

卵巢上皮性肿瘤的多模态 MRI 临床研究进展

宋小玲, 江广斌, 姜伦, 胡必富

【摘要】 上皮性肿瘤是卵巢最常见的肿瘤,其组织学类型复杂,不同性质及组织亚型肿瘤治疗方法和预后差异大,恶性肿瘤预后不良可能与诊断晚、分期不准确、易复发等因素有关,因此运用影像学方法对肿瘤进行定性诊断及全面评估至关重要。MRI 凭借良好的软组织分辨率和多序列成像在卵巢上皮性肿瘤的诊断中发挥着关键作用,其功能成像技术正越来越多地用于卵巢上皮性肿瘤的鉴别诊断、分期及分型、疗效监测及预后预测中。综合运用多种 MRI 成像技术有助于对卵巢上皮性肿瘤更加深入的理解,在临床实践中发挥更大的作用。

【关键词】 卵巢肿瘤; 上皮性肿瘤; 磁共振成像; 多模态

【中图分类号】 R737.31; R445.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)11-1440-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.11.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



卵巢肿瘤是女性盆腔最多见的肿块,包括上皮性、性索-间质性、生殖细胞性和转移性肿瘤,其中上皮性肿瘤最常见,占比约 60%^[1]。目前评估卵巢肿瘤的常用手段有超声、CT 和 MRI 检查,FDG-PET/CT 亦越来越多地用于恶性肿瘤患者。超声具有广泛可用性、实时动态的特点,是初步评估卵巢肿块的首选方式,但其软组织分辨力差,对肿瘤内部特征及与邻近关系的确定存在不足,且易受操作者经验的影响;CT 是评估远处转移的最佳选择,主要用于恶性肿瘤术前分期和随访;FDG-PET/CT 具有 PET 代谢评估和 CT 解剖评估的优势,有望改善患者的转移定位、治疗计划和预后评估,但价格昂贵,不宜作为常规检查。此外,肿瘤标志物如血清 CA125 对于提示恶性卵巢肿瘤也有一定意义,但特异性较差。MRI 凭借良好的软组织分辨率和多序列成像在卵巢上皮性肿瘤(epithelial ovarian tumors, EOTs)诊断中发挥着关键作用,其功能成像技术,如扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)、扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)、动态增强磁共振成像(dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)及磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy, MRS)能从微观上分析病变水分子运动异常、血流灌注异常及组织代谢异常,有效反映肿瘤细胞生物学行为,正越来越多地用于 EOTs 的鉴别诊断、分期及分型、疗效监测及预后预测中。现就 EOTs 的多模态 MRI 临床研究

进展进行综述。

诊断及鉴别诊断

EOTs 有良性、交界性和恶性之分^[2],不同性质肿瘤治疗方法不同,术前准确定性诊断有助于临床医师制订合理的治疗方案。临床上常根据术中冰冻切片结果来选择手术方式,然而,由于肿瘤体积较大且种类繁多,术中冰冻切片诊断早期恶性肿瘤的符合率为 81%,诊断交界性肿瘤的符合率仅为 60%~75%^[3]。MR 功能成像为 EOTs 的准确诊断提供了新的手段。DWI 可显示组织内水分子运动、细胞密集性及细胞膜完整性等信息,表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值则能定量反映水分子扩散受限制的程度。当肿瘤发生恶变时,细胞密度和异型性增高,水分子扩散受限明显,ADC 值降低,这种机制有助于良、恶性鉴别。袁道明等^[4]分析了 34 例良恶性 EOTs 的 DWI 特点,通过选取不同的 b 值计算比较肿瘤实性部分的 ADC 值,发现恶性肿瘤实性部分的 DWI 信号明显高于良性肿瘤,ADC 值低于后者,且当 b 值为 0~800 s/mm² 时背景信号稳定,图像为最佳。DCE-MRI 是在静脉注射对比剂后的不同时间间隔获取图像,通过监测运输动力学来定量反映血管容积和通透性。以子宫肌层为参照, EOTs 实性部分的时间-信号强度曲线(time-signal intensity curve, TIC)可分为 3 型: I 型为渐进性强化,无肩部; II 型为早期中度强化,随后为平台期; III 型为早期明显强化,随后为平台或下降^[5]。张彩霞等^[6]观察到,卵巢囊腺瘤多表现为 I 型曲线,囊腺瘤多为 II 型曲线,这与吴梦楠等^[7]报道一致,表明 TIC 可以较好反应卵巢肿瘤的良恶性,但研究中部分病例的曲线类型存在交叉,因此,需要结合其他参数以

作者单位: 441300 湖北,锦州医科大学湖北医药学院附属随州医院研究生联合培养基地医学影像科(宋小玲); 441300 湖北,湖北医药学院附属随州医院(随州市中心医院)医学影像科(江广斌、姜伦、胡必富)

作者简介: 宋小玲(1994—),女,湖北省赤壁人,硕士研究生,住院医师,主要从事卵巢肿瘤的影像诊断研究。

通讯作者: 江广斌, E-mail: jgb126@126.com

基金项目: 湖北省教育厅重点项目(D20162102)

提高诊断准确性,其进一步对 TIC 进行分析得到相关定量参数,发现肿瘤实性部分的容积转移常数(volume transfer constant, K^{trans})亦有助于良恶性囊腺瘤的鉴别,而速率常数(rate constant, K_{ep})与血管外细胞外间隙容积分数(volume fraction of extravascular extracellular space, V_e)对二者鉴别意义不大。然而, Yuan 等^[8]研究发现, K^{trans} 和 V_e 均与新生血管生成活跃有关,能反应肿瘤良恶性及恶性程度,二者对于 V_e 的意义意见不一致,可能是由于参数本身的诊断效能较低,对肿瘤血管的灌注和通透性反应不灵敏,因此更易受样本影响。交界性卵巢上皮性肿瘤(borderline epithelial ovarian tumors, BEOTs)和恶性卵巢上皮性卵巢肿瘤(malignant epithelial ovarian tumors, MEOTs)的影像表现常有重叠,如出现囊内或囊外赘生物、不规则实性成分或间隔增厚,常规 MRI 难以鉴别^[9]。Zhao 等^[10]试图利用 DWI 对 BEOTs 和 MEOTs 进行鉴别,发现大多数 BEOTs 实性成分表现为 DWI 低-中等信号,而 MEOTs 几乎均为高信号, BEOTs 的实性成分平均 ADC 值显著高于后者,当阈值取 $1.039 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,敏感度达 97.0%,特异度为 92.2%,符合率为 96.4%,但不同学者提出的鉴别 BEOTs 与 MEOTs 的 ADC 阈值不同^[11],究其原因,一方面,ADC 值受扫描机器类型、扫描参数等影响,而不同研究中并没有统一化;另一方面,样本数量、病理类型分布、感兴趣区形态等可能影响 ADC 值的准确性。传统的 DWI 假设在 b 值达到 $1000 \text{ s}/\text{mm}^2$ 时,水扩散服从高斯分布,反映了扩散信号强度呈线性衰减。事实上,组织的水分扩散受到细胞膜、细胞器等复杂微观结构的影响和限制,信号强度并不随 b 值的增加而呈线性衰减模式^[12]。这可以用 Jensen 等^[13]首次提出的非高斯 DKI 模型来反映,DKI 可以更好地描述组织微观结构的复杂性。Li 等^[14]研究了 DKI 参数在 BEOTs 和 MEOTs 鉴别中的价值,发现峰度值、扩散系数具有很好的诊断性能,虽然与 ADC 值相比没有明显的优势,但将 ADC 值与峰度值结合可以降低误诊率。Ma 等^[15]则关注了 EOTs 的¹H-MRS 代谢特征,发现 MEOTs 的胆碱(Choline, Cho)水平较高,而 BEOTs 的 N-乙酰天门冬氨酸(N-Acetyl Aspartate, NAA)水平较高,认为 NAA/Cho 比值是鉴别二者的可靠指标。另有学者^[16]发现¹H-MRS 对良性与交界性囊性上皮性肿瘤的鉴别亦有较高的准确性, BEOTs 囊液的胆碱/肌酸和 N-乙酰天门冬氨酸/肌酸比值明显高于良性肿瘤。

分期

MEOTs 发病隐匿,就诊时常已有广泛腹膜种植

与远处转移。根据欧洲泌尿生殖学会放射学指南^[17], 卵巢癌的术前分期依据是 CT 检查。然而,CT 对于直径 $<1 \text{ cm}$ 的腹膜转移灶敏感性较低^[1]。PET/CT 虽对淋巴结和远处转移较敏感,但往往会低估肠系膜及肠管浆膜面等腹膜转移。MRI 功能和形态学信息结合则能弥补以上不足,抑脂 T_1 增强有助于显示病变的确切范围,但在常规 T_1 、 T_2 和抑脂 T_1 中,内嵌在腹膜反射中的小肠浆膜种植体常被邻近结构所掩盖, DWI 则能较好地显示肠系膜、小肠及结肠浆膜表面种植灶^[18],其 DWI 表现为高信号的病灶,而周围腹水、肠内容物和脂肪的信号被抑制,病灶得以清晰显示。由于卵巢癌可能会转移到肺、肝脏等远处器官,有学者^[19]认为分期时可用全身 DWI(whole body diffusion weighted imaging, WB-DWI)进行评估。WB-DWI 显示肿瘤的机制是 T_2 加权、背景抑制及肿瘤扩散受限。Michielsen 等^[19]对 32 例卵巢癌病人行手术前 3T WB-DWI/MRI、PET/CT 及 CT 检查,分析肿瘤影像特点、腹膜及腹膜后分期及远处转移情况。原发肿瘤特征显示的准确度:WB-DWI/MRI、CT、PET/CT 分别为 94%、88%、94%;与 CT (75%)和 PET/CT (71%)相比, WB-DWI/MRI 对腹膜分期的准确性更高,达 91%;腹膜后淋巴结转移诊断的准确度:WB-DWI/MRI 与 PET/CT 均为 87%,CT 为 71%。可见, MRI 是改善上皮性卵巢癌术前分期有效工具。研究表明^[20], WB-DWI/MRI 分期能显著降低不完全切除率,避免单纯 CT 评估可能导致的无效手术切除。至于 WB-DWI/MRI 能否替代诊断性腹腔镜检查,有待未来研究进一步探讨。

分型

MEOTs 包括浆液性癌、黏液性癌、子宫内膜样癌和透明细胞癌等主要组织学亚型,不同亚型肿瘤具有不同组织形态特征和生物学特性,临床治疗及预后不同^[21]。与其他亚型相比,透明细胞癌对化疗的敏感性低,晚期预后差^[22]。因此,术前区分透明细胞癌与其他亚型肿瘤尤为重要。Ma 等^[23]观察到,透明细胞癌的典型 MRI 表现为大的单房囊性肿块伴有乳头状突起和 T_1 高信号囊液成分,而高级别浆液性癌表现为实性肿块或多房混合囊实性肿块伴有小的乳头状突起,83%的病灶 T_1 呈等或低信号, Ma 等认为 T_1 信号差异可能是二者鉴别的重要特征。子宫内膜样癌与透明细胞癌同属与子宫内膜异位症相关的常见组织类型, MRI 表现具有一定相似性,但透明细胞癌的壁结节通常较小,表现为局灶性、偏心或息肉样生长模式,而子宫内膜样癌壁结节为大的异质性混合肿块,表现为多灶性、同心性或广泛的结节样生长^[24]。Ono

等^[21]探讨了不同亚型肿瘤之间细胞数及 ADC 值的差异,发现在透明细胞癌、高级别浆液性癌和子宫内膜样癌中,ADC 值与肿瘤细胞数呈显著的负相关,其中透明细胞癌的细胞计数最低,ADC 值高于高级别浆液性癌和子宫内膜样癌,由此可将透明细胞癌鉴别开来,但后两种亚型的 ADC 值和细胞计数无显著差异。随着卵巢癌进展模型的发现,基于形态学、免疫组织化学和分子遗传学研究,MEOTs 可分为两种类型,较常见的侵袭性强的 II 型癌症和较少见的生长缓慢的 I 型癌症, I 型肿瘤包括低级别浆液性癌、低级别子宫内膜样癌、透明细胞癌、黏液性癌, II 型肿瘤包括高级别浆液性癌、高级别子宫内膜样癌、恶性混合中胚层肿瘤和未分化癌^[25-26]。与 II 型患者相比, I 型患者的生存期更长,但其对铂化疗、激素治疗等标准治疗的反应性低,需要更个性化的治疗^[27]。因此,术前准确分型对患者的手术计划和预后具有重要意义。研究表明^[28-29], MR 特征结合 ADC 值有助于对上皮性卵巢癌亚型进行分类, I 型肿瘤多为囊性或以囊性为主, II 型则多为实性或囊实性且体积更小,与 II 型肿瘤相比, I 型肿瘤的平均 ADC 值明显更高且病灶内间隔增厚和 T₁ 高信号更常见。Li 等^[30]研究发现, I 型和 II 型上皮性卵巢癌的 DCE-MRI 定量参数亦具有显著差异,前者的 K^{trans} 值明显低于后者,表明 K^{trans} 值能反映肿瘤恶性程度,进一步证实了 Yuan 等^[8]的结论。

疗效监测及预后预测

晚期 MEOTs 对铂类化疗的反应率约为 85%, 近 75% 的患者会出现复发^[31]。早期对治疗反应进行评估,可以使治疗最优化。由于以肿瘤大小的变化来衡量肿瘤对治疗的反应往往滞后于肿瘤微环境变化、细胞凋亡和坏死等功能反应。因此使用 MRI 作为肿瘤疗效评估的生物指标,需要从强调形态学特征的常规序列转变为功能成像技术,以量化肿瘤功能、代谢和异质性。MR 功能成像已被作为一种反应评估工具在多个癌症部位进行评估^[32-33]。动物实验研究表明 DWI 的 ADC 值和 DKI 参数值以及 DCE-MRI 定量参数是监测大鼠 EOTs 对化疗反应的可靠生物标志物^[34-35]。近年来相关临床试验研究亦越来越多, Winfield 等^[36]对 III 期或 IV 期经铂类化疗的 MEOTs 患者进行了一项多中心研究,将研究对象分为新诊断组和复发组,观察有反应者和无反应者治疗后 ADC 值的变化,并探讨这些变化与无进展生存率和总生存期的关系。结果显示复发组在 1 个治疗周期后 ADC 值增加了 47%, 新诊断组和复发组在 3 个治疗周期后 ADC 值分别增加了 58% 和 53%, 有反应者 ADC 值的升高显著高于无反应者,表明 ADC 值能反映对治疗有反应的微结构

变化,而且这些变化是早期发现的。另外,在复发组中 ADC 升高与无进展生存期延长相关,表明 ADC 值的变化还可以预测患者预后。另一项研究^[37]发现,DKI 的峰值与肿瘤增殖标记物 Ki-67 的表达相关,亦可作为高级别浆液性癌对新辅助化疗反应的生物标志物,特别是针对细胞增殖的药物。以往研究使用了不同形态的感兴趣区域来进行分析,虽然具有临床意义,但可能低估了整个肿瘤的异质性,基于全实体肿瘤体积的直方图分析通过量化复杂的参数分布,是一种更为敏感的反映肿瘤异质性的方法^[38]。Li 等^[39]研究发现全实体瘤体积定量 DCE-MRI 直方图参数虽不能预测 MEOTs 的复发,但与高级别浆液性癌复发之间存在显著相关性, K^{trans} 和 K_{ep} 直方图值较低时,代表肿瘤复发的高风险,该研究还表明,无任何 MRI 形态特征能预测 MEOTs 的复发。Lee 等^[40]研究表明,MEOTs 的 18 氟-氟代脱氧葡萄糖摄取异质性与肿瘤复发有关,而该研究没有发现 DCE-MRI 直方图参数是 MEOTs 复发的预测因子,结果不一致可能由于 DCE-MRI 直方图参数受到肿瘤的临床分期和不同组织亚型的影响。因此,根据不同的肿瘤分期和组织学亚型进行进一步的分层研究是必要的。

多模态 MRI 的综合应用

对于 EOTs 的评估,每种 MR 成像技术均有各自的优势及局限性,正确认识不同技术的优势并有效地将多模态 MRI 进行整合应用,才能更好地服务于临床。Sala 等^[41]首次采用多参数成像方法,探讨 DWI、DCE-MRI 和 MRS 在评估晚期卵巢癌铂类新辅助化疗反应中的作用,发现 ADC 和 V_e 均对治疗反应敏感,可以作为疗效评估的指标,但胆碱浓度不能有效评估治疗反应。Sala 等^[41]认为, DWI 兼具稳定性、无创性和广泛的解剖覆盖等优势,可能是监测晚期卵巢癌患者铂类新辅助化疗反应最合适的成像方式。近年有研究^[42-43]表明, DCE-MRI 在卵巢肿瘤的良恶性鉴别上较 DWI 更具优势。Malek 等^[42]发现, DCE-MRI 生成的 TIC 类型对于鉴别附件肿块良恶性较 DWI 和 ADC 更准确, Singla 等^[43]的研究亦表明, DCE-MRI 的定量参数最大绝对增强时间和最大斜率,对良恶性卵巢复杂肿块的诊断性能均优于 DWI (ADC 值)。然而,施敏敏等^[44]研究发现,多 b 值 DWI 和 DCE-MRI 联合应用能提高卵巢肿瘤术前诊断准确性,当 b = 1200 s/mm² 时, DWI 联合 DCE-MR 的 K^{trans} 值诊断效能最高。随后,有学者^[45]比较了 DWI、DKI、DCE-MRI 全实体肿瘤直方图鉴别 BEOTs 和 MEOTs 的诊断性能,发现大多数扩散相关参数比灌注相关参数更有价值,其中扩散系数第 10 百分位值在所有单一指标

中准确性最高,扩散系数与 K^{trans} 组合具有最好的诊断性能。可见,与单一技术比较,多模态 MRI 的综合应用能更大地发挥 MRI 在 EOTs 中的临床应用价值。

随着 MRI 技术的发展,多模态 MRI 在 EOTs 中的应用越来越多,有望改善 EOTs 患者的临床管理。但目前研究多为小样本初步结果,还有待大样本、多中心研究证实,另外,由于 EOTs 组织学类型复杂,部分研究结果不一致,亟待单一组织学类型分层研究。近年来发展的磁共振分子成像技术较传统影像手段具有实时、无创、无辐射并准确监测肿瘤疗效的优势,对 MEOTs 的早期诊断、靶向治疗亦有广阔的应用前景。随着人工智能的发展,以深度学习、影像组学及纹理分析技术为代表的人工智能精准影像分析技术在 EOTs 中的临床应用亦逐渐展开,但其临床价值尚处于探索阶段。多模态 MRI 技术相互融合、新技术推广和研究领域拓展将是未来研究的方向。

参考文献:

- [1] Javadi S, Ganeshan DM, Qayyum A, et al. Ovarian cancer, the revised FIGO staging system, and the role of imaging [J]. *AJR*, 2016, 206(6): 1351-1360.
- [2] 马亚琪, 王昀, 刘爱军, 等. WHO(2014) 卵巢肿瘤组织学分类 [J]. *诊断病理学杂志*, 2014, 21(8): 530-531.
- [3] Song T, Choi CH, Kim HJ, et al. Accuracy of frozen section diagnosis of borderline ovarian tumors [J]. *Gynecol Oncol*, 2011, 122(1): 127-131.
- [4] 袁道明. MR 扩散加权成像对卵巢上皮性肿瘤的鉴别诊断价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2019, 35(5): 788-790.
- [5] Thomassin-Naggara I, Cuenod CA, Daraï E, et al. Dynamic contrast-enhanced MR imaging of ovarian neoplasms: current status and future perspectives [J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2008, 16(4): 661-672.
- [6] 张彩霞, 戚婉, 刘碧英, 等. DCE-MRI 和高 b 值 DWI 对卵巢囊腺瘤和囊腺癌的诊断价值初探 [J]. *医学影像学杂志*, 2019, 29(11): 1951-1955.
- [7] 吴梦楠, 全显跃, 黄志明, 等. 磁共振动态增强扫描、ADC 及 3D 减影技术对卵巢囊腺瘤和囊腺癌的诊断价值 [J]. *中国医学物理学杂志*, 2018, 35(5): 573-579.
- [8] Yuan SJ, Qiao TK, Qiang JW, et al. The value of DCE-MRI in assessing histopathological and molecular biological features in induced rat epithelial ovarian carcinomas [J]. *J Ovarian Res*, 2017, 10(1): 65.
- [9] Bent CL, Sahdev A, Rockall AG, et al. MRI appearances of borderline ovarian tumours [J]. *Clin Radiol*, 2009, 64(4): 430-438.
- [10] Zhao SH, Qiang JW, Zhang GF, et al. Diffusion-weighted MR imaging for differentiating borderline from malignant epithelial tumours of the ovary: pathological correlation [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(9): 2292-2299.
- [11] Denewar FA, Takeuchi M, Urano M, et al. Multiparametric MRI for differentiation of borderline ovarian tumors from stage I malignant epithelial ovarian tumors using multivariate logistic regression analysis [J]. *Eur J Radiol*, 2017, 91: 116-123.
- [12] Rosenkrantz AB, Padhani AR, Chenevert TL, et al. Body diffusion kurtosis imaging: basic principles, applications, and considerations for clinical practice [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 42(5): 1190-1202.
- [13] Jensen JH, Helpert JA, Ramani A, et al. Diffusional kurtosis imaging: the quantification of non-gaussian water diffusion by means of magnetic resonance imaging [J]. *Magn Reson Med*, 2005, 53(6): 1432-1440.
- [14] Li HM, Zhao SH, Qiang JW, et al. Diffusion kurtosis imaging for differentiating borderline from malignant epithelial ovarian tumors: A correlation with Ki-67 expression [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 46(5): 1499-1506.
- [15] Ma FH, Li YA, Liu J, et al. Role of proton MR spectroscopy in the differentiation of borderline from malignant epithelial ovarian tumors: A preliminary study [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 49(6): 1684-1693.
- [16] 马风华, 张国福, 强金伟, 等. ^1H -MRS 鉴别良性与交界性囊性上皮性卵巢肿瘤的价值 [J]. *肿瘤影像学*, 2016, 25(1): 16-21.
- [17] Forstner R, Sala E, Kinkel K, et al. ESUR guidelines: ovarian cancer staging and follow-up [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(12): 2773-2780.
- [18] Thomassin-Naggara I, Daraï E, Cuenod CA, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging: a useful tool for characterizing ovarian epithelial tumours [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2008, 28(1): 111-120.
- [19] Michielsen K, Vergote I, Op de Beeck K, et al. Whole-body MRI with diffusion-weighted sequence for staging of patients with suspected ovarian cancer: a clinical feasibility study in comparison to CT and FDG-PET/CT [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(4): 889-901.
- [20] Michielsen K, Dresen R, Vanslebrouck R, et al. Diagnostic value of whole body diffusion-weighted MRI compared to computed tomography for pre-operative assessment of patients suspected for ovarian cancer [J]. *Eur J Cancer*, 2017, 83: 88-98.
- [21] Ono T, Kishimoto K, Tajima S, et al. Apparent diffusion coefficient (ADC) values of serous, endometrioid, and clear cell carcinoma of the ovary: pathological correlation [J]. *Acta Radiol*, 2020, 61(7): 992-1000.
- [22] Gurung A, Hung T, Morin J, et al. Molecular abnormalities in ovarian carcinoma: clinical, morphological and therapeutic correlates [J]. *Histopathology*, 2013, 62(1): 59-70.
- [23] Ma FH, Qiang JW, Zhang GF, et al. Magnetic resonance imaging for distinguishing ovarian clear cell carcinoma from high-grade serous carcinoma [J]. *J Ovarian Res*, 2016, 9(1): 40.
- [24] Morioka S, Kawaguchi R, Yamada Y, et al. Magnetic resonance imaging findings for discriminating clear cell carcinoma and endometrioid carcinoma of the ovary [J]. *J Ovarian Res*, 2019, 12(1): 20.
- [25] Kaldawy A, Segev Y, Lavie O, et al. Low-grade serous ovarian cancer: A review [J]. *Gynecol Oncol*, 2016, 143(2): 433-438.
- [26] Cho KR, Shih IM. Ovarian cancer [J]. *Annu Rev Pathol*, 2009, 4: 287-313.
- [27] Gershenson DM, Sun CC, Iyer RB, et al. Hormonal therapy for recurrent low-grade serous carcinoma of the ovary or peritoneum [J]. *Gynecol Oncol*, 2012, 125(3): 661-666.
- [28] Liu D, Zhang L, Indima N, et al. CT and MRI findings of type I

- and type II epithelial ovarian cancer[J]. *Eur J Radiol*, 2017, 90: 225-233.
- [29] Zhang G, Yao W, Sun T, et al. Magnetic resonance imaging in categorization of ovarian epithelial cancer and survival analysis with focus on apparent diffusion coefficient value; correlation with Ki-67 expression and serum cancer antigen-125 level[J]. *J Ovarian Res*, 2019, 12(1): 59.
- [30] Li HM, Feng F, Qiang JW, et al. Quantitative dynamic contrast-enhanced MR imaging for differentiating benign, borderline, and malignant ovarian tumors [J]. *Abdom Radiol*, 2018, 43 (11): 3132-3141.
- [31] Horowitz NS, Miller A, Rungruang B, et al. Does aggressive surgery improve outcomes? Interaction between preoperative disease burden and complex surgery in patients with stage ovarian cancer; an analysis of GOG 182[J]. *J Clin Oncol*, 2015, 33(8): 937-943.
- [32] 谢铁明, 邵国良, 庞佩佩. DWI 和 DCE-MRI 定量评价食管癌放疗疗效的应用[J]. *放射学实践*, 2017, 32(7): 755-757.
- [33] 艾国平, 刘江勇, 薛阳, 等. DCE-MRI 定量参数对乳腺癌新辅助化疗的疗效评估及相关性分析[J]. *放射学实践*, 2018, 33(11): 1150-1155.
- [34] Yuan SJ, Qiao TK, Qiang JW, et al. Diffusion-weighted imaging and diffusion kurtosis imaging for early evaluation of the response to docetaxel in rat epithelial ovarian cancer[J]. *J Transl Med*, 2018, 16(1): 340.
- [35] Yuan SJ, Qiao TK, Qiang JW, et al. Dynamic contrast enhanced-magnetic resonance imaging for the early evaluation of the response to docetaxel in rats with epithelial ovarian cancer[J]. *Oncol Rep*, 2019, 41(6): 3335-3346.
- [36] Winfield JM, Wakefield JC, Dolling D, et al. Diffusion-weighted MRI in advanced epithelial ovarian cancer; apparent diffusion coefficient as a response marker[J]. *Radiology*, 2019, 293(2): 374-383.
- [37] Deen SS, Priest AN, McLean MA, et al. Diffusion kurtosis MRI as a predictive biomarker of response to neoadjuvant chemotherapy in high grade serous ovarian cancer[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 10742.
- [38] O'Connor JP, Jackson A, Parker GJ, et al. DCE-MRI biomarkers in the clinical evaluation of antiangiogenic and vascular disrupting agents[J]. *Br J Cancer*, 2007, 96(2): 189-195.
- [39] Li HM, Tang W, Feng F, et al. Whole solid tumor volume histogram parameters for predicting the recurrence in patients with epithelial ovarian carcinoma: a feasibility study on quantitative DCE-MRI[J]. *Acta Radiol*, 2020, 61(9): 1266-1276.
- [40] Lee M, Lee H, Cheon GJ, et al. Prognostic value of preoperative intratumoral FDG uptake heterogeneity in patients with epithelial ovarian cancer[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(1): 16-23.
- [41] Sala E, Kataoka MY, Priest AN, et al. Advanced ovarian cancer: multiparametric MR imaging demonstrates response-and metastasis-specific effects[J]. *Radiology*, 2012, 263(1): 149-159.
- [42] Malek M, Pourashraf M, Mousavi AS, et al. Differentiation of benign from malignant adnexal masses by functional 3 Tesla MRI techniques: diffusion-weighted imaging and time-intensity curves of dynamic contrast-enhanced MRI[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2015, 16(8): 3407-3412.
- [43] Singla V, Dawadi K, Singh T, et al. Multiparametric MRI evaluation of complex ovarian masses [J]. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2021, 50(1): 34-40.
- [44] 施敏敏, 刘碧英, 戚婉. 多 b 值 DWI 和 DCE-MRI 联合应用在卵巢肿瘤诊断中的价值初探[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2018, 16(2): 140-144.
- [45] He M, Song Y, Li H, et al. Histogram analysis comparison of monoexponential, advanced diffusion weighted imaging, and dynamic contrast enhanced MRI for differentiating borderline from malignant epithelial ovarian tumors[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2020, 52(1): 257-268.

(收稿日期: 2020-08-31 修回日期: 2021-01-04)