，其积气范围可局限或弥散分布，肠管多有扩张，小肠受累为主，其他CT征象如腹腔积液、系膜水肿及非受累肠段肠壁增厚、水肿、门脉系统积气等多见。非化疗相关引起的肠壁积气原因复杂，部分是致死性的，单纯依据肠壁积气CT表现判断病情严重程度较为困难，需结合实验室检查及临床体征进行综合分析。既往报道多将肠壁积气合并门脉系统积气作为高危征象^[14, 18]，本组中高危病例同样具有上述表现，但是其他征象如腹腔渗出、肠壁增厚同样对疾病的严重程度具有评估作用。

综上所述，因化疗药物使用引起的肠壁积气，CT表现较有特征性，结合患者病史及临床体征，有助于正确评估病情，减少不必要手术及不良预后的发生。

参考文献

[1] LERNER HH,GAZINAI.Pneumatosis intestinalis:its roentgenologic diagnosis[J].Am J Roentgenol 1946; 56: 464-469.
[2] 吴戈,闫晨,张黎莉.肠壁积气征的研究进展.实用放射学杂志[J],2008(09):1278-1280.
[3] ST PETER SD,ABBAS MA,KELLY KA.The spectrum of pneumatosis intestinalis.Arch Surg[J]. 2003; 138(1): 68-75.
[4] 伊慧明,姚剑峰,李英等.异基因造血干细胞移植后肠壁积气征三例报告并文献复习[J].中华血液学杂志,2019,40(03): 232-234.

[5] KHALIL PN,HUBER-WAGNER S,LADURNER R,et al.Natural history,clinical pattern,and surgical considerations of pneumatosis intestinalis.Eur J Med Res[J]. 2009; 14(6): 231-239.
[6] ASMIS TR,CHUNG KY,TEITCHER JB,et al.Pneumatosis intestinalis:a variant of bevacizumab related perforation possibly associated with chemotherapy related GI toxicity. Invest New Drugs[J]. 2008; 26(1): 95-96.
[7] VIJAYAKANTHAN N,DHAMANASKAR K,STEWART L,et al.A review of pneumatosis intestinalis in the setting of systemic cancer treatments,including tyrosine kinase inhibitors.Can Assoc Radiol[J]. 2012; 63(4): 312-317.
[8] CORIAT R,ROPERT S,MIR O,et al.Pneumatosis intestinalis associated with treatment of cancer patients with the vascular growth factor receptor tyrosine kinase inhibitors sorafenib and sunitinib. Invest New Drugs[J]. 2011; 29(5): 1090-1093.
[9] KUNG D,RUAN DT,CHAN RK,et al.Pneumatosis intestinalis and portal venous gas without bowel ischemia in a patient treated with irinotecan and cisplatin. Dig Dis Sci[J]. 2008; 53(1): 217-219.
[10] KOUZU K,TSUJIMOTO H,HIRAKI S,et al. A case of pneumatosis intestinalis during neoadjuvant chemotherapy with cisplatin and 5-fluorouracil for esophageal cancer†.J Surg Case Rep[J]. 2017(11): rjx227.
[11] 李仲南,汪昱,秦元光.化疗药物对肠屏障功能的损伤机制及防治进展.山东医药[J],2008(26): 113-115.
[12] MANZANO M,BUENO P,RUEDA R,et al.Intestinal toxicity induced by 5-fluorouracil in pigs: a new preclinical model.Chemotherapy[J]. 2007; 53(5): 344-355.
[13] MESAKI K,SUGIMOTO S,OTANI S,et al.Pneumatosis intestinalis after lung transplantation for pulmonary graft-versus-host disease.J Thorac Dis[J]. 2018; 10(10): E42-E45.
[14] TELEGRAF M,STABILE I AA,ANGELELLI G,et al.Reversible pneumatosis cystoides intestinalis after liver transplantation.G Chir[J]. 2017; 38(5): 239-242.
[15] HEPGUR M,AHLUWALIA MS,ANNE N,et al.Medical management of pneumatosis intestinalis in patients undergoing allogeneic blood and marrow transplantation. Bone Marrow Transplant[J]. 2011; 46(6): 876-879.
[16] WANG YJ,WANG YM,ZHENG YM,et al. Pneumatosis cystoides intestinalis:six case reports and a review of the literature. BMC Gastroenterol[J]. 2018; 18(1): 100. Published 2018 Jun 28.
[17] 吴菊芳,习利军,梁立华等.肠出血与缺血疾病CT征象对比研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(8): 136-138.
[18] TREYAUD MO,DURAN R,ZINS M,et al.Clinical significance of pneumatosis intestinalis-correlation of MDCT-findings with treatment and outcome.Eur Radiol[J]. 2017; 27(1): 70-79.

(收稿日期: 2021-12-05)
(校对编辑: 姚丽娜)

(上接第 123 页)

f值不仅与灌注信息有关，也可能与腺体的分泌和液体的流动是相关的^[13]。曾桔等^[11]研究表明f值b值依赖性较强，低b值扫描获得的f值更可能具有诊断价值。当PCa继发于慢性前列腺炎时，炎症可能会对肿瘤区域微循环的灌注产生影响^[15]。

与单指数模型相比，高b值拟合的DKI反映了非高斯分布的水分子扩散，更贴合真实组织结构的变化，因为恶性肿瘤病变的发生导致微结构屏障的变化是非常复杂的。K_{app}值的升高代表更大的组织复杂性和对高斯分布的偏离^[16]，矫正的扩散系数D_{app}值反映非高斯分布中水分子弥散的程度。本研究显示DKI定量参数D_{app}、K_{app}值可以区分PCa与BPH等良性病变，PCa组的D_{app}值明显低于良性病变组，PCa组的K_{app}值明显高于良性病变组，与既往研究结果^[5,12]一致，是由于前列腺癌腺体结构的破坏、肿瘤细胞的生成阻碍了水分子扩散并增加了组织的复杂性。本研究中D_{app}和K_{app}诊断PCa的AUC、灵敏度、特异度低于ADC值，与Liu Y^[4]，Wang X^[17]等研究结果一致，而Li C^[12]等研究结果显示D_{app}和K_{app}的AUC高于ADC，原因可能是b值的数量和选取范围不同，本研究DKI序列扫描最大b值为1500s/mm²，冯朝燕等^[18]认为最大b值为2000s/mm²对于DKI模型的拟合最佳。

PCa患者的肿瘤细胞破坏基底膜，使得PSA进入血液中，导致血清中tPSA水平增高，BPH中腺上皮细胞增多，前列腺体积增大，也可以导致tPSA增高，因此tPSA诊断PCa的特异度有待提高。fPSA反映血清中失活的被内蛋白酶水解的PSA，在发生PCa时水解效应下降，fPSA占tPSA的比例下降，PCa患者的f/tPSA水平降低^[6]。PSAD是tPSA与前列腺体积的比值，由于均衡了前列腺体积的影响因素，PSAD可能比tPSA具有更好的特异度。研究表明MRI-PSAD比tPSA具有更好的预测前列腺活检结果的效能^[19]。在本研究中，PCa组的tPSA、PSAD值明显高于良性病变组，PCa组的f/tPSA明显低于良性病变组，PSAD区分PCa与良性病变的诊断效能优于tPSA、f/tPSA，与既往研究结果^[19-21]一致，表明PSAD是检测PCa更有效的指标。因此在临床中除了常规检测tPSA，也应该关注PSAD，以提高对前列腺疾病诊断的准确性。

在本研究中将DWI、IVIM、DKI的定量参数分别与PSAD、tPSA进行联合，发现联合诊断的效能提高，均优于MRI定量参数值与PSA相关指标单独诊断的效能，而Yao W^[22]等研究表明将DKI定量参数与PSA联合可以提高鉴别PCa和BPH的诊断效能，说明在PCa的诊断中，MRI扩散加权成像定量参数与PSA指标进行联合诊断可以带来更高的诊断价值，是值得进一步研究探索的诊断策略。

综上所述，MRI扩散加权成像单指数模型的ADC值、双指数模型的D值和峰值模型的D_{app}值和K_{app}值以及PSA指标中的tPSA、PSAD值对于PCa具有较高的诊断价值，ADC值和PSAD值分别是单独诊断效能最高的MRI定量参数和PSA指标。MRI定量参数与

PSA指标进行联合诊断进一步提高诊断效能。因此在临床实践中，需要将MRI与PSA指标相互结合指导临床决策与干预。

参考文献

[1] Futterer JJ,Briganti A,De Visschere P,et al.Can clinically significant prostate cancer be detected with multiparametric magnetic resonance imaging?A systematic review of the literature[J].European urology, 2015, 68(6): 1045-1053.
[2] 韩苏军,张思维,陈万青,等.中国前列腺癌发病现状和流行趋势分析[J].临床肿瘤学杂志,2013,18(4): 330-334.
[3] 魏磊,刘世超,李颖. DWI单指数模型和IVIM模型参数在前列腺癌诊断中的价值[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(2): 47-49.
[4] Liu Y,Wang X,Cui Y,et al.Comparative study of monoexponential, intravoxel incoherent motion,kurtosis, and IVIM-Kurtosis models for the diagnosis and aggressiveness assessment of prostate cancer[J].Frontiers in Oncology, 2020,10: 1763.
[5] 周望,陈桥,贺国庆,等.磁共振扩散峰度成像联合磁共振加权成像在前列腺癌早期诊断中的应用[J].中国CT和MRI杂志, 2021, 19(2): 118-120.
[6] Flores-Fraile MC, Padilla-Fernández BY, Valverde-Martínez S, et al. The association between prostate-specific antigen velocity (PSAV), value and acceleration, and of the free PSA/Total PSA index or ratio, with prostate conditions[J]. Journal of Clinical Medicine, 2020, 9(11): 3400.
[7] McKaskill F, Lee SM. Diagnostic value of MRI-based PSA density in predicting transperineal sector-guided prostate biopsy outcomes[J]. Oncology, 2017, 49(8): 1335-1342.
[8] Le Bihan D, Turner R. The capillary network: a link between IVIM and classical perfusion[J]. Magnetic resonance in medicine, 1992, 27(1): 171-178.
[9] Yao W, Liu J, Zheng J, et al. Study on diagnostic value of quantitative parameters of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging (IVIM-DWI) in prostate cancer[J]. American Journal of Translational Research, 2021, 13(4): 3696-3702.
[10] 陈海东,张洁,谢丽芬,等.对比单、双指数模型扩散加权成像在鉴别前列腺良恶性病变中的应用研究[J].临床放射学杂志, 2020, 39(6): 1166-1169.
[11] 曾桔,印隆林,孙菊,等.不同b值组合的IVIM成像在前列腺癌诊断中的应用价值研究[J].临床放射学杂志, 2020, 39(7): 1367-1372.
[12] Li C, Chen M, Wan B, et al. A comparative study of Gaussian and non-Gaussian diffusion models for differential diagnosis of prostate cancer with in-bore transrectal MR-guided biopsy as a pathological reference [J]. Acta Radiologica, 2018, 59(11): 1395-1402.
[13] Pesapane F, Patella F, Fumarola BM, et al. Intravoxel incoherent motion (IVIM) diffusion weighted imaging (DWI) in the periferic prostate cancer detection and stratification[J]. Medical oncology, 2017, 34(3): 35.
[14] Kuru TH, Roethke MC, Stieltjes B, et al. Intravoxel incoherent motion (IVIM) diffusion imaging in prostate cancer - what does it add? [J] Journal of computer assisted tomography, 2014, 38(4): 558-564.
[15] Faniel T, Ludemann L, Rudolph B, et al. Evaluation of normal prostate tissue, chronic prostatitis, and prostate cancer by quantitative perfusion analysis using a dynamic contrast-enhanced inversion-prepared dual-contrast gradient echo sequence[J]. Investigative radiology, 2008, 43(7): 481-487.
[16] Tamada T, Prabhu V, Li J, et al. Prostate cancer: diffusion-weighted MR imaging for detection and assessment of aggressiveness-comparison between conventional and kurtosis models[J]. Radiology, 2017, 284(1): 100-108.
[17] Wang X, Tu N, Qin T, et al. Diffusion Kurtosis Imaging Combined With DWI at 3-T MRI for Detection and Assessment of Aggressiveness of Prostate Cancer[J]. American journal of roentgenology, 2018, 211(4): 797-804.
[18] 冯朝燕, 闫祥德, 李拔森, 等. 不同b值范围扩散加权成像定量参数在外周带前列腺癌诊断中的价值比较[J]. 影像诊断与介入放射学, 2017, 26(1): 8-14.
[19] Bhat NR, Vetter JM, Andriole GL, et al. Magnetic Resonance Imaging-Defined Prostate-Specific Antigen Density Significantly Improves the Risk Prediction for Clinically Significant Prostate Cancer on Biopsy[J]. Urology, 2019, 126: 152-157.
[20] 孙杨,王绍平. PSA、PSAD、f-PSA/PSA在前列腺癌诊断中的价值分析[J].中国实验诊断学, 2016, 20(01): 113-114.
[21] 洪虎波,董艳霞.超声检测前列腺体积与前列腺特异性抗原联合检测在前列腺癌诊断中的应用意义[J].罕少疾病杂志, 2022, 29(6): 99-101.
[22] Yao W, Zheng J, Han C, et al. Integration of quantitative diffusion kurtosis imaging and prostate specific antigen in differential diagnostic of prostate cancer[J]. Medicine, 2021, 100(35): e27144.

(收稿日期: 2021-10-17)
(校对编辑: 孙晓晴)