

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.14.010

CT 动态增强扫描在肾透明细胞癌的临床价值及其定量参数与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达的相关性*

魏贤巍¹, 刘 睿¹, 李 赫¹, 刘 海²

1. 北大荒集团总医院影像科, 黑龙江哈尔滨 150088; 2. 黑龙江省齐齐哈尔市第一医院影像科, 黑龙江齐齐哈尔 161000

摘 要:目的 探讨 CT 动态增强扫描在肾透明细胞癌的临床价值及其定量参数与微血管密度(MVD)及血管内皮细胞生长因子(VEGF)、Ki-67 表达的相关性。**方法** 选取北大荒集团总医院 2022 年 7 月至 2024 年 7 月收治的肾透明细胞癌患者 199 例(作为观察组)、乏脂肪型肾血管平滑肌脂肪瘤患者 200 例(对照组)作为研究对象。2 组均接受 CT 动态增强扫描检查,并计算皮质期强化率、实质期净增值和实质期强化率。检测肾透明细胞癌组织 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达,同时根据病理分级将患者分为低级别组和高级别组。采用诊断试验四格表分析 CT 动态增强扫描对肾透明细胞癌的鉴别诊断效能。采用 Pearson/Spearman 相关分析肾透明细胞癌影像学检查结果与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达的相关性。**结果** 观察组皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率高于对照组($P < 0.05$)。CT 动态增强扫描鉴别诊断肾透明细胞癌的特异度、灵敏度、准确度分别为 72.00%、90.95%、81.45%。低级别组 117 例,高级别组 82 例。低级别组和高级别组 VEGF、Ki-67 表达比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);高级别组皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率、MVD 均高于低级别组($P < 0.05$)。Pearson 相关分析结果显示,皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率与 MVD 均呈正相关($P < 0.05$);Spearman 相关分析结果显示,皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率与 VEGF、Ki-67 表达均呈正相关($P < 0.05$)。**结论** CT 动态增强扫描在肾透明细胞癌鉴别诊断中具有较高的应用价值,其定量参数与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达存在密切关系。

关键词:肾透明细胞癌; CT 动态增强扫描; 微血管密度; 血管内皮细胞生长因子; Ki-67; 病理分级
中图法分类号:R737.11;R446.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)14-1939-06

Clinical value of CT dynamic contrast-enhanced scan in renal clear cell carcinoma and the correlation of its quantitative indices with MVD, expressions of VEGF and Ki-67*

Wei Xianwei¹, Liu Rui¹, Li He, Liu Hai²

1. Imaging Department, Beidahuang Group General Hospital, Harbin, Heilongjiang 150088, China; 2. Imaging Department, Qiqihar First Hospital, Qiqihaer, Heilongjiang 161000, China

Abstract: Objective To investigate the clinical value of CT dynamic contrast-enhanced scan in renal clear cell carcinoma and the correlation of its quantitative indices with microvessel density (MVD), expressions of vascular endothelial growth factor (VEGF) and Ki-67. **Methods** A total of 199 patients with renal clear cell carcinoma (the observation group) and 200 patients with minimal fat renal angiomyolipoma (the control group) admitted to Beidahuang Group General Hospital from July 2022 to July 2024 were selected as research subjects. Both groups underwent CT dynamic contrast-enhanced scan, and cortical phase enhancement rate, parenchymal phase net enhancement and parenchymal phase enhancement rate were calculated. Microvessel density (MVD), expressions of vascular endothelial growth factor (VEGF) and Ki-67 were assessed in the pathological specimens of patients with renal clear cell carcinoma, and the patients were subsequently stratified into low-grade group and high-grade group based on pathological grading. The diagnostic performance of CT dynamic contrast-enhanced scan for the differential diagnosis of renal clear cell carcinoma was evaluated by four-fold table. Pearson or Spearman correlation analysis was performed to assess correlations between examination results of CT dynamic contrast-enhanced scan and MVD, as well as VEGF and Ki-67 expressions.

* 基金项目:黑龙江省自然科学基金项目(LH2022HE099)。

作者简介:魏贤巍,男,主治医师,主要从事医学影像学方向的研究。

引用格式:魏贤巍,刘睿,李赫,等.CT 动态增强扫描在肾透明细胞癌的临床价值及其定量参数与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达的相关性

[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(14): 1939-1944.

Results The cortical phase enhancement rate, parenchymal phase net enhancement and parenchymal phase enhancement rate in the observation group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). The specificity, sensitivity and accuracy of CT dynamic contrast-enhanced scan in the differential diagnosis of renal clear cell carcinoma were 72.00 %, 90.95 % and 81.45 %, respectively. There were 117 cases in the low-grade group and 82 cases in the high-grade group. There were significant differences in the expression levels of VEGF and Ki-67 between the low-grade group and the high-grade group ($P < 0.05$); the cortical phase enhancement rate, parenchymal phase net enhancement and parenchymal phase enhancement rate, MVD in the high-grade group were higher than those in the low-grade group ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis results showed that the cortical phase enhancement rate, parenchymal phase net enhancement and parenchymal phase enhancement rate were all positively correlated with MVD ($P < 0.05$). Spearman correlation analysis results showed that the cortical phase enhancement rate, parenchymal phase net enhancement and parenchymal phase enhancement rate were all positively correlated with the expression of VEGF and Ki-67 ($P < 0.05$). **Conclusion** CT dynamic contrast-enhanced scan has high application value in the differential diagnosis of renal clear cell carcinoma, and its quantitative indices are closely related to MVD, expressions of VEGF and Ki-67.

Key words: renal clear cell carcinoma; CT dynamic enhanced scan; microvessel density; vascular endothelial growth factor; Ki-67; pathological grading

肾透明细胞癌占肾癌的 60 % ~ 85 %, 早期缺乏临床表现, 但随着病情进展可逐渐出现血尿、腰痛等症状, 甚至发生转移或累及周围其他组织^[1-2]。乏脂肪型肾血管平滑肌脂肪瘤是一种生长缓慢且无明显特征的良性肿瘤, 通常无须特殊处理, 但因其临床检查中的表现与肾透明细胞癌相似, 易造成漏诊误诊^[3-4]。因此, 早期发现并确诊对指导临床治疗、改善患者预后至关重要。随着影像学技术的快速发展, CT 动态增强扫描已成为鉴别诊断肾透明细胞癌的常用方法, 通过较高的时间与空间分辨率提供清晰的病灶信息, 为疾病的检出、鉴别诊断提供客观依据^[5-8]。随着对肿瘤生物学行为和恶性程度的深入研究, 临床发现了一系列能够反映肿瘤特征的重要指标, 如微血管密度(MVD)、血管内皮细胞生长因子(VEGF)和 Ki-67。MVD 能够直观地反映肿瘤组织内微血管的生成情况, 可在一定程度上反映肿瘤的恶性程度和侵袭能力^[9]。VEGF 能够刺激血管内皮细胞的增殖和迁移, 促进新生血管的形成, 其水平变化可用于评估肿瘤的生长和转移潜力^[10]。Ki-67 表达水平与肿瘤细胞的增殖活性紧密相连, 相关研究表明, 肿瘤细胞的增殖速度越快, 肿瘤恶性程度越高, Ki-67 水平也可能越高^[11]。但目前临床关于 CT 动态增强检查结果与肾透明细胞病理学指标的相关研究较少, 故本研究拟探讨 CT 动态增强扫描评估肾透明细胞癌 MVD、VEGF 及 Ki-67 的价值, 以期术前无创预测肿瘤生物学行为、评估肿瘤细胞侵袭潜能及个体化治疗决策提供影像学依据。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究为一项回顾性观察性研究, 样本量未进行先验的效能分析。所有研究对象均为 2022 年 7 月至 2024 年 7 月于北大荒集团总医院就诊

且符合纳入与排除标准的连续性病例, 其中肾透明细胞癌患者共 199 例(观察组), 乏脂肪型肾血管平滑肌脂肪瘤患者共 200 例(对照组)。该样本量覆盖了研究期间北大荒集团总医院绝大多数符合条件的患者, 旨在最大程度上反映真实事件的临床情况, 并确保在进行亚组分析(如高、低级别比较)时各亚组具备足够的病例数进行有意义的统计学比较。观察组男 135 例, 女 64 例; 年龄 35 ~ 75 岁, 平均 (58.41 ± 6.25) 岁; 体重指数(BMI) $19.85 \sim 28.85 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(23.46 \pm 1.85) \text{ kg/m}^2$ 。对照组男 138 例, 女 62 例; 年龄 35 ~ 77 岁, 平均 (59.37 ± 6.25) 岁; BMI $20.01 \sim 28.50 \text{ kg/m}^2$, 平均 $(23.59 \pm 1.74) \text{ kg/m}^2$ 。2 组性别、年龄、BMI 比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。纳入标准: (1) 符合《中国肾癌规范诊疗质量控制指标(2022 版)》^[12]中的相关标准, 且经病理检查确诊者; (2) 伴有血尿、腰痛等典型症状者; (3) 无碘试剂过敏史者; (4) 接受 CT 动态增强扫描者; (5) 临床资料完整者; (6) 年龄 > 18 周岁者。排除标准: (1) CT 检查前接受过其他治疗者; (2) 合并肝、心等功能异常者; (3) 合并血液系统者; (4) 合并传染性、感染性疾病者; (5) 合并其他恶性肿瘤疾病者; (6) 合并自身免疫性疾病者。所有研究对象或其家属均知情同意本研究, 并签署知情同意书。本研究通过北大荒集团总医院医学伦理委员会批准(审批号: KY-2025022001)。

1.2 方法

1.2.1 CT 动态增强扫描检查 患者采用 PHILIPS Brilliance 256-i CT 设备进行检查。检查时, 患者取仰卧位, 脚先进入扫描区域, 以便对增强检查患者进行实时状态监测, 并在扫描前接受呼吸训练。扫描范围覆盖胸 11 椎体下缘至腰 1 椎体下缘的区域。扫描采用螺旋扫描模式, 具体扫描参数如下: 管电压 120 kV,

采用自动管电流调制技术(参考管电流 120 mAs),探测器宽度 128 mm×0.625 mm,球管旋转时间 0.5 s/rot,螺距 0.993。同时,采用自动管电流调制技术用于多平面重组及后处理分析,设定层厚与层间距均为 5 mm,所获得的原始薄层数据重建为 1 mm 层厚图像。首先,对患者进行非增强扫描。若肿瘤超出了初始扫描范围,则需对整个肿瘤区域进行额外的补充扫描。随后进行增强扫描,使用美国 MEDRAD 双筒高压注射器,根据患者的体重,通过 20 G×29 mm/Y-G 规格的肘静脉留置针(按 450 mgI/kg 体重碘总量),注入浓度为 350 mgI/mL 非离子型碘对比剂(以 2.5~4.0 mL/s 的速率),再注入生理盐水(30 mL)进行冲刷。肾皮质期和肾实质期的扫描延迟时间分别设置为 30~35 s 和 80~90 s,并于 4 min 左右针对病灶局部进行延迟扫描。扫描完成后,由 2 名腹部亚专科医师(医师 A 和医师 B)在 PACS 工作站上独立开展图像分析和数据测量工作。为定量评估病灶强化特征,测量并计算以下参数:(1)平扫 CT 值(CT_{pre}),于肿瘤实性部分(避开囊变、坏死、钙化区)放置感兴趣区(ROI)所测得的平均 CT 值;(2)皮质期 CT 值(CT_{cort}),于增强扫描皮质期图像上,在与平扫相同位置放置 ROI 所测得的平均 CT 值;(3)实质期 CT 值(CT_{paren}),于增强扫描实质期图像上,在与平扫相同位置放置 ROI 所测得的平均 CT 值;(4)正常肾皮质 CT 值(CT_{cortex}),于平扫图像上,在同侧或对侧正常肾皮质区域放置 ROI 所测得的平均 CT 值,用于计算相对强化率。根据上述测量值,计算以下 3 个核心强化参数:(1)皮质期强化率,反映病灶早期(皮质期)的绝对强化程度,相对于自身平扫基线的净增加量,皮质期强化率=(CT_{cort}-CT_{pre})/CT_{cortex}×100%;(2)实质期净增值,反映病灶在实质期的绝对强化值,即实质期 CT 值相较于平扫 CT 值的绝对差值,实质期净增值=CT_{paren}-CT_{pre};(3)实质期强化率,反映病灶在实质期的相对强化程度,实质期强化率=(CT_{paren}-CT_{pre})/CT_{cortex}×100%。测量过程中,医师会综合观察多个时相的图像,以避免测量到坏死、钙化等区域。同时,为了确保测量的准确性,在测量肾透明细胞癌实性部分时,会尽可能选择较大的 ROI,并确保在非增强扫描、肾皮质期和肾实质期将 ROI 放置在相同的位置。为评估测量结果的可靠性,首先进行一致性检验:由医师 A 在首次测量 1 个月后,随机抽取 30 例患者的图像进行重复测量,以评估观察者内一致性;同时,将全部病例的图像由医师 A 和医师 B 分别独立测量,以评估观察者间一致性。一致性采用组内相关系数(ICC)及 95%置信区间(95%CI)进行评估。评判标准如下:ICC<0.40 表示一致性差,0.40~<0.75 表示一致性一般到中等,0.75~<0.90 表示一致性良好,≥0.90

表示一致性极好,若一致性不佳(ICC<0.75),则由 2 名医师通过协商讨论,对存在分歧的测量重新划定 ROI 并再次测量,直至达成共识;若协商后仍无法达成一致,则邀请第 3 名高年资腹部影像诊断医师进行独立仲裁测量,并以仲裁结果纳入最终分析。

1.2.2 肾透明细胞癌组织标本处理 199 例肾透明细胞癌患者均通过外科手术切除或穿刺活检获得明确病理诊断。其中,156 例(78.4%)患者行根治性或部分肾切除术,术后病理证实为肾透明细胞癌;43 例(21.6%)患者因高龄、并发症多或不愿接受手术等原因,在 CT 引导下经皮肾穿刺活检术获得病理诊断。所有患者的癌组织标本均由 2 位高年资病理科医师独立阅片确诊。获取癌组织后,立即对其进行固定、脱水和透明化处理。随后将处理好的组织标本包埋在石蜡中,使用显微切片机将石蜡包埋的组织切成厚度为 3~5 μm 的薄片。在切片过程中,需保持切片的完整性和均匀性,之后对切片进行免疫组织化学染色。

1.2.3 MVD 检测方法 首先,在低倍镜下全面观察切片,选取 MVD 最高的 3 个区域。然后,在高倍镜下详细观察所选区域,将呈棕色的内皮细胞或细胞团(能够明显区分其与周围肿瘤细胞、结缔组织)认定为一条血管,并进行计数。需要注意的是,对于管腔直径超过 8 个红细胞且伴有较厚肌层的血管,不计入微血管范畴。最后,计算这 3 个区域血管计数的平均值,并作为 MVD 值。

1.2.4 Ki-67 阳性细胞的判断标准 若细胞核内出现棕黄色颗粒或细胞核染成棕褐色,则判定为 Ki-67 阳性细胞。先在低倍镜下取 5 个染色均匀的视野,再在高倍镜下分别计数各视野中阳性细胞数与总细胞数,并计算二者比值。根据比例,将 Ki-67 的表达分为高表达(≥30%)、中表达(15%~<30%)和低表达(<15%)^[13]。

1.2.5 VEGF 蛋白表达检测 当细胞质中出现棕黄色或棕褐色颗粒时,判定为 VEGF 蛋白表达阳性。先在低倍镜下浏览全片,挑选出 3 个阳性细胞聚集较多的区域,然后在高倍镜下进行计数。依据阳性细胞的比例,将 VEGF 蛋白的表达分为 4 个等级:一、+、++ 和 +++。其中,+++ 为高表达,++ 为中表达,+ 或 - 为低表达^[14]。

1.2.6 病理分级 由具有 20 年诊断经验的病理科医生采用盲法审阅和分析肾透明细胞癌组织切片,参照世界卫生组织/国际泌尿病理学会(WHO/ISUP)肾细胞癌核分级系统^[15]进行分级,根据核仁异型性程度,将肾透明细胞癌患者分为低级别组(1 级和 2 级)和高级别组(3 级和 4 级)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据处理。经 K-S 法检验符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验。计数资

料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验,等级资料比较采用秩和检验。采用诊断试验四格表分析 CT 动态增强扫描对肾透明细胞癌的鉴别诊断效能。采用 Pearson 相关分析肾透明细胞癌 CT 动态增强扫描定量参数与 MVD 的相关性;采用 Spearman 相关分析肾透明细胞癌 CT 动态增强扫描定量参数与 VEGF、Ki-67 表达的相关性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 CT 动态增强扫描测量结果可靠性 所有 CT 测量参数(皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率)的 ICC 均 >0.90 。

2.2 观察组与对照组 CT 动态增强扫描定量参数比较 观察组皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率均高于对照组($P<0.05$)。见表 1。

2.3 CT 动态增强扫描诊断效能分析 肾透明细胞癌患者 199 例、乏脂型肾血管平滑肌脂肪瘤患者 200 例经 CT 动态增强扫描检查结果见表 2。CT 动态增强扫描鉴别诊断肾透明细胞癌的特异度为 72.00%(144/200)、灵敏度为 90.95%(181/199)、准确度为 81.45%(325/399)。

2.4 不同病理分级肾透明细胞癌患者临床资料比

较 低级别组 117 例,高级别组 82 例。低级别组和高级别组 VEGF、Ki-67 表达比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);高级别组皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率、MVD 均高于低级别组($P<0.05$)。见表 3。

表 1 观察组与对照组 CT 动态增强扫描定量参数比较($\bar{x}\pm s$)				
组别	<i>n</i>	皮质期强化率(%)	实质期净增值	实质期强化率(%)
观察组	199	0.98±0.23	61.23±10.69	0.75±0.18
对照组	200	0.32±0.06	24.67±5.96	0.30±0.05
<i>t</i>		39.262	42.219	34.060
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

表 2 CT 动态增强扫描的诊断结果分析(<i>n</i>)			
CT 动态增强扫描	病理检查		合计
	肾透明细胞癌	乏脂型肾血管平滑肌脂肪瘤	
肾透明细胞癌	181	56	237
乏脂型肾血管平滑肌脂肪瘤	18	144	162
合计	199	200	399

表 3 不同病理分级肾透明细胞癌患者临床资料比较[$\bar{x}\pm s$ 或 $n(\%)$]									
组别	<i>n</i>	年龄(岁)	性别		BMI(kg/m ²)	MVD	VEGF 表达		
			男	女			高	中	低
高级别组	82	59.52±8.95	56(68.29)	26(31.71)	23.58±1.79	58.52±12.58	36(43.90)	25(30.49)	21(25.61)
低级别组	117	57.62±8.41	73(62.39)	44(37.61)	23.41±1.68	42.78±10.63	12(10.26)	30(25.64)	75(64.10)
<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>		1.528	0.736		0.684	9.527	37.844		
<i>P</i>		0.128	0.391		0.495	<0.001	<0.001		

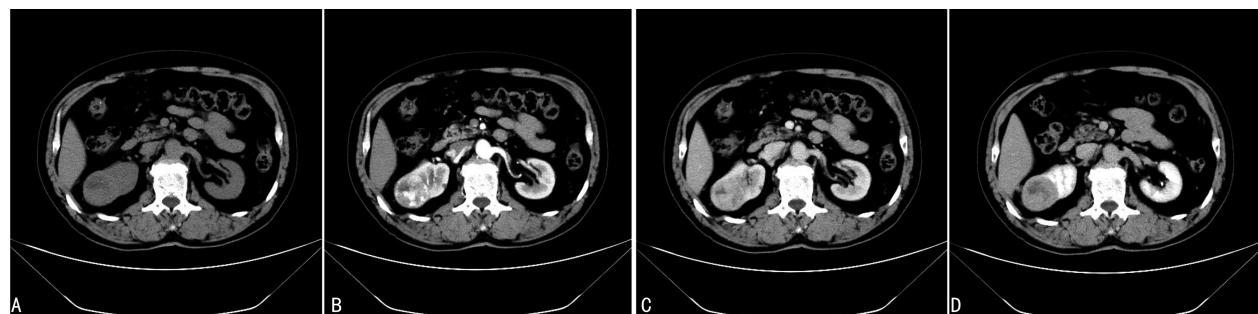
组别	<i>n</i>	Ki-67 表达			皮质期强化率(%)	实质期净增值	实质期强化率(%)
		高	中	低			
高级别组	82	59(71.95)	15(18.29)	8(9.76)	1.07±0.28	71.25±13.89	0.84±0.15
低级别组	117	36(30.77)	38(32.48)	43(36.75)	0.80±0.21	55.36±10.45	0.68±0.12
<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>		34.480			7.771	9.206	8.343
<i>P</i>		<0.001			<0.001	<0.001	<0.001

2.5 肾透明细胞癌 CT 动态增强扫描定量参数与 MVD、VEGF、Ki-67 的相关性分析 Pearson 相关性分析结果显示,肾透明细胞癌患者皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率与 MVD 均呈正相关($P<0.05$);Spearman 相关性分析结果显示,肾透明细胞癌患者皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率与 VEGF、Ki-67 表达均呈正相关($P<0.05$)。见表 4。

2.6 典型病例图片 患者,男,65 岁,CT 平扫右肾透明细胞癌,呈等低混杂密度,大小约 45 mm×41 mm,边界尚清,CT 值约 31 HU,三期增强扫描明显

强化,皮质期、实质期及排泄期 CT 值分别约 90、75、60 HU,峰值位于皮质期,呈“快进快出”强化方式。见图 1。

表 4 肾透明细胞癌 CT 动态增强扫描定量参数与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达的相关性分析						
指标	MVD		VEGF 表达		Ki-67 表达	
	r	P	r_s	P	r_s	P
皮质期强化率	0.567	<0.001	0.560	<0.001	0.550	<0.001
实质期净增值	0.501	<0.001	0.489	<0.001	0.460	<0.001
实质期强化率	0.523	<0.001	0.498	<0.001	0.555	<0.001



注:A 为 CT 平扫;B 为皮质期;C 为实质期;D 为排泄期。

图 1 典型病例图片

3 讨 论

肾透明细胞癌病因复杂,主要与吸烟、肥胖等因素有关^[16]。由于该病临床发病相对隐匿,易造成漏诊,早期诊断效能仍有较大提升空间。此外,现有针对该病与 MVD、VEGF、Ki-67 的关联性研究,对病变微血管生成及细胞增殖活性的病理相关机制阐释尚不充分,有待进一步补充完善^[17]。现阶段,病理学检查作为金标准,能够有效诊断肾透明细胞癌情况,但其在实际应用中却存在工作量较大、耗时较长等局限性^[18-19]。同时 MRI 在肾细胞癌术前诊断中虽具有诸多优势,但受设备普及率、适用性等因素的限制,目前尚未能广泛应用于临床成为该病的常规检查手段。

CT 动态增强扫描凭借先进的影像学技术,能够获取与病灶相关的解剖信息,包括肾实质、血管及集合系统结构等,并且可以轻易识别脂肪成分,有助于为临床医师判断肿瘤详细特征提供参考^[20-21]。本研究结果发现,CT 动态增强扫描对肾透明细胞癌的特异度、灵敏度、准确度分别为 72.00%、90.95%、81.45%,且观察组实质期净增值、皮质期强化率、实质期强化率高于对照组,表明 CT 动态增强扫描在肾透明细胞癌鉴别诊断中具有较高的应用价值,与罗钦红^[22]研究结果基本一致。

本研究结果显示,高级别组皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率、MVD 值及 VEGF、Ki-67 高表达的患者比例高于低级别组,且相关性分析结果显示,皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达均呈正相关,表明 CT 动态增强扫描参数与肾透明细胞癌的恶性特征存在密切关系,与邵玉美等^[23]研究结果基本一致。实质期内 Ki-67 高表达的肿瘤往往展现出更高的强化率,分析其原因可能与肿瘤细胞的活跃增殖密切相关。由于肿瘤细胞增殖旺盛,肿瘤内部的代谢活动随之增强,进而影响了造影剂在肿瘤内的分布与代谢过程^[24-25]。不仅如此,Ki-67 高表达还通常意味着肿瘤具有更高的恶性程度与侵袭性,进而可能影响其在影像学上的表现^[26-27]。同样,实质期内 VEGF 表达高的肿瘤往往展现出更高的强化率,分析其原因可能与 VEGF 高表达有助于血管保持开放,减缓造影剂流出速度有关。

而皮质期强化率高则反映了肿瘤内部血管供应丰富,造影剂在皮质期迅速涌入肿瘤微血管,特别是在 MVD 高的肿瘤中,皮质期的强化表现尤为显著。由此可见,动态增强 CT 参数与病理参数之间存在着密切而复杂的联系。

综上所述,CT 动态增强扫描在肾透明细胞癌鉴别诊断中具有较高的应用价值,其参数与 MVD 及 VEGF、Ki-67 表达存在密切关系,因此,临床可通过 CT 动态增强扫描检查对患者进行诊断与评估,并指导患者选择个体化治疗方案,进而延长患者的生命周期。但本研究仍存在一些不足之处:(1)单中心回顾性研究,样本量相对有限,且对照组仅选择了乏脂肪型肾血管平滑肌脂肪瘤,未来需纳入更多类型肾肿瘤(如乳头状肾细胞癌、嫌色细胞癌)及正常肾实质进行对比,以增强结论的普适性;(2)CT 参数的测量虽经过规范流程,但 ROI 选取仍存在主观性,未来可尝试借助人工智能进行自动化定量分析以提高可重复性;(3)皮质期强化率、实质期净增值、实质期强化率之间可能存在高度的多重共线性,若将其分别与病理指标做相关性分析,可能会夸大显著性的数量。针对这些不足,未来仍需进一步深入研究,以确保研究成果具有更强的代表性和可靠性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 魏贤巍:设计研究方案,实施研究过程,论文撰写;刘睿:提出研究思路,分析试验数据、论文审核;李赫、刘海:实施研究过程,资料搜集整理,统计处理,论文修改。

参考文献

- [1] Pezzicoli G, Ciciriello F, Musci V, et al. Genomic profiling and molecular characterization of clear cell renal cell carcinoma[J]. Curr Oncol, 2023, 30(10): 9276-9290.
- [2] Sekino Y, Teishima J, Liang G, et al. Molecular mechanisms of resistance to tyrosine kinase inhibitor in clear cell renal cell carcinoma[J]. Int J Urol, 2022, 29(12): 1419-1428.
- [3] 郝剑文,彭期臻,赵金坤,等.能谱 CT 碘定量分析对不同亚型肾细胞癌的鉴别诊断[J]. 国际医学放射学杂志,

2020,43(3):282-287.

[4] Rathmell W K, Rumble R B, van Veldhuizen P J, et al. Management of metastatic clear cell renal cell carcinoma: ASCO guideline[J]. J Clin Oncol, 2022, 40 (25): 2957-2995.

[5] Kase A M, George D J, Ramalingam S. Clear cell renal cell carcinoma: from biology to treatment[J]. Cancers, 2023,15(3):665.

[6] 张海霞. CT 三期动态增强扫描对早期肾透明细胞癌的诊断价值评价[J]. 中华养生保健, 2021,39(10):188-190.

[7] 钟能枝, 罗威, 彭川. CT 三期动态增强扫描诊断肾癌的临床价值探析[J]. 现代医用影像学, 2023,32(5):893-896.

[8] Kim T M, Ahn H, Lee H J, et al. Differentiating renal epithelioid angiomyolipoma from clear cell carcinoma: using a radiomics model combined with CT imaging characteristics[J]. Abdom Radiol (NY), 2022,47(8):2867-2880.

[9] 李莉娟. 舒尼替尼联合 DC-CIK 对肾癌患者血清 IL-17、VEGF 及 T 细胞的影响及其意义[J]. 实验与检验医学, 2023,41(2):196-199.

[10] 王璐, 付博, 赵丹凤, 等. 肾癌血管新生与肿瘤干细胞的相关性探索[J]. 中华医学杂志, 2021,101(46):3804-3808.

[11] 宋进波. 肾癌手术患者循环肿瘤细胞及 Ki-67 的临床相关研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2021.

[12] 国家癌症中心, 国家肿瘤质控中心肾癌质控专家委员会. 中国肾癌规范诊疗质量控制指标(2022 版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2022,44(12):1256-1261.

[13] 钱安平. 肾细胞癌中 Ki-67 抗原表达与多层螺旋 CT 部分征象的研究分析[J]. 航空航天医学杂志, 2017, 28(1): 67-68.

[14] 刘春光, 王颖, 陈红丹, 等. 肾细胞癌多层螺旋 CT 灌注参数与 MVD、VEGF 和 Ki-67 的相关性分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2022,20(7):115-117.

[15] Moch H, Cubilla A L, Humphrey P A, et al. The 2016 WHO classification of tumours of the urinary system and male genital organs—part A: renal, penile, and testicular tumours[J]. Eur Urol, 2016,70(1):93-105.

[16] 朱刚, 刘圣杰. 2020 版欧洲泌尿外科学会(EAU)肾癌诊疗指南更新解读[J/CD]. 中华腔镜泌尿外科杂志(电子版), 2021,15(1):1-3.

[17] Eldihimi F, Walsh C, Hibbert R M, et al. Evaluation of a multiparametric renal CT algorithm for diagnosis of clear-cell renal cell carcinoma among small (≤ 4 cm) solid renal masses[J]. Eur Radiol, 2024,34(6):3992-4000.

[18] Greco F, Panunzio A, Cerroni L, et al. CT characterization of lipid metabolism in clear cell renal cell carcinoma: relationship between liver Hounsfield unit values and adipose differentiation-related protein gene expression[J]. Int J Mol Sci, 2024,25(23):12587.

[19] van Oostenbrugge T, Mulders P. Targeted PET/CT imaging for clear cell renal cell carcinoma with radiolabeled antibodies: recent developments using girentuximab[J]. Curr Opin Urol, 2021,31(3):249-254.

[20] Dehghani Firouzabadi F, Gopal N, Hasani A, et al. CT radiomics for differentiating fat poor angiomyolipoma from clear cell renal cell carcinoma: systematic review and Meta-analysis[J]. PLoS One, 2023,18(7):e0287299.

[21] 杨金生, 鲁达, 杜晚楠. 多层 CT 动态增强扫描鉴别肾癌常见病理类型的价值[J]. 中国卫生工程学, 2023,22(2): 249-250.

[22] 罗钦红. 螺旋 CT、动态增强磁共振成像在肾癌诊断及术前评估中的价值研究[J]. 影像研究与医学应用, 2023,7 (24):47-49.

[23] 邵玉美, 王峰, 郭勇. 动态增强 CT 联合血清肿瘤标志物检测对肾癌患者诊断效能探讨[J]. 社区医学杂志, 2023, 21(22):1169-1174.

[24] Greco F, Panunzio A, Tafuri A, et al. CT-based radiogenomics of P4HA3 expression in clear cell renal cell carcinoma[J]. Acad Radiol, 2024,31(3):902-908.

[25] Al Nasibi K, Pickovsky J S, Eldehimi F, et al. Development of a multiparametric renal CT algorithm for diagnosis of clear cell renal cell carcinoma among small (≤ 4 cm) solid renal masses[J]. AJR Am J Roentgenol, 2022, 219(5):814-823.

[26] Greco F, Panunzio A, Tafuri A, et al. Radiogenomic features of GIMAP family genes in clear cell renal cell carcinoma: an observational study on CT images[J]. Genes, 2023,14(10):1832.

[27] 史凌波, 李军. 动态增强磁共振成像与 16 层螺旋 CT 对小肾癌诊断及术前评估的价值对比[J]. 影像科学与光化学, 2021,39(2):310-314.

(收稿日期:2025-12-31 修回日期:2026-03-06)
(编辑:李菲菲 王明丰)

(上接第 1938 页)

[29] Jiao X J, Zhang D, Hong Q, et al. Netrin-1 works with UNC5B to regulate angiogenesis in diabetic kidney disease[J]. Front Med, 2020,14(3):293-304.

[30] Adhibha Babu T, Gothwal M, Selvi M K, et al. Role of serum Netrin-1 and urinary kidney injury molecule-1 in risk stratification of preeclampsia [J]. Obstet Gynecol Sci, 2026,69(1):65-71.

[31] Liu H, Feng J G, Tang L L. Early renal structural changes and potential biomarkers in diabetic nephropathy[J]. Front Physiol, 2022,13:1020443.

[32] 杨士雪, 张志红, 龙超, 等. 血清 netrin-1、SDC-1 预测创伤失血性休克患者并发急性肾损伤的临床价值[J]. 临床急诊杂志, 2025,26(12):723-728.

[33] 赵敏, 张菊, 李蓉, 等. 微炎症状态及肠道菌群与老年 2 型糖尿病患者并发糖尿病肾病的关系探讨[J]. 中国医刊, 2024,59(8):861-865.

(收稿日期:2025-12-11 修回日期:2026-04-20)
(编辑:李菲菲 王明丰)