

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2024.10.009

❖ 临床研究 ❖

CT 影像组学在肾透明细胞癌 Fuhrman 分级中的应用价值

马小锋¹, 刘钰苇¹, 徐礼侠¹, 李永波²

(1. 铜川市人民医院影像科, 陕西 铜川 727100; 2. 陕西省结核病防治院·陕西省第五人民医院影像科, 陕西 西安 710100)

【摘要】目的: 探讨 CT 影像组学在肾透明细胞癌 Fuhrman 分级中的应用价值。**方法:** 选取 126 例肾透明细胞癌(ccRCC)患者作为研究对象, 依据 Fuhrman 分级标准将 Fuhrman I、II 级 ccRCC 患者纳入低级别组; Fuhrman III、IV 级 ccRCC 患者纳入高级别组。按患者就诊时间不同将患者分为训练集($n=84$)和验证集($n=42$)。基于患者一般资料和 CT 图像特征构建 CT 特征模型, 基于提取的最优 CT 影像组学特征构建影像组学模型, 并将 CT 图像特征和影像组学得分融合构建融合模型, 比较验证集和训练集中各模型的诊断效能。**结果:** 经过 Logistic 回归分析和 LASSO 特征选择, 最终获得 3 个 CT 图像特征和 10 个最优影像组学特征, 成功构建 CT 特征模型及 CT 影像组学模型。ROC 结果显示, 训练集 CT 特征模型、CT 影像组学模型、融合模型曲线下面积(AUC)分别为 0.688、0.823、0.810, 验证集 CT 特征模型、CT 影像组学模型、融合模型 AUC 分别为 0.689、0.853、0.846。**结论:** CT 影像组学对肾透明细胞癌 Fuhrman 分级具有较好的诊断效能, 临床应用价值高。

【关键词】 肾透明细胞癌; CT 影像组学; Fuhrman 分级; 应用价值

【中图分类号】 R730.4 **【文献标志码】** A

Application value of CT-based radiomics in Fuhrman grading of clear cell renal cell carcinoma

MA Xiao-feng¹, LIU Yu-wei¹, XU Li-xia¹, LI Yong-bo²

(Department of Imaging, 1. People's Hospital of Tongchuan, Tongchuan 727100; 2. The Fifth People's Hospital of Shaanxi, Shaanxi Provincial Tuberculosis Prevention and Control Hospital, Xi'an 710100, Shaanxi, China)

【Abstract】Objective: To investigate the application value of CT-based radiomics in Fuhrman grading of clear cell renal cell carcinoma (ccRCC). **Methods:** 126 patients with ccRCC were selected as the research subjects, according to Fuhrman grading criteria, patients with Fuhrman grade I and II ccRCC were included in the low-grade group, and those with Fuhrman grade III and IV ccRCC were included in the high-grade group. Patients were divided into a training set ($n=84$) and a validation set ($n=42$) based on their visit time. A CT feature model was constructed based on the patients' general information and CT image features, and a radiomics model was constructed based on the extracted optimal CT radiomics features. The CT image features and radiomics scores were combined to build a fusion model. The diagnostic performance of each model in the validation set and the training set was compared. **Results:** Logistic regression analysis and LASSO feature selection, 3 CT image features and 10 optimal radiomics features were obtained, and the CT feature model and CT radiomics model were successfully constructed. ROC curve analysis results showed that the AUCs of the CT feature model, the CT radiomics model, and the fusion model in the training set were 0.688, 0.823 and 0.810, respectively. The AUCs of the three models in the validation set were 0.689, 0.853 and 0.846, respectively. **Conclusion:** CT-based radiomics has good diagnostic performance in Fuhrman grading of ccRCC and high clinical application value.

【Key words】 Clear cell renal cell carcinoma; CT-based radiomics; Fuhrman grading; Application value

肾细胞癌(renal cell carcinoma, RCC)是由于肾小管上皮细胞发生癌变而产生的肾脏恶性肿瘤^[1], RCC 包括多种病理类型, 其中肾透明细胞癌(clear cell renal cell carcinoma, ccRCC)是 RCC 最常见的亚型, 占 70% ~ 80%^[2]。临床公认手术切除是治疗

ccRCC 的有效方法, 但不同临床分级的 ccRCC 治疗方式不同^[3-4]。ccRCC 临床应用最广的分级标准是 Fuhrman 分级, 据报道^[5-6], Fuhrman 分级为高级别(III、IV 级)的 ccRCC 具有高侵袭性, 较分级为低级别(I、II 级)的 ccRCC 更易发生转移, 预后较差。

基金项目: 陕西省科技项目(2022D053)

作者简介: 马小锋(1982-), 男, 硕士, 主治医师。E-mail: bjonroad533@163.com

通讯作者: 李永波。E-mail: liyongbo1232024@163.com

低级别 ccRCC 患者由于肿瘤恶性程度较低,通常可以通过肾脏局部切除术和介入治疗来最大程度保留肾单位,维护肾功能和生活质量,而高级别 ccRCC 患者由于肿瘤恶性程度较高,需进行根治性肾切除术以有效控制病情,挽救生命^[7]。对已经发生转移的 ccRCC 而言,手术治疗效果有限,且机体对放化疗、激素疗法等具有抗性,导致晚期 ccRCC 患者死亡率极高。既往报道^[8]显示术前穿刺病理检查判断 ccRCC Fuhrman 分级和侵袭性存在误差,导致手术方案选的择和预后评估有误。CT 是术前 ccRCC 最常用的检查方式,对病灶形态学具有良好判断效果,成像清晰,但在 ccRCC 分级上也存在一定局限性^[9]。近年来影像组学在膀胱癌^[10]、ccRCC^[11] 分级具有重要作用,但报道多集中于 MRI 影像组学,关于 CT 影像组学在 ccRCC 中的应用报道相对少见。基于此,本研究主要探讨 CT 影像组学在肾透明细胞癌 Fuhrman 分级中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2024 年 2 月铜川市人民医院收治的 ccRCC 患者作为研究对象,纳入标准:(1)经手术病理结果证实为 ccRCC,且 Fuhrman 分级明确;(2)术前进行过增强 CT 扫描,图像质量清晰且完整;(3)临床资料完整,没有缺失。排除标准:(1)增强 CT 扫描前接受过放疗、化疗或激素治疗等肿瘤相关治疗的患者;(2)合并其他可能导致信息混淆或影响图像分析的肾脏疾病的患者;(3)儿童及孕妇;(4)难以控制的精神疾病患者;(5)合并碘过敏或严重甲状腺疾患。根据纳排标准共纳入 126 例 ccRCC 患者,其中男性 85 例,女性 41 例,年龄 (57.13 ± 7.41) 岁。按患者就诊时间分组,将 2021 年 1 月至 2022 年 7 月期间就诊的 ccRCC 患者纳入训练集,共 84 例,将 2022 年 8 月至 2024 年 2 月期间就诊的 ccRCC 患者纳入验证集,共 42 例。

1.2 检查方法

采用德国西门子公司生产的 Emotion 6 CT 扫描仪对患者行常规腹部平扫(管电压 120 kV,管电流 220 mAs,扫描层厚 5 mm,重建层隔 5 mm,矩阵 512×512) + 增强 CT 扫描检查。扫描范围从膈顶至耻骨联合,指导患者在扫描过程中保持静止,屏住呼吸,增强扫描:以 3.0 ~ 3.5 mL/s 注射速率经肘静脉注射 350 mgI/mL 碘佛醇 80 ~ 90 mL,延迟 30 s 行皮质期扫描,延迟 90 s 行实质期扫描,延迟 300 s 行排泄期扫描。扫描结束后经 CT 薄层重建获得薄层图像,层厚 1.25 mm,图像上传至所工作站。

1.3 图像分析

图像经两名高年资放射科医师分析,分析前并未告知医师相关病理情况,需医师意见一致,不一致则经协商后讨论一致。首先对图像进行预处理,去除噪声干扰,增加清晰度,测量病灶大小(取最大截面最大径,测量 3 次)、形状(规则或不规则),观察有无出血、有无囊变、有无坏死、有无钙化及病灶周围的包膜是否完整。避开出血、囊变、坏死、钙化区域逐层勾画感兴趣区(ROI),对图像进行重采样、标准化处理,提取形状和大小特征、纹理特征、强度特征、图像滤波特征等影像组学特征。

1.4 模型构建

CT 特征模型构建:将训练集、验证集低级别组和高级别组间有差异的 CT 图像特征(肿瘤长径、形状、浸润生长、包膜、坏死、肾周脂肪侵犯、肿瘤内血管)进行 Logistic 多元回归分析,以 Fuhrman 分级为因变量(低级别 = 0,高级别 = 1),以肿瘤长径、形状(规则 = 0,不规则 = 1)、浸润生长(否 = 0,是 = 1)、包膜(完整 = 0,不完整 = 1)、坏死(否 = 0,是 = 1)、肾周脂肪侵犯(否 = 0,是 = 1)、肿瘤内血管(否 = 0,是 = 1)为协变量,最终得到 3 个 CT 特征(肿瘤长径、形状不规则、包膜不完整),得到 CT 特征模型。

CT 影像组学模型构建:126 例 ccRCC 患者共提取图像特征 1 294 项,根据最优参数 λ ,筛选出 10 个最佳影像组学特征,计算影像组学得分,影像组学得分 = $+0.021 \times$ 大面积高灰度值区域强调程度特征 + $0.053 \times$ 小波变换 HLH 方向灰度共生矩阵归一化逆差矩特征 + $0.241 \times$ 原始图像灰度依赖矩阵依赖方差特征 + $0.164 \times$ 小波变换 LLH 方向灰度游程长度矩阵游程方差特征 + $0.095 \times$ 小波变换 LLH 方向邻域灰度差矩阵复杂度特征 + $0.099 \times$ 小波变换 LLL 方向灰度依赖矩阵大依赖关系强调程度特征 + $0.156 \times$ 小波变换 HHH 方向灰度等级区尺寸矩阵灰度不均匀性特征 - $0.004 \times$ 原始图像灰度共生矩阵归一化逆差矩特征 - $0.039 \times$ 原始图像形状特征球形度特征 - $0.007 \times$ 平方变换图像灰度共生矩阵信息相关度量特征,将影像组学得分进行 Logistic 多元回归分析,得到 CT 影像组学模型。

融合模型构建:将 CT 特征与影像组学得分进行 Logistic 多元回归分析得到融合模型。

1.5 病理分级

根据阅片结果,依据 Fuhrman 分级标准^[12]将分级为 Fuhrman I、II 级的 ccRCC 患者纳入低级别组,将分级为 Fuhrman III、IV 级的 ccRCC 患者纳入高级别组。训练集 84 例,其中 Fuhrman 高级别 ccRCC 患者 24 例, Fuhrman 低级别 ccRCC 患者 60

例;验证集 42 例,其中 Fuhrman 高级别 ccRCC 患者 15 例,Fuhrman 低级别 ccRCC 患者 27 例。

1.6 统计学分析

使用 R 3.3.3 软件和 SPSS 23.0 软件对数据进行处理与分析。计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用独立样本 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法检验;计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验。以组内相关系数 (intraclass correlation efficient, ICC) 评价组间一致性,ICC > 0.75 为组间一致性良好。根据最小绝对收缩与选择算子 (least absolute shrinkage and selection operator, LASSO) 算法,经 10 倍交叉验证得到与 Fuhrman 分级相关的最佳影像组学特征。以 Fuhrman 分级为金标准,绘制受试者工作特征 (ROC) 曲线,以计算曲线下面积 (AUC) 衡量 CT 影像组学应用价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 训练集 Fuhrman 高、低分级 ccRCC 患者一般资料及 CT 特征比较

训练集中,两组肿瘤长径、肿瘤形状、浸润生长、包膜、坏死、肾周脂肪侵犯差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

2.2 验证集 Fuhrman 高、低分级 ccRCC 患者一般资料及 CT 特征比较

验证集中两组肿瘤长径、肿瘤形状、包膜、肾周脂肪侵犯、肿瘤内血管差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 1 训练集 Fuhrman 高、低分级 ccRCC 患者一般资料及 CT 特征比较 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

资料	高级别组 (n=24)	低级别组 (n=60)	χ^2/t 值	P 值
性别			0.047	0.829
男	15(62.50)	39(65.00)		
女	9(37.50)	21(35.00)		
年龄(岁)	56.61 ± 6.35	57.32 ± 6.72	0.444	0.658
腹痛	8(33.33)	17(28.33)	0.205	0.651
腹部肿块	2(8.33)	1(1.67)	-	0.195
肉眼血尿	3(12.50)	2(3.33)	-	0.109
肿瘤位置			0.173	0.677
左肾	10(41.67)	28(46.67)		
右肾	14(58.33)	32(53.33)		
肿瘤长径(cm)	5.74 ± 1.28	4.86 ± 1.14	3.085	0.003
肿瘤形状			7.259	0.007
规则	7(29.17)	37(61.67)		
不规则	17(70.83)	23(38.33)		
浸润生长	11(45.83)	13(21.67)	4.906	0.027
包膜			10.221	0.001
完整	4(16.67)	33(55.00)		
不完整	20(83.33)	27(45.00)		
坏死	15(62.50)	22(36.67)	4.642	0.031
囊变	11(45.83)	32(53.33)	0.386	0.534
钙化	6(25.00)	9(15.00)	0.492	0.483

续表 1

资料	高级别组 (n=24)	低级别组 (n=60)	χ^2/t 值	P 值
肾周脂肪侵犯	14(58.33)	19(31.67)	5.111	0.024
区域淋巴结肿大	8(33.33)	15(25.00)	0.438	0.508
肿瘤内血管	14(58.33)	22(36.67)	3.286	0.070
快进快出	19(79.17)	53(88.33)	1.176	0.278
强化均匀	4(16.67)	5(8.33)	1.244	0.265

“-”采用 Fisher 精确概率法。

表 2 验证集 Fuhrman 高、低分级 ccRCC 患者一般资料及 CT 特征比较 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

资料	高级别组 (n=15)	低级别组 (n=27)	χ^2/t 值	P 值
性别			0.616	0.433
男	10(66.67)	21(77.78)		
女	5(33.33)	6(22.22)		
年龄(岁)	57.63 ± 7.08	56.89 ± 6.94	0.439	0.662
腹痛	1(6.67)	1(3.70)	-	1.000
腹部肿块	1(6.67)	0(0.00)	-	0.357
肉眼血尿	1(6.67)	1(3.70)	-	1.000
肿瘤位置			0.019	0.890
左肾	7(46.67)	12(44.44)		
右肾	8(53.33)	15(55.56)		
肿瘤长径(cm)	5.82 ± 1.31	4.75 ± 1.09	2.836	0.007
肿瘤形状			6.185	0.013
规则	5(33.33)	16(59.26)		
不规则	10(66.67)	11(40.74)		
浸润生长	5(33.33)	6(22.22)	0.616	0.433
包膜			7.135	0.008
完整	2(13.33)	15(55.56)		
不完整	13(86.67)	12(44.44)		
坏死	7(46.67)	11(40.74)	0.073	0.786
囊变	5(33.33)	15(55.56)	1.909	0.167
钙化	3(20.00)	5(18.52)	-	1.000
肾周脂肪侵犯	12(80.00)	13(48.15)	4.061	0.044
区域淋巴结肿大	4(26.67)	6(22.22)	-	1.000
肿瘤内血管	9(60.00)	7(25.93)	4.747	0.029
快进快出	11(73.33)	21(77.78)	0.105	0.746
强化均匀	14(93.33)	23(85.19)	0.610	0.435

“-”采用 Fisher 精确概率法。

2.3 ccRCC 患者 CT 特征模型、CT 影像组学模型、融合模型对 Fuhrman 分级的诊断效能

ROC 结果显示,训练集及验证集中,CT 影像组学模型和融合模型相较于 CT 特征模型均具有更好的预测效能 ($P < 0.05$),影像组学标签与融合模型差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 3、图 1 及图 2。

表 3 ccRCC 患者 CT 特征模型、CT 影像组学模型、融合模型诊断效能

组别	模型	AUC 值	95% CI	敏感度 (%)	特异度 (%)
训练集	CT 特征模型	0.688	0.577 - 0.785	75.00	67.27
	CT 影像组学模型	0.823	0.723 - 0.898	75.00	87.27
	融合模型	0.810	0.709 - 0.888	85.71	67.27
验证集	CT 特征模型	0.689	0.568 - 0.778	71.43	68.69
	CT 影像组学模型	0.853	0.735 - 0.906	78.57	85.45
	融合模型	0.846	0.704 - 0.884	89.09	67.86

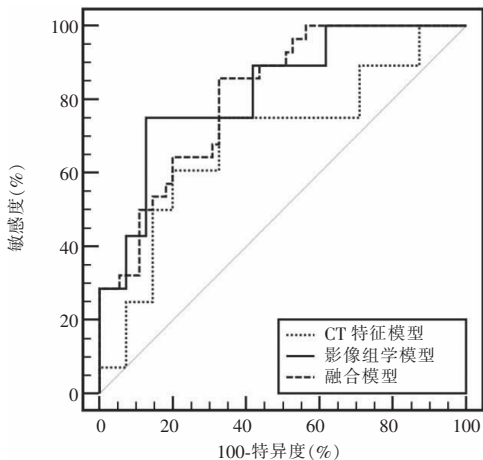


图 1 训练集 CT 特征模型、CT 影像组学模型、融合模型 ROC 曲线

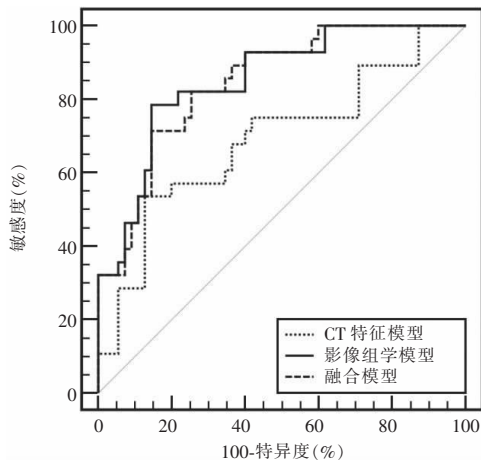


图 2 验证集 CT 特征模型、CT 影像组学模型、融合模型 ROC 曲线

2.4 典型病例图像

患者女性, 25 岁, 入院后确诊为 ccRCC, 术前经

平扫和增强扫描获得 CT 图像。见图 3。

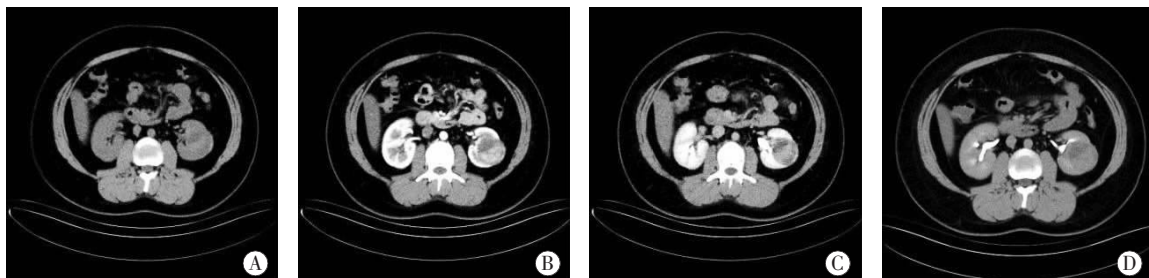


图 3 典型病例图像

A. 平扫示左肾类圆形低密度肿块影, 呈分叶状; B. 增强扫描示动脉期不均匀明显强化; C. 静脉期强化程度减低; D. 延迟期呈低密度, 特点为快进快出。

3 讨论

据国内外报道^[13-14], Fuhrman 分级与 ccRCC 预后具有相关性, 若未能在术前明确 ccRCC 病理分级, 则会导致 ccRCC 患者预后结局差异较大^[15]。一般而言, 高级别 ccRCC 患者肿瘤恶性程度更高, 预后更差, ccRCC 患者 Fuhrman 高低分级的不明确会导致患者后续治疗不彻底或肾脏切除过多, 以致患者不良预后增加或出现严重并发症。

张涛等^[16]报道肿瘤长径、形状、包膜不完整、皮质期强化值、廓清率是 Fuhrman 分级的相关影响因素, 但并未进一步构建诊断模型, 且样本量较少, 研究结果存在偶然性。本研究发现该模型训练集及验证集 AUC 分别为 0.688、0.689, 敏感度分别为 75.00%、71.74%, 特异度分别为 67.27%、68.69%, 均不具有较高的诊断效能。推测可能是由于肿瘤长径、形状、包膜等因素主要根据医师经验判断, 评价结果存在主观性及不确定性, 因此 CT 特征模型对 ccRCC 患者 Fuhrman 分级的诊断效能欠佳。

影像组学通过深入挖掘 CT 图像中纹理、形状、强度和波形等多个维度的信息, 对肿瘤生物学特征进行量化, 通过 LASSO 回归算法得到具有明确差异的最佳影像组学特征, 继而进行病理诊断与分级^[17]。本研究基于 CT 影像组学特征构建了 Fuhrman 分级的 CT 影像组学模型, 10 个最佳影像组学特征中多为图像滤波特征, Feng 等^[18]对 ccRCC 患者图像分别进行滤波处理和未进行滤波处理, 发现进行滤波处理的影像组学特征更能准确进行 Fuhrman 分级。滤波处理可以突出原始图像更细微的特征, 从而提高诊断准确性。本研究结果显示, CT 影像组学模型训练集及验证集 AUC 分别为 0.823、0.853, 敏感度分别为 75.00%、78.57%, 特异度分别为 87.27%、85.45%, 均具有较高的诊断效能。研究进一步将 CT 图像特征和影像组学得分进行 Logistic 多元回归分析构建了 Fuhrman 分级的融合模型, 模型训练集及验证集 AUC 分别为 0.810、0.846, 敏感度分别为 85.71%、67.27%, 特异度分别为 89.09%、67.86%。颜蕾等^[19]将 ccRCC 患者

CT 特征与影像组学标签联合构建了综合模型, *AUC* 为 0.823, 高于 CT 特征模型, 与本研究结果相似, 但并未构建单独的 CT 影像组学模型。本研究训练集及验证集中, CT 影像组学模型和融合模型诊断效能均高于 CT 特征模型, 且 CT 影像组学模型诊断效能最高, 提示了基于 CT 影像组学诊断 ccRCC 患者 Fuhrman 分级应用价值良好。CT 影像组学模型的构建均基于精确的图像分割法和计算机算法, 模型鲁棒性更高, 因此诊断效能更好^[20-21]。

综上, CT 影像组学在 ccRCC 患者 Fuhrman 分级中具有良好应用价值, 可以帮助 ccRCC 患者进行临床有效分级, 利于后续治疗方案的确定。

参考文献

- [1] 樊佳, 郑良建, 袁梦珍, 等. 铜死亡相关基因 SLC31A1 在肾细胞癌中的功能及预后价值[J]. 川北医学院学报, 2023, 38(10): 1306-1312.
- [2] Dagher J, Delahunt B, Rioux-Leclercq N, et al. Assessment of tumour-associated necrosis provides prognostic information additional to World Health Organization/International Society of Urological Pathology grading for clear cell renal cell carcinoma[J]. Histopathology, 2019, 74(2): 284-290.
- [3] 徐明彬, 赵雨桐, 黎承杨, 等. 术前外周血淋巴细胞与单核细胞比值和白蛋白在肾透明细胞癌预后评估中的价值[J]. 中国癌症杂志, 2019, 29(11): 887-898.
- [4] 邵志强, 刘宗毅, 杨渝, 等. 腹腔镜保留肾单位手术治疗肾门部肿瘤 21 例[J]. 感染、炎症、修复, 2020, 21(2): 109-110.
- [5] Zhang L, Zhao H, Jiang H, et al. 18F-FDG texture analysis predicts the pathological Fuhrman nuclear grade of clear cell renal cell carcinoma[J]. Abdominal Radiology, 2021, 46(12): 5618-5628.
- [6] Pal SK, McGregor B, Suárez C, et al. Cabozantinib in combination with atezolizumab for advanced renal cell carcinoma; results from the COSMIC-021 study[J]. Journal of Clinical Oncology: Official Journal of the American Society of Clinical Oncology, 2021, 39(33): 3725-3736.
- [7] 蔡孟会, 刘峰, 葛天宇, 等. 肾部分切除术对 I 期局限性肾透明细胞癌患者预后的影响研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(20): 2555-2562.
- [8] Kim JH. Re: Lorenzo Marconi, Saeed Dabestani, Thomas B. Lam, et al. systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy of percutaneous renal tumour biopsy. eur urol 2016; 69: 660-73 [J]. European Urology, 2016, 70(5): e139-e140.
- [9] 王禹, 董潇, 孔垂泽, 等. 不同病理类型肾肿瘤的影像学特点和病理学特点分析[J]. 中华泌尿外科杂志, 2019, 40(5): 374-379.
- [10] Zheng Z, Xu F, Gu Z, et al. Integrating multiparametric MRI radiomics features and the Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS) for bladder cancer grading[J]. Abdominal Radiology, 2021, 46(9): 4311-4323.
- [11] Sun J, Pan L, Zha T, et al. The role of MRI texture analysis based on susceptibility-weighted imaging in predicting Fuhrman grade of clear cell renal cell carcinoma [J]. Acta Radiologica, 2021, 62(8): 1104-1111.
- [12] Moch H, Cubilla AL, Humphrey PA, et al. The 2016 WHO classification of tumours of the urinary system and male genital organs-part A: renal, penile, and testicular tumours [J]. European Urology, 2016, 70(1): 93-105.
- [13] 张砚满, 田浩, 张青, 等. 肾透明细胞癌 MSCT 征象与 Fuhrman 分级相关性研究 [J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(6): 1068-1070.
- [14] Galtung KF, Lauritzen PM, Baco E, et al. Predictive performance of prospectively applied ISUP and fuhrman grade in nonmetastatic renal cell carcinoma [J]. Anticancer Research, 2022, 42(6): 2967-2975.
- [15] Oner I, Sackan F, Ozdemir D. Evaluation of the preoperative haematological parameters predicting the high T-stage and fuhrman grade in renal cell carcinoma [J]. Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan, 2022, 32(4): 461-466.
- [16] 张涛, 汪建文, 陈立芳. 肾透明细胞癌多排螺旋 CT 影像表现与 Fuhrman 分级的相关性分析 [J]. 安徽医药, 2020, 24(6): 1192-1194.
- [17] Li X, Ma Q, Tao C, et al. A CT-based radiomics nomogram for differentiation of small masses (4cm) of renal oncocytoma from clear cell renal cell carcinoma [J]. Abdominal Radiology, 2021, 46(11): 5240-5249.
- [18] Feng Z, Shen Q, Li Y, et al. CT texture analysis: a potential tool for predicting the Fuhrman grade of clear-cell renal carcinoma [J]. Cancer Imaging: the Official Publication of the International Cancer Imaging Society, 2019, 19(1): 6.
- [19] 颜蕾, 杨光杰, 苗文杰, 等. CT 影像组学术前预测肾透明细胞癌 Fuhrman 分级的价值 [J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(11): 2267-2271.
- [20] 霍文礼, 孙洪赞. 放射组学图像分割法研究进展 [J]. 中南医学科学杂志, 2019, 47(4): 439-441.
- [21] Luo S, Wei R, Lu S, et al. Fuhrman nuclear grade prediction of clear cell renal cell carcinoma; influence of volume of interest delineation strategies on machine learning-based dynamic enhanced CT radiomics analysis [J]. European Radiology, 2022, 32(4): 2340-2350.

(收稿日期: 2024-03-17

修回日期: 2024-05-20)