

肾透明细胞癌的 CT 纹理分析及强化特征与其病理分级的相关性研究

陈刚¹ 杨帆²

[摘要] 目的:探讨 CT 纹理分析及强化特征与肾透明细胞癌(clear cell renal cell carcinoma, ccRCC)患者 Fuhrman 病理分级的相关性。方法:选择武警湖北省总队医院 2012 年 5 月—2020 年 5 月经手术病理证实为 ccRCC 患者 156 例,根据 Fuhrman 病理分级,分为低级别组($G_1 \sim G_2$)119 例和高级别组($G_3 \sim G_4$)37 例,比较不同病理级别 ccRCC 患者纹理分析参数(平均灰度值、标准差)与强化特征参数[肿瘤 CT 值(tumor CT attenuation value, TAV)、绝对强化值(absolute enhancement value, AEV)、相对强化率[肿瘤相对皮质强化率(tumor to cortex ratio, TCR)、肿瘤相对动脉强化率(tumor to artery ratio, TAR)]的差异,应用受试者工作特征(ROC)特征性曲线分析各指标对高级别 ccRCC 患者的诊断价值,采用 Spearman 相关性分析各指标与 ccRCC 患者病理分级的相关性,采用 logistic 回归分析筛查高级别 ccRCC 患者的影响因素。结果:与低级别组比较,高级别组患者平均灰度值、标准差明显升高, TAV、AEV、TCR、TAR 值明显下降,差异均有统计学意义($P < 0.05$); Spearman 相关性分析,平均灰度值、标准差与 Fuhrman 病理分级高低呈正相关($r_s = 0.211, P = 0.001; r_s = 0.205, P = 0.005$); TAV、AEV、TCR 和 TAR 与 Fuhrman 病理分级高低呈负相关($r_s = -0.245, P = 0.015; r_s = -0.206, P = 0.008; r_s = -0.315, P = 0.001; r_s = -0.218, P = 0.018$); ROC 曲线示,平均灰度值、标准差与 TAV、AEV、TCR 和 TAR 对高级别 Fuhrman 病理分级的 ccRCC 患者具有诊断价值($P < 0.05$),其中 TCR 的诊断效能最大,其曲线下面积(AUC)为 0.745;多因素 logistic 回归分析示肿瘤不规整、肿瘤 > 7 cm、平均灰度值 > 8.01 、TCR ≤ 0.54 是 ccRCC 患者高 Fuhrman 病理分级的独立预测因子($P < 0.05$)。结论:肿瘤 CT 纹理参数和强化特征参数升高与高级别 ccRCC 患者相关,有助于术前预测肿瘤侵袭性,对临床决策具有重要参考价值。

[关键词] 肾透明细胞癌;纹理分析;强化特征;病理分级

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2021.07.007

[中图分类号] R737.11 **[文献标志码]** A

Correlation between CT texture analysis, enhancement features and pathological grade of renal clear cell carcinoma

CHEN Gang¹ YANG Fan²

(¹Department of Medical Imaging, Hubei Provincial General Hospital of Armed Police, Wuhan, 430061, China; ²Wuhan Yimai Sunshine Medical Imaging Diagnostic Center)

Corresponding author: YANG Fan, E-mail: shijian381987@163.com

Abstract Objective: To explore the correlation between CT texture analysis, enhanced features and the pathological grading of Fuhrman in patients with clear cell renal cell carcinoma (ccRCC). **Methods:** A total of 156 patients with ccRCC were selected from our hospital from May 2012 to May 2020. According to the pathological grades of Fuhrman, they were divided into 119 patients in the low-grade group ($G_1 - G_2$) and 37 patients in the high-grade group ($G_3 - G_4$). The difference of texture analysis parameters (mean gray value, standard deviation) and enhancement characteristic parameters [tumor CT attenuation value (TAV), absolute enhancement value (AEV), relative enhancement rate [tumor to cortex ratio (TCR), tumor to artery ratio (TAR)] in patients with different pathological grades of ccRCC were compared. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the diagnostic value of each indicator to the higher pathological grades of ccRCC patients, and Spearman correlation was used to analyze the correlation between each indicator and the pathological grades of ccRCC patients. Logistic regression analysis was used to screen the influencing factors of the higher pathological grades of ccRCC patients. **Results:** Compared with the low-grade group, the average gray value and standard deviation of the high-grade group were significantly increased, while TAV, AEV, TCR and TAR values were significantly decreased, and the difference was statistically significant (All $P < 0.05$). Spearman correlation analysis showed that mean gray value and standard deviation were positively correlated with the level of Fuhrman pathological grading ($r_s = 0.211, P = 0.001; r_s = 0.205, P = 0.005$), while TAV, AEV, TCR and TAR were negatively correlated with the pathological grading of Fuhrman ($r_s = -0.245, P = 0.015; r_s = -0.206, P = 0.008; r_s = -$

¹武警湖北省总队医院医学影像科(武汉,430061)

²武汉一脉阳光医学影像诊断中心

通信作者:杨帆, E-mail: shijian381987@163.com

0.315, $P=0.001$; $r_s = -0.218$, $P=0.018$). ROC curve showed that mean gray value, standard deviation, TAV, AEV, TCR and TAR had diagnostic value for ccRCC patients with high-level Fuhrman pathological grade (All $P<0.05$), and TCR had the highest diagnostic efficacy, with an area under curve (AUC) of 0.745. Multivariate Logistic regression analysis showed that irregular tumor, tumor >7 cm, mean gray value >8.01 , TCR ≤ 0.54 were independent predictors of high Fuhrman pathological grading in ccRCC patients (All $P<0.05$). **Conclusion:** Increased CT texture parameters and enhancement parameters are correlated with Fuhrman's higher pathological grades of ccRCC patients, which is helpful for preoperative prediction of tumor invasiveness and has important reference value for clinical decision-making.

Key words clear cell renal cell carcinoma; texture analysis; enhancement features; pathology classification

肾细胞癌是发生于泌尿小管上皮系统最常见的恶性肿瘤,占肾脏原发性肿瘤的80%~90%,其中肾透明细胞癌(clear cell renal cell carcinoma, ccRCC)是最常见的亚型,发病率呈上升趋势,侵袭性高,预后较差^[1-2]。Fuhrman病理分级是评价肾癌侵袭性的有效分级方法,而ccRCC患者的侵袭性特点对手术方式的选择和预后是十分重要的^[3-5]。既往研究表明,术前影像学检查有助于肾肿瘤术前诊断及解剖学评价,与肾癌手术方式的选择及预后相关^[1,5-6]。多排螺旋CT(multidetector computed tomography, MDCT)是一项使用广泛、耗时短、费用低且操作简单的无创性影像学成像方法,能够较为清晰地显示肿瘤内部微结构及瘤周组织情况,在MDCT四期图像上获得纹理分析和强化特征,可作为预测ccRCC患者的病理分级的有效方法^[5-6]。而目前有关CT纹理分析及强化特征与ccRCC病理分级研究尚少。因此,本研究通过对ccRCC患者进行MDCT检查,在其增强图像上进行纹理及强化特征分析,并探讨各参数与Fuhrman病理分级的相关性,为诊治ccRCC患者提供较为可靠的方法策略。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择武警湖北省总队医院2012年5月—2020年5月经手术病理证实为ccRCC患者156例,根据Fuhrman病理分级,其中G₁级34例, G₂级85例, G₃级24例, G₄级13例,分为低级别组(G₁~G₂)119例和高级别组(G₃~G₄)37例。入选标准:术后确诊为ccRCC患者,所有患者术前行MDCT四期扫描,同意配合检查且资料完整的患者。排除标准:合并其他恶性肿瘤患者,对比剂过敏患者;严重心肺肾功能不全患者。所有患者性别、年龄、肿瘤大小及侧别、手术方式等一般临床资料在不同病理级别ccRCC患者中差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 CT增强扫描检查及图像分析

采用64排螺旋CT进行检查,患者保持空腹检查,检查前予以对比剂(60~80 mL碘海醇注射液),肘前静脉注射,采用追踪智能触发计算进行动脉期扫描,再行静脉期扫描,扫描管电压120 kV,

层厚为5 mm,层间距5 mm,CT图像分析由2名主治医师以上影像科医师进行独立分析,根据两者计算结果作最终判读;直接测量肿瘤的CT特征包括肿瘤大小、侧别、病灶边缘情况;肿瘤CT强化特征的测量:选取肿瘤内部不同扫描期(包括平扫期、皮质期、肾实质期、排泄期)的CT值,首选在动脉期上选择感兴趣区(region of interest, ROI),应尽量避免肿瘤血管、坏死、囊变及钙化区域,ROI为大小相等的圆形区域,随机选择3个不重复区域的ROI区,取平均值,ccRCC患者ROI图(图1);平扫期、静脉期和延迟期的ROI区的选择与动脉期一致,为各期图像所测得的ROI值为肿瘤CT值(tumor CT attenuation value, TAV), TAV₁~TAV₄分为平扫期、动脉期(皮质期)、静脉期(髓质期)和延迟期(排泄期)对应的CT值,参照值选择肾皮质参考区所测量的皮质CT值(cortex CT attenuation value, CAV),腹主动脉参考区所测量的动脉CT值(artery CT attenuation value, AAV), TAV_x、CAV_x代表不同扫描期所测得相应的值;各增强期的肿瘤CT值与平扫期的肿瘤CT值之差为绝对强化值(absolute enhancement value, AEV),即AEV_x=TAV_x-TAV₁;各增强期肿瘤绝对强化值与肾皮质绝对强化值的比值为肿瘤相对皮质强化率(tumor to cortex ratio, TCR), TCR_x=AEV_x/CAV_x-CAV₁;各增强期肿瘤绝对强化值与腹主动脉绝对强化值的比值为肿瘤相对动脉强化率(tumor to artery ratio, TAR), TAR_x=AEV_x/(AAV_x-AAV₁),最终TAV、AEV、TCR和TAR值取各期的平均期所得。CT纹理分析:选取不同扫描时期内ROI区,根据基于直方图参数方法,使用Texture Analysis软件获得ROI像素的各期总平均灰度值、标准差、峰度和偏度值。

1.3 评价指标

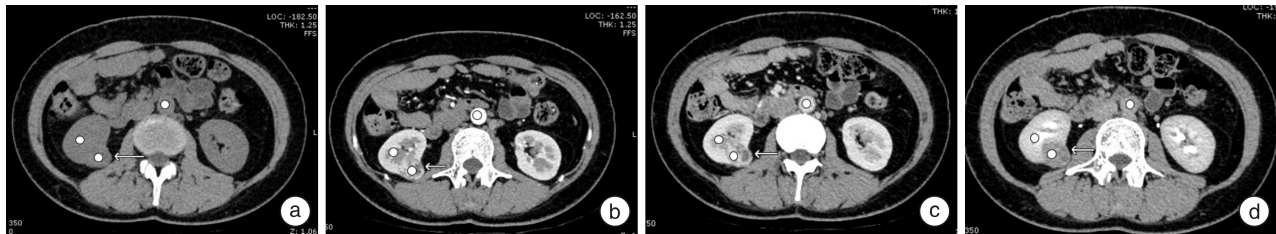
比较ccRCC患者不同病理级别(高级别组和低级别组)肿瘤CT值(TAV)、绝对强化值(AEV)、相对强化率(TCR、TAR),分析所有患者CT纹理分析的均灰度值、标准差、峰度和偏度值。

1.4 统计学方法

应用SPSS 21.0统计软件进行数据分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示(正态分布)或中位数及四分位间

距(非正态分布),组间比较采用 t 检验或非参数检验;计数资料采用频数(率)表示,利用受试者工作特征(ROC)特征性曲线分析各指标对 ccRCC 患者高级别病理特征的诊断价值,采用 Spearman 相关

性分析各指标与 ccRCC 患者病理分级的相关性,采用 logistic 回归分析筛查 ccRCC 患者高级别病理特征的影响因素,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。



a~d:分别为平扫期、动脉期、静脉期、延时期的 CT 增强图。图中所示 ROI 取内明显强化(箭头)。

图 1 ccRCC 患者 ROI 图及 CT 值测量

2 结果

2.1 患者一般临床资料分析

156 例研究对象中,ccRCC 患者的年龄中位数(四分位间距)为 60.0(44.2~70.6)岁;男 107 例,女 49 例;肿瘤大小中位数(四分位间距)为 4.4(2.8~6.3);左侧瘤 81 例,右侧瘤体 75 例;肿瘤边缘规则 86 例,不规则 70 例;Fuhrman 分级中低级别($G_1 \sim G_2$ 级)患者 119 例,高级别患者($G_3 \sim G_4$ 级) 37 例;肾保留术患者 113 例,肾根治术患者 43 例。

2.2 CT 纹理分析和强化特征值在不同病理级别 ccRCC 患者中比较

CT 纹理特征指标中,与低级别病理组比较,高级别组患者平均灰度值、标准差明显升高,差异有统计学意义($P < 0.05$);两组患者峰度、偏度比较差异无统计学意义($P > 0.05$);CT 强化特征指标中,与低级别组比较,高级别组 TAV、AEV、TCR、TAR 明显下降,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

2.3 CT 纹理分析和强化特征值与 ccRCC 患者 Fuhrman 病理分级的相关性

各指标与 Fuhrman 病理级别的 Spearman 相关性分析示,纹理分析参数(平均灰度值、标准差)与 Fuhrman 高分级呈正相关($r_s = 0.211, P = 0.001; r_s = 0.205, P = 0.005$);强化特征参数(TAV、AEV、TCR 和 TAR)与 Fuhrman 病理高分级呈负相关($r_s = -0.245, P = 0.015; r_s = -0.206, P = 0.008; r_s = -0.315, P = 0.001; r_s = -0.218, P = 0.018$);纹理分析参数(峰度和偏度),与 Fuhrman 高分级无明显相关性($P > 0.05$)。

2.4 CT 纹理分析和强化特征值对 ccRCC 患者 Fuhrman 病理分级的预测价值

ROC 曲线示,纹理分析参数(平均灰度值、标准差)与强化特征参数(TAV、AEV、TCR 和

TAR)对高级别 Fuhrman 病理分级的 ccRCC 患者具有诊断价值($P < 0.05$),其中 TCR 的诊断效能最大,其曲线下面积(AUC)最大,见表 2 和图 2。

2.5 高级别 ccRCC 患者的预测因子的多因素分析

将各因素(临床参数、纹理分析及强化特征值)纳入回归分析,其中年龄以中位数 60 为界值,肿瘤边缘规整程度、肿瘤大小以 7 cm 为界值(参考 TNM 分期)、各纹理分析及强化特征以 ROC 曲线的诊断临界值为界值,进行单因素 logistic 回归分析,将 $P < 0.01$ 的各因素纳入多因素 logistic 回归分析,多因素 logistic 回归分析示肿瘤不规则、肿瘤 > 7 cm、平均灰度值 > 8.01 、TCR ≤ 0.54 是 ccRCC 患者高 Fuhrman 分级的独立预测因子($P < 0.05$)。见表 3。

表 1 在不同病理级别 ccRCC 患者间纹理分析和强化特征值比较

参数			$\bar{x} \pm s$	
	低级别组 ($n=119$)	高级别组 ($n=37$)	z/t	P
纹理分析				
平均灰度值	7.56±2.23	8.62±2.01	-2.583	0.011
标准差	8.82±1.80	9.56±1.30	-2.318	0.022
峰度	3.05 (2.12,3.82)	3.10 (2.15,4.01)	5.765	0.126
偏度	0.78±0.52	0.82±0.46		
强化特征				
TAV	92.53± 23.07	83.15± 21.41	2.196	0.030
AEV	75.77± 24.83	65.80± 24.26	2.145	0.034
TCR	0.61±0.24	0.48±0.17	3.062	0.003
TAR	0.67±0.21	0.57±0.23	2.473	0.014

表 2 各指标对高级别病理 ccRCC 患者的 ROC 曲线分析

指标	灵敏度	特异度	AUC	95%CI	诊断阈值	P
平均灰度值	0.765	0.684	0.723	0.655~0.824	8.01	<0.05
标准差	0.782	0.675	0.701	0.645~0.806	9.12	<0.05
TAV	0.716	0.632	0.682	0.601~0.782	88.15	<0.05
AEV	0.705	0.654	0.665	0.612~0.775	70.56	<0.05
TCR	0.789	0.701	0.745	0.712~0.852	0.54	<0.05
TAR	0.756	0.654	0.706	0.644~0.785	0.62	<0.05

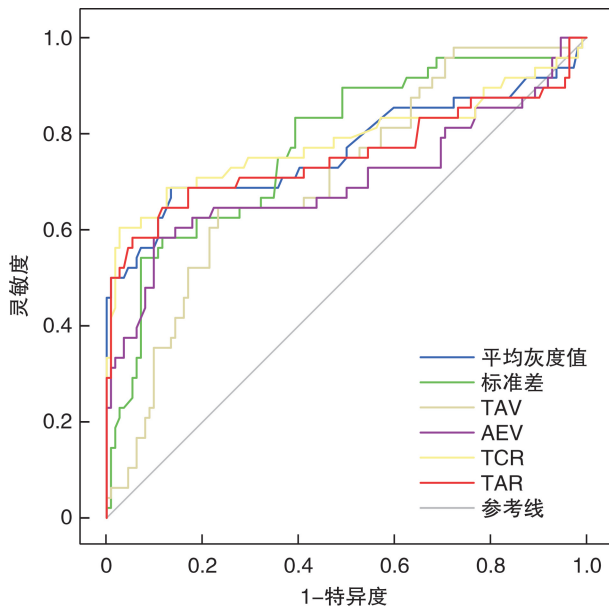


图 2 CT 纹理分析和强化特征值对 ccRCC 患者诊断价值的 ROC 曲线

3 讨论

ccRCC 患者术后并发症发生率高,选择有效地治疗策略对患者预后是十分重要的。以往通过肾

穿刺活检获得对 ccRCC 患者 Fuhrman 分级诊断的准确率较低,而术前通过影像学方法获得对 ccRCC 病理分级的判断对手术方案的选择是具有重要临床价值的^[3,7-8]。因此,本研究通过 MDCT 扫描获得不同时期的图像上的进行纹理分析和强化特征参数对评估 Fuhrman 分级的预测价值,以及探讨影响 ccRCC 患者 Fuhrman 分级的影响因素。

本研究 Fuhrman 分级是根据肿瘤细胞核及核仁清晰度进行分级的,级别越高代表着肿瘤细胞异质性越高,肿瘤侵袭性越强,本研究通过低级别($G_1 \sim G_2$ 级)和高级别($G_3 \sim G_4$ 级)代表肿瘤病理分级的高低,可预测着肿瘤侵袭性高低程度和预后情况^[1,9]。普通的 CT 平扫成像上可获取肿瘤的囊实性、肿瘤大小、侧别及边缘情况、瘤内钙化及坏死灶等,在一定程度上可作为高级别肾癌患者的预测因子^[1,10]。在一般肿瘤特征中,既往研究提示肿瘤边缘不规整、肿瘤大小与肿瘤病理分级相关,即肿瘤直径 >7 cm 与高级别病理分级有关,与本研究较为一致。肿瘤不规整和肿瘤 >7 cm 是影响 ccRCC 患者高级别病理特征的影响因素。

表 3 高级别 ccRCC 患者的预测因子的多因素 logistic 回归分析

指标	β	SE	Wald	OR(95%CI)	P
边缘不规整	0.444	0.169	6.952	1.56(1.11~2.15)	0.008
肿瘤大小 >7 cm	0.577	0.220	6.859	1.78(1.08~2.56)	0.009
平均灰度值 >8.01	1.047	0.344	9.293	2.85(1.29~4.96)	<0.001
TCR ≤ 0.54	1.147	0.353	10.581	3.15(1.41~5.62)	0.001

CT 纹理分析是新兴一种的图像后处理技术,在传统 CT 动态增强扫描图像基础上加以纹理分析,不仅可进行纹理分析反应肿瘤内组织学差异,又能获得肿瘤内部的动态增强特征,纹理分析主要包括图像变换及量化,主要参数包括平均灰度值、标准差、峰度和偏度值^[1,3,11-12]。通过纹理分析软件可获得定量参数能够较为准确地预测肿瘤异质性及手术方案的抉择密切相关^[11-12];与传统 CT 图像比较,纹理参数的平均灰度值反映 ROI 内像素的平均值,图像越亮值越高,可能与肿瘤的血流供应密切相关,标准差反映总体像素的离散程度,病

理级别越高的 ccRCC 患肿瘤内部离散程度越高,组织结构不均匀和紊乱,表现为肿瘤异质性高,其中峰度参数反映直方图的锐度,其值越大代表直方图越陡,受肿瘤内部结构的致密性、血管密度及恶性程度影响,值越大可能与肿瘤恶性程度有关^[11-15]。本研究通过 CT 纹理分析后发现,高级别病理的 ccRCC 患者纹理参数值明显下降,且与高级别病理分级呈正相关,对高级别 Fuhrman 分级具有预测价值,且平均灰度值是 ccRCC 患者高级别病理特征的独立危险因素,提示纹理分析对 ccRCC 病理预后具有参考价值。

MDCT 扫描主要包括平扫期、皮髓质期、肾实质期、排泄期,在多个图像上进行 ROI 标记,测量相应的 CT 值,即对肿瘤强化程度进行定量分析^[11,15-17]。通过 MDCT 增强扫描图像上选取不同的 ROI 区域进行强化指标的测算,对于 ROI 区域应避免肿瘤坏死、囊变、钙化等异质性区域,且每个图像上所选区域及大小一样才能最为准确地获得强化指标参数,本研究为了减少系统性误差,特异性的引入肿瘤肾皮质及腹主动脉 CT 值作为参照^[12,16]。本研究通过 Spearman 相关分析,TCR 与 ccRCC 患者高病理分级相关程度最高;另外,各强化指标对 ccRCC 患者病理分级的预测价值中,在 ROC 曲线上,TCR 的 AUC 最大,其对高级别病理分级的预测价值最大,且多因素分析是影响 ccRCC 患者高级别 Fuhrman 分级的独立预测因子,TCR 是对肾癌强化特征计算而获得的参数,由于其受到研究人员主观测量因素影响,因此在实际临床工作组还需进一步研究其诊断价值。本研究发现 ccRCC 患者强化特征指标(TAV、AEV、TCR 和 TAR)与 Fuhrman 分级呈负相关,可能与肿瘤内部微组织坏死有关,与既往研究存在一致性^[17]。另外,在一项回顾性研究对肾癌术前影像学分析提示,肿瘤 CT 的强化值与肾癌 Fuhrman 分级呈负相关性,在增强 CT 的强化程度可能与肿瘤微血管密度相关,可能是肿瘤血管的高度增殖而引起增强 CT 上对比剂的聚集,由于高级别肾癌患者肿瘤内部异质性改变,如肿瘤坏死及纤维化,能够加速对比剂的扩散,引起强化指标的下降^[18]。

综上所述,ccRCC 患者高级别 Fuhrman 分级患者表现为纹理分析参数升高和各强化指标下降,且 Fuhrman 病理分级与纹理参数呈正相关、与强化指标呈负相关,提示肿瘤异质性及强化程度越高其 Fuhrman 病理分级越高,且各纹理分析和强化指标对 Fuhrman 分级具有预测价值,其中 TCR 的预测价值最大,肿瘤不规整、肿瘤大小、平均灰度值升高、TCR 下降是影响 ccRCC 患者高级别病理分级的独立危险因素;因而,通过对 ccRCC 患者 MDCT 扫描进行纹理分析和强化特征分析有助于预测 ccRCC 患者的病理分级,为后续治疗策略的选择及预后生存率的判断具有重要的临床价值。

参考文献

[1] 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.

[2] Inamura K. Renal Cell Tumors: Understanding Their Molecular Pathological Epidemiology and the 2016 WHO Classification[J]. Int J Mol Sci,2017,18(10):2195.

[3] 严立,程琦,余快,等.定量 CT 纹理分析评估肾透明细胞癌 Fuhrman 分级的价值[J].中国 CT 和 MRI 杂

志,2020,18(5):2.

[4] 李华秀,李振辉,寸红丽,等. CT 征象预测肾透明细胞癌 Fuhrman 分级的价值研究[J].实用放射学杂志,2019,35(10):1618-1622.

[5] 刘莹莹,张雪宁,侯文静. MDCT 对肾透明细胞癌 Fuhrman 分级诊断价值的研究[J].中国临床医学影像杂志,2017,28(7):507-512.

[6] 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.

[7] 严志强,洪源,戚孙赞,等.肾嫌色细胞癌与不典型透明细胞癌的 CT 纹理分析研究[J].临床放射学杂志,2020,39(1):91-95.

[8] 王元元,张祥林,吕晓虹. CT 图像容积纹理分析在肾透明细胞癌病理分级中的应用研究[J].陕西医学杂志,2020,49(3):304-308,312.

[9] 何德娇,凌娜,汪伟伟. MSCT 对肾透明细胞癌及其 Fuhrman 分级的诊断价值[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2020,18(1):91-94,110.

[10] 王杰,吴震杰,刘冰,等.局部进展期肾癌根治术后 5 年生存分析及风险模型建立(附 75 例报告)[J].临床泌尿外科杂志,2018,33(5):346-349,354.

[11] Deng Y, Soule E, Samuel A, et al. CT texture analysis in the differentiation of major renal cell carcinoma subtypes and correlation with Fuhrman grade[J]. Eur Radiol,2019,29(12):6922-6929.

[12] Shu J, Tang Y, Cui J, et al. Clear cell renal cell carcinoma: CT-based radiomics features for the prediction of Fuhrman grade[J]. Eur J Radiol,2018,109:8-12.

[13] 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, 2019, 19(1):6.

[14] 丁玖乐,邢兆宇,陈真,等. CT 纹理分析术前预测肾脏透明细胞癌 Fuhrman 分级的价值[J].中华放射学杂志,2018,52(8):614-618.

[15] Bektas CT, Kocak B, Yardimci AH, et al. Clear Cell Renal Cell Carcinoma: Machine Learning-Based Quantitative Computed Tomography Texture Analysis for Prediction of Fuhrman Nuclear Grade[J]. Eur Radiol, 2019,29(3):1153-1163.

[16] 裴旭,王平,任建发,等.应用基于增强 CT 的影像组学模型鉴别高低级别肾透明细胞癌的研究[J].临床放射学杂志,2020,39(3):523-527.

[17] 杨保智,侯浩宇,杨浩,等.肾透明细胞癌增强 CT 表现与病理 Fuhrman 核分级的关系[J].医学影像学杂志,2018,28(1):102-105.

[18] Zhu YH, Wang X, Zhang J, et al. Low enhancement on multiphase contrast-enhanced CT images: an independent predictor of the presence of high tumor grade of clear cell renal cell carcinoma[J]. AJR Am J Roentgenol,2014,203(3):W295-W300.

(收稿日期:2020-11-25)