

论 著

子宫内膜癌增强MRI定量参数变化与临床特征的关系及对预后的预测价值分析*

杨川桦* 姜 萍 谢 刚

四川省自贡市第四人民医院放射科
(四川 自贡 631000)

【摘要】目的 探究子宫内膜癌(EC)增强MRI定量参数变化与临床特征关系, 分析其对预后的预测价值。**方法** 选取2019年3月~2022年3月本院收治的EC患者98例作为研究组, 另选同期子宫内膜良性病变患者98例作为对照组。比较两组增强MRI定量参数[速率常数(K_{ep})、容量转移常数(K^{trans})、血管外细胞外间隙容积比(V_e)]。比较研究组不同临床特征患者增强MRI定量参数, 分析其与临床特征相关性。比较研究组不同预后患者增强MRI定量参数, 分析其对预后的预测价值。**结果** 研究组 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 高于对照组($P<0.05$); K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 与病理分期、淋巴结转移、宫颈间质累及情况、子宫肌层浸润深度呈正相关, 而与分化程度呈负相关($P<0.05$); 预后不良者 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 高于预后良好者, 且与预后不良显著相关($P<0.05$); K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 联合预测预后不良的AUC大于各参数单独预测($P<0.05$)。**结论** EC患者增强MRI定量参数 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 升高, 且与临床特征、预后密切相关, 联合检测各参数对预后不良具有一定预测价值。

【关键词】 子宫内膜癌; 增强MRI; 临床特征;
预后; 预测; 速率常数; 容量转移常数;
血管外细胞外间隙容积比

【中图分类号】R711.32; R730.7

【文献标识码】A

【基金项目】2020年四川省医学(青年创新)

科研课题项目(S20067)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.045

Relationship between Quantitative Parameters of Enhanced MRI and Clinical Features and Prognostic Value of Endometrial Carcinoma*

YANG Chuan-hua*, JIANG Ping, XIE Gang.

Radiology Department of the Fourth People's Hospital of Zigong City, Sichuan Province, Zigong 631000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the relationship between enhanced MRI quantitative parameters and clinical features of endometrial cancer (EC), and to analyze its prognostic value. **Methods** 98 patients with EC admitted to our hospital from March 2019 to March 2022 were selected as the study group, and 98 patients with benign endometrial lesions were selected as the control group. Quantitative parameters (rate constant (K_{ep}), volume transfer constant (K^{trans}), extracellular space volume ratio (V_e)) of the two groups of enhanced MRI were compared. The quantitative parameters of enhanced MRI were compared for patients with different clinical characteristics in the study group, and their correlation with clinical characteristics was analyzed. The quantitative parameters of enhanced MRI were compared for patients with different prognosis in the study group, and its predictive value for prognosis was analyzed. **Results** K_{ep} , K^{trans} and V_e in the study group were higher than those in the control group ($P<0.05$). K_{ep} , K^{trans} and V_e were positively correlated with pathological stage, lymph node metastasis, cervical interstitial involvement and depth of myometrium invasion, but negatively correlated with degree of differentiation ($P<0.05$). K_{ep} , K^{trans} and V_e in patients with poor prognosis were higher than those with good prognosis, and were significantly correlated with poor prognosis ($P<0.05$). The AUC of K_{ep} , K^{trans} and V_e combined predicted poor prognosis was greater than that predicted by each parameter alone ($P<0.05$). **Conclusion** Quantitative parameters K_{ep} , K^{trans} and V_e of enhanced MRI increased in EC patients, and were closely related to clinical characteristics and prognosis. Combined detection of these parameters has certain predictive value for poor prognosis.

Keywords: Endometrial Carcinoma; Enhanced MRI; Clinical Features; Prognosis; To Predict; Rate Constant; Capacity Transfer Constant; Extravascular Extracellular Space Volume Ratio

子宫内膜癌(endometrial carcinoma, EC)发病率约占生殖道恶性肿瘤20%~30%, 术后5年生存率约为74%^[1-3]。EC患病早期可通过手术治疗获得较好预后效果, 但少部分患者会出现复发及转移, 导致预后较差^[4]。因而准确评估EC患者预后有助于临床选取合理治疗方式。磁共振成像(MRI)可显示较小血管分支并获取优质血管图像, 而增强MRI可通过对比血流动力学评价肿瘤功能状态, 显示更多更小病灶, 在一定程度上可避免瘤周异常强化对瘤体的干扰, 并可提供病灶血供、微血管通透性、血流灌注等信息, 反映肿瘤生物学特点、异质性, 还可用于鉴别肿瘤, 提高肿瘤诊断、病理类型鉴别等可靠性^[5-6]。目前关于增强MRI定量参数对EC患者预后的预测价值仍需大量数据循证支持, 本研究尝试对此进行探究, 分析增强MRI定量参数与EC患者临床特征相关性, 并分析其对预后的预测价值, 为临床评估EC病情、预测预后转归方向提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2019年3月至2022年3月本院98例EC患者作为研究组, 另选同期98例子宫内膜良性病变患者作为对照组。研究组: 年龄49~71(59.63±3.46)岁, 体质指数20~28(24.13±1.18)kg/m², 绝经: 是63例、否35例, 病理类型: 子宫内膜样腺癌86例、非子宫内膜样腺癌12例; 病理分期^[7]: I~II期75例、III~IV期23例; 淋巴结转移: 有25例、无73例; 分化程度: 高分化51例、中分化25例、低分化22例; 宫颈间质累及情况: 累及27例、未累及71例; 子宫肌层浸润深度^[8]: 无浸润26例、浸润<1/2肌层42例、浸润≥1/2肌层30例; 阴道出血: 是71例、否27例。对照组: 年龄47~73(60.03±4.02)岁, 体质指数20~28(23.96±1.27)kg/m², 绝经: 是71例、否27例, 病理类型: 子宫内膜增生54例、子宫内膜息肉44例; 阴道出血: 是66例、否32例。两组一般资料均衡可比($P>0.05$)。本研究经本院伦理委员会批准。

纳入标准: 符合EC诊断标准^[9]; 首次确诊; 检查前未接受相关治疗; 入组后接受增强MRI检查; 认知功能良好; 签署知情同意书。排除标准: 伴有肝肾功能障碍、急慢性感染疾病者; 合并凝血功能障碍者; 增强MRI检查禁忌症者。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法及随访 研究对象均接受以手术为主的综合治疗, 治疗结束后随访时间为1年, 统计随访期间预后情况^[10], 包括预后不良、预后良好, 依据影像学检查、肿瘤标志物检查判断复发或转移情况。

1.2.2 增强MRI检查 采用3.0T MRI扫描仪(德国西门子公司)进行常规扫描, 扫描部位: 轴

【第一作者】杨川桦, 女, 主治医师, 主要研究方向: 妇儿影像。E-mail: zfvv2672@21cn.com

【通讯作者】杨川桦

位T₁WI、T₂WI、矢状位T₂WI，校正T1 VIBE横断位扫描：全视野260mm×260mm，回波时间(TE)/重复时间(TR)1.74/5.08ms，体素设置为1.9mm×1.4mm×3.6mm，层厚设置为3.6mm，层间距设置为3.6mm×20%，增强扫描参数：TE/TR设置为1.66/4.24ms，体素1.9mm×1.4mm×3.6mm，翻转角设置为15°，层厚、矩阵分别设置为3.6mm、138×192，采集次数、扫描时间分别为35次、331s，检查前注射钆贝葡胺0.1mmol/kg，2.5mL/s。扫描结束后将数据导入工作站，确定感兴趣区(ROI)范围并采用Tissue4D软件分析图像，由2名放射科诊断医师判读，并计算速率常数(K_{ep})、容量转移常数(K^{trans})、血管外细胞外间隙容积比(V_e)。

1.3 观察指标 (1)对比不同组别、研究组不同临床特征患者增强MRI定量参数K_{ep}、K^{trans}、V_e，分析其与临床特征相关性。(2)比较不同预后患者K_{ep}、K^{trans}、V_e，分析其对预后的预测价值。

1.4 统计学分析 采用SPSS 26.0、Medcalc(version 19.04)软件进行统计学分析，计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示，两组间比较采用t检验，多组间比较采用单因素方差分析，进一步两两间比较采用SNK-q检验；计数资料采用n(%)表示，两组间比较采用 χ^2 检验；相关性分析采用Spearman法，r值确定正负性相关；影响因素分析采用Logistic多因素；采用受试者工作特征曲线(ROC)评价预测价值，以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组增强MRI定量参数比较 研究组K_{ep}、K^{trans}、V_e高于对照组(P<0.05)。见表1。典型病例MRI图像见图1-2。

表1 两组增强MRI定量参数比较

组别	n	K _{ep} (min)	K ^{trans} (min)	V _e
研究组	98	0.77±0.19	0.51±0.16	0.72±0.23
对照组	98	0.45±0.14	0.28±0.09	0.39±0.12
t		13.423	12.403	12.593
P		0.000	0.000	0.000

2.2 不同临床特征患者增强MRI定量参数比较 研究组不同病理类型患者K_{ep}、K^{trans}、V_e比较差异无统计学意义(P>0.05)，不同病理分期、淋巴结转移、分化程度、宫颈间质累及情况、子宫肌层浸润深度患者K_{ep}、K^{trans}、V_e比较差异有统计学意义(P<0.05)。见表2。

2.3 增强MRI定量参数与EC临床特征的相关性 K_{ep}、K^{trans}、V_e与EC病理分期(赋值：I~II期=1，III~IV期=2)、淋巴结转移(赋值：无=0，有=1)、宫颈间质累及情况(赋值：未累及=0，累及=1)、子宫肌层浸润深度(赋值：无浸润=1，浸润<1/2肌层=2，浸润≥1/2肌层=3)呈正相关，与分化程度(赋值：低分化=1，中分化=2，高分化=3)呈负相关(P<0.05)。见表3。

2.4 不同预后患者增强MRI定量参数比较 研究组随访1年失访3例(因联系方式失效、家庭住址变迁失访)，完成随访的95例患者中预后良好62例，预后不良33例，其中复发19例，转移8例，死亡6例。预后不良患者K_{ep}、K^{trans}、V_e高于预后良好患者(P<0.05)。见表4。

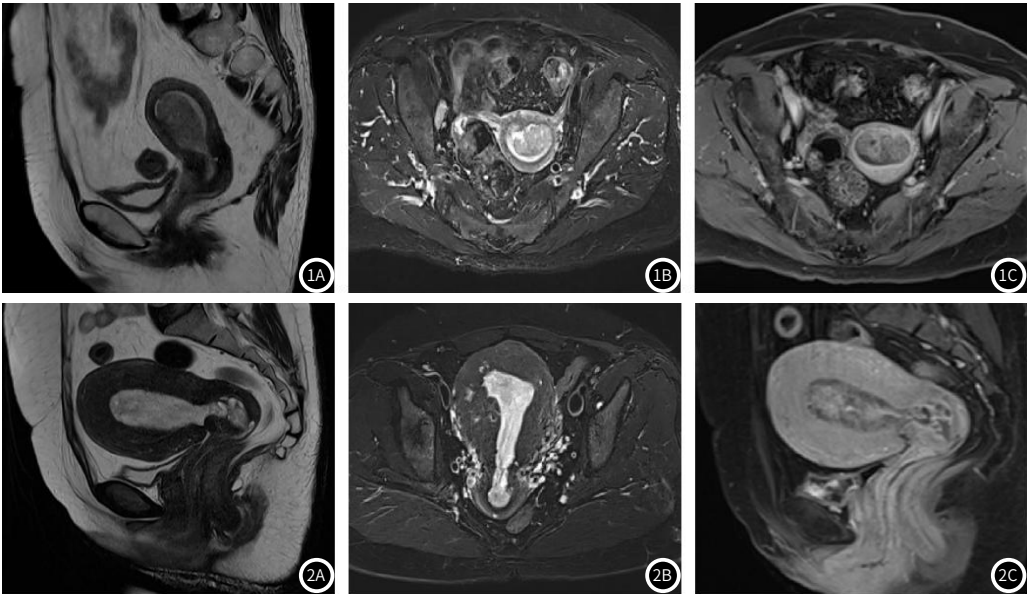


图1A-图1C 典型EC患者MRI图像；EC患者，年龄78岁，图1A为T₁WI矢状位，子宫体腔稍高信号肿块，较正常子宫内膜信号稍低；图1B为T₁WI抑脂像轴位，子宫腔高信号肿块，结合带模糊消失，侵及肌层<1/2；图1C为T₁WI 抑脂像增强，轻度强化，强化程度低于子宫肌层。
图2A-图2C 典型子宫内膜增生患者MRI图像；子宫内膜增生患者，年龄46岁，图2A为T₁WI矢状位，子宫内膜增厚呈肿块状，向宫颈管突出，信号不均匀，散见小囊状高信号；图2B为T₁WI抑脂像轴位，子宫腔高信号肿块；图2C为T₁WI 抑脂像增强，不均匀强化，其内多发未强化小囊影。

表2 不同临床特征患者增强MRI定量参数比较

临床特征		n	K _{ep} (min)	K ^{trans} (min)	V _e
病理类型	子宫内膜样腺癌	86	0.76±0.18	0.50±0.16	0.71±0.20
	非子宫内膜样腺癌	12	0.84±0.23	0.58±0.21	0.79±0.25
t			1.393	1.559	1.258
P			0.167	0.122	0.211

病理分期	I~II期	75	0.64±0.13	0.38±0.11	0.61±0.20
	III~IV期	23	0.87±0.18	0.61±0.17	0.80±0.24
	t		6.747	7.641	3.799
淋巴结转移	P		0.000	0.000	0.000
	有	25	0.84±0.16	0.58±0.15	0.79±0.21
	无	73	0.69±0.14	0.43±0.12	0.64±0.18
分化程度	t		4.456	5.051	3.444
	P		0.000	0.000	0.001
	高分化	51	0.51±0.12	0.31±0.09	0.49±0.15
宫颈间质累及情况	中分化	25	0.76±0.15	0.47±0.12	0.73±0.19
	低分化	22	0.89±0.18	0.62±0.18	0.81±0.23
	F		62.697	51.768	29.974
子宫肌层浸润深度	P		0.000	0.000	0.000
	累及	27	0.92±0.18	0.61±0.17	0.87±0.22
	未累及	71	0.71±0.14	0.45±0.13	0.66±0.18
无浸润	t		6.115	4.985	4.846
	P		0.000	0.000	0.000
	无浸润	26	0.56±0.14	0.32±0.10	0.53±0.16
浸润<1/2肌层	t	42	0.75±0.16	0.49±0.14	0.72±0.20
	P		0.000	0.000	0.000
	浸润≥1/2肌层	30	0.98±0.21	0.70±0.20	0.88±0.24
F	t		41.903	43.739	20.518
	P		0.000	0.000	0.000
	无浸润	26	0.56±0.14	0.32±0.10	0.53±0.16

表3 增强MRI定量参数与EC临床特征的相关性

指标	病理分期	淋巴结转移	分化程度	宫颈间质累及情况	子宫肌层浸润深度
K _{ep}	r	0.463	0.429	-0.385	0.481
	P	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
K ^{trans}	r	0.425	0.406	-0.369	0.453
	P	<0.001	<0.001	0.005	<0.001
V _e	r	0.401	0.382	-0.332	0.426
	P	<0.001	0.002	0.011	<0.001

表4 不同预后患者增强MRI定量参数比较

预后	n	K _{ep} (min)	K ^{trans} (min)	V _e
不良	33	0.91±0.20	0.67±0.19	0.88±0.23
良好	62	0.68±0.17	0.44±0.13	0.62±0.19
t		5.901	6.962	5.896
P		0.000	0.000	0.000

2.5 EC预后影响因素分析 以EC患者是否发生预后不良为因变量(赋值: 未发生=0, 发生=1), 将(赋值: I~II期=1, III~IV期=2)、淋巴结转移(赋值: 无=0, 有=1)、分化程度(赋值: 低分化=1, 中分化=2, 高分化=3)、宫颈间质累及情况(赋值: 未累及=0, 累及=1)、子宫肌层浸润深度(赋值: 无浸润=1, 浸润<1/2肌层=2, 浸润≥1/2肌层=3)、K_{ep}(赋值: 连续变量, 纳入实测值)、K^{trans}(赋值: 连续变量, 纳入实测值)、V_e(赋值: 连续变量,

纳入实测值)作为自变量, 通过单因素、Logistic多因素分析显示 K_{ep}、K^{trans}、V_e与EC患者预后不良显著相关(P<0.05)。见表5。

2.6 增强MRI定量参数预测预后的价值 绘制K_{ep}、K^{trans}、V_e预测EC患者预后不良的ROC曲线(见图3), 结果显示, 各参数单独预测的AUC分别为0.800、0.789、0.770, 联合预测的AUC为0.903, 大于各参数单独预测的AUC(P<0.05)。见表6-7。

表5 EC预后影响因素分析

自变量	单因素分析			多因素分析		
	OR	95%CI	P	OR	95%CI	P
病理分期	3.339	1.543~7.226	<0.001	-	-	-
淋巴结转移	2.642	1.289~5.417	<0.001	-	-	-
分化程度	0.261	0.158~0.430	<0.001	-	-	-
宫颈间质累及情况	3.826	1.774~8.251	<0.001	-	-	-
子宫肌层浸润深度	4.007	1.830~8.772	<0.001	-	-	-
K _{ep}	3.602	1.659~7.820	<0.001	3.128	1.507~6.493	<0.001
K ^{trans}	3.052	1.426~6.531	<0.001	2.783	1.335~5.802	<0.001
V _e	3.954	1.713~9.126	<0.001	3.476	1.546~7.817	<0.001

注: “-”表示未进行相关分析。

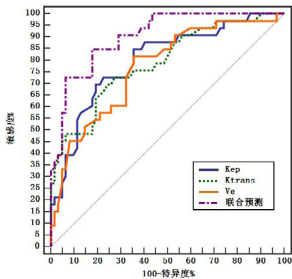


图3 增强MRI定量参数预测预后不良的ROC曲线

表6 增强MRI定量参数预测预后的价值

指标	AUC	95%CI	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	P
K _{ep}	0.800	0.706~0.875	0.83min	69.70	80.65	<0.001
K ^{trans}	0.789	0.693~0.866	0.61min	69.68	75.81	<0.001
V _e	0.770	0.673~0.850	0.79	81.82	64.52	<0.001
联合预测	0.903	0.826~0.955	-	84.85	82.26	<0.001

表7 ROC曲线对比

成对对比	AUC差异	标准误差	95%CI下限	95%CI上限	Z	P
联合-K _{ep}	0.103	0.063	0.019	0.226	1.746	0.042
联合-K ^{trans}	0.115	0.049	0.018	0.212	2.325	0.020
联合-V _e	0.133	0.059	0.018	0.249	2.256	0.024

3 讨论

EC发病机制与肿瘤新生血管生成、遗传有关,肌层浸润程度、分化程度等相关^[11-12]。常规MRI可利用影像学图像上差异评估EC病理特征,但易受肌层信号等因素影响,影响MRI对临床特征的评价^[13]。因而需寻找有效方法为临床医师评估预后提供参考。

增强MRI可鉴别不同信号组织,其定量参数 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 可反映血管通透性、病灶微血管生成、血流灌注等微环境改变,有助于了解肿瘤分化、恶性程度,增强MRI检查时对比剂可快速外漏,分析对比剂浓度可定量检测图像^[14-15]。 K^{trans} 数值升高表明病灶组织血流灌注升高、通透性增加,易出现肿瘤转移,还可表明组织细胞增殖活性程度; K_{ep} 值越高表明血管通透性越高; V_e 可在一定程度上反映肿瘤血管生成,且与新生血管增多、微血管通透程度密切相关^[16-19]。本研究结果显示,研究组 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 高于对照组,这与既往研究结果相似^[20]。其原因可能为EC代谢率高、组织生长快速,病灶内新血管数量较多,增强MRI检查时对比剂进入较早。由此推测病灶内新生血管更为丰富, K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 也更高。 K^{trans} 、 K_{ep} 与组织内血流灌注量、血管壁通透性、微血管表面积有关,肿瘤恶性程度越高,其所需氧及营养物质越多,因而 K^{trans} 、 K_{ep} 越高^[21-22]。 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 随着EC临床分期升高、分化程度降低、肌层浸润深度增高而呈增高趋势^[23-24]。本研究结果显示,随着病理分期升高、淋巴结转移、宫颈间质累及、子宫肌层浸润深度增加、分化程度降低, K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 明显升高,提示 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 可能为临床判断EC患者临床特征提供数据参考。分析原因可能为随着肿瘤血管通透性增加,可为肿瘤生长提供有利条件,进一步促使肿瘤细胞增殖、转移,因而 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 呈上升趋势^[25-26]。本研究发现 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 对区分EC临床特征具有一定价值。分析后认为肿瘤恶性程度越高,肿瘤内部血管数量增多,肿瘤坏死率升高,新生血管的密度相对较小,细胞血管外间隙增大,血管灌注能力、血管通透性增加,对比剂易透过血管壁,因而检测到 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 上升。

增强MRI检查显示EC病灶部位细胞核增大、细胞结构增多、细胞间隙缩小,且子宫肌层血供与病灶组织存在一定差异性,因而可用于诊断EC^[27-28]。但增强MRI检查在EC预后预测应用中尚未见报道,本研究结果显示,预后不良者 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 高于预后良好者,且Logistic多因素分析显示 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 与EC患者预后不良显著相关,提示 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 越高者其预后越差。分析其原因可能为 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 越高者病灶部位新生血管活跃程度越强,肿瘤局部血流灌注、恶性程度也越高,肿瘤细胞分化越差,导致预后较差^[29-30]。同时本研究结果显示,增强MRI定量参数联合预测预后的AUC大于各参数单独预测,提示增强MRI定量参数对EC患者预后不良具有一定预测价值。

综上所述,EC患者增强MRI定量参数 K_{ep} 、 K^{trans} 、 V_e 升高,且与临床特征密切相关,联合检测可有效预测预后,有助于指导临床治疗。

参考文献

- [1] Huvila J, Pors J, Thompson EF, et al. Endometrial carcinoma: molecular subtypes, precursors and the role of pathology in early diagnosis[J]. J Pathol, 2021, 253(4): 355-365.
- [2] Singh N, Piskorz AM, Bosse T, et al. p53 immunohistochemistry is an accurate surrogate for TP53 mutational analysis in endometrial carcinoma biopsies[J]. J Pathol, 2020, 250(3): 336-345.
- [3] Irshaid L, Clark M, Fadare O, et al. Endometrial carcinoma as the presenting malignancy in a teenager with a pathogenic TP53 germline mutation: a case report and literature review[J]. Int J Gynecol Pathol, 2022, 41(3): 258-267.
- [4] Ye Z, Ning G, Li X, et al. Endometrial carcinoma: use of tracer kinetic modeling of dynamic contrast-enhanced MRI for preoperative risk assessment[J]. Cancer Imaging, 2022, 22(1): 14-24.
- [5] Cui T, Shi F, Gu B, et al. Peritumoral enhancement for the evaluation of myometrial invasion in low-risk endometrial carcinoma on dynamic contrast-enhanced MRI[J]. Front Oncol, 2022, 11(1): 793709-793719.
- [6] Ota T, Tsuboyama T, Onishi H, et al. Diagnostic accuracy of MRI for evaluating myometrial invasion in endometrial cancer: a comparison of MUSE-DWI, rFOV-DWI, and DCE-MRI[J]. Radiol Med, 2023, 29(1): 1-10.
- [7] Jou J, Charo L, Hom-Tedla M, et al. Practice patterns and survival in FIGO 2009 stage 3B endometrial cancer[J]. Gynecol Oncol, 2021, 163(2): 299-304.

- [8] 林仲秋. FIGO/IGCS妇科恶性肿瘤分期及临床实践指南(四): 子宫内腺癌[J]. 国际妇产科学杂志, 2008, 35(4): 303-304.
- [9] 中国抗癌协会妇科肿瘤专业委员会. 子宫内腺癌诊断与治疗指南(第四版)[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2018, 34(8): 880-886.
- [10] 赵丽娟, 尹立杰. 子宫内腺癌术后辅助调强放疗与传统前后野外照射放疗的效果对比研究[J]. 中国现代药物应用, 2021, 15(1): 15-17.
- [11] Ren X, Liang J, Zhang Y, et al. Single-cell transcriptomic analysis highlights origin and pathological process of human endometrioid endometrial carcinoma[J]. Nat Commun, 2022, 13(1): 6300-6310.
- [12] Arciuolo D, Travaglino A, Raffone A, et al. TCGA molecular prognostic groups of endometrial carcinoma: current knowledge and future perspectives[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(19): 11684-11694.
- [13] Liang X, Zeng H, Chen S, et al. Ovarian metastasis risk factors in endometrial carcinoma: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2021, 267(1): 245-255.
- [14] Xu D, Jin A, Ge Y, et al. Injection rate of contrast medium affects diagnostic ability of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for endometrial carcinoma: a prospective cohort study[J]. Gland Surg, 2021, 10(8): 2462-2470.
- [15] Zhang G, Yan R, Liu W, et al. Use of biexponential and stretched exponential models of intravoxel incoherent motion and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging to assess the proliferation of endometrial carcinoma[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(4): 2568-2581.
- [16] Deng HP, Li XM, Yang L, et al. DCE-MRI of esophageal carcinoma using star-VIBE compared with conventional 3D-VIBE[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 24091-24101.
- [17] Tan J, Sun X, Wang S, et al. Evaluation of angiogenesis and pathological classification of extrahepatic cholangiocarcinoma by dynamic MR imaging for e-healthcare[J]. J Healthc Eng, 2021, 21(1): 8666498-8666508.
- [18] Yu JY, Zhang D, Huang XL, et al. Quantitative analysis of DCE-MRI and RESOLVE-DWI for differentiating nasopharyngeal carcinoma from nasopharyngeal lymphoid hyperplasia[J]. J Med Syst, 2020, 44(4): 75-85.
- [19] Satta S, Dolcianni M, Celli V, et al. Quantitative diffusion and perfusion MRI in the evaluation of endometrial cancer: validation with histopathological parameters[J]. Br J Radiol, 2021, 94(1125): 54-64.
- [20] 韩茜茜, 卜岛. DCE-MRI定量参数对子宫内腺癌的诊断价值及与临床病理因素的相关性[J]. 影像科学与光化学, 2021, 39(1): 50-55.
- [21] Wang H, Zhu L, Li G, et al. Perfusion parameters of intravoxel incoherent motion based on tumor edge region of interest in cervical cancer: evaluation of differentiation and correlation with dynamic contrast-enhanced MRI[J]. Acta Radiol, 2020, 61(8): 1087-1095.
- [22] Song Q, Guo Y, Yao X, et al. Comparative study of evaluating the microcirculatory function status of primary small HCC between the CE (DCE-MRI) and Non-CE (IVIM-DWI) MR perfusion imaging[J]. Abdom Radiol (NY), 2021, 46(6): 2575-2583.
- [23] Xie T, Ye Z, Pang P, et al. Quantitative multiparametric MRI may augment the response to radiotherapy in mid-treatment assessment of patients with esophageal carcinoma[J]. Oncol Res Treat, 2019, 42(6): 326-333.
- [24] He Z, Huang Q, Liao Y, et al. Artificial intelligence algorithm in classification and recognition of primary hepatic carcinoma images under magnetic resonance imaging[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2022, 22(7): 600-610.
- [25] Bülbül HM, Bülbül O, Sarıoğlu S, et al. Relationships between DCE-MRI, DWI, and 18F-FDG PET/CT parameters with tumor grade and stage in patients with head and neck squamous cell carcinoma[J]. Mol Imaging Radionucl Ther, 2021, 30(3): 177-186.
- [26] Vidiri A, Gangemi E, Ruberto E, et al. Correlation between histogram-based DCE-MRI parameters and 18F-FDG PET values in oropharyngeal squamous cell carcinoma: Evaluation in primary tumors and metastatic nodes[J]. PLoS One, 2020, 15(3): e0229611-e0229621.
- [27] Bi Q, Chen Y, Chen J, et al. Predictive value of T2-weighted imaging and dynamic contrast-enhanced MRI for assessing cervical invasion in patients with endometrial cancer: a meta-analysis[J]. Clin Imaging, 2021, 78(1): 206-213.
- [28] Lin M, Zhang Q, Song Y, et al. Differentiation of endometrial adenocarcinoma from adenocarcinoma of cervix using kinetic parameters derived from DCE-MRI[J]. Eur J Radiol, 2020, 130(1): 109190-109200.
- [29] Wang Y, Song L, Guo J, et al. Value of quantitative multiparametric MRI in differentiating pleomorphic adenomas from malignant epithelial tumors in lacrimal gland[J]. Neuroradiology, 2020, 62(9): 1141-1147.
- [30] Chen Y, Dang H, Wu X, et al. Correlation between 18F-FDG PET/MR parameters with the expression level of epidermal growth factor receptor and the diagnostic value of PET/MR in head and neck squamous cell carcinoma[J]. Heliyon, 2023, 9(4): e14822-e14832.

(收稿日期: 2023-07-22)

(校对编辑: 韩敏求)