[9] Collins H E, Fulghum K, Mc Nally L A, et al. Abstract 526: Unraveling the molecular signature of pregnancy induced hypertrophy[J]. Circ Res, 2020, 127(Suppl_1): 98-101.
[10] Mondal A, Das S, Samanta J, et al. YAP1 induces hyperglycemic stress-mediated cardiac hypertrophy and fibrosis in an AKT-FOXM1 dependent signaling pathway[J]. Arch Biochem Biophys, 2022, 722: 109198.
[11] Sonaglioni A, Barlocci E, Adda G, et al. The impact of short-term hyperglycemia and obesity on biventricular and biatrial myocardial function assessed by speckle tracking echocardiography in a population of women with gestational diabetes mellitus[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2022, 32(2): 456-468.
[12] Truong V T, Palmer C, Wolking S, et al. Normal left atrial strain and strain rate using cardiac magnetic resonance feature tracking in healthy volunteers[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2020, 21(4): 446-453.
[13] 梅陈. 超声评估中晚孕期妊娠糖尿病孕妇左心功能的可行性研究[D].芜湖:皖南医学院,2023.
[14] Hristova K A, Tselov N, Marinov R, et al. S-52-3: Role of novel echocardiographic methods to detect early myocardial dysfunction in women with preeclampsia[J]. J Hypertens, 2023, 41(Suppl 1): e114-e115.
[15] Nobre De Matos Pereira Vieira M J, Ribeiro D, Craveiro N, et al. 3077Load dependency of left ventricular longitudinal strain by 2D-speckle tracking echocardiography: Myth or reality?[J]. Eur Heart J, 2019, 40(Supplement_1): ehz745.0033.
[16] Thiru S, Ansari F, Cubbon R, et al. Gestational diabetes, preeclampsia and the maternal heart[J]. Eur Heart J, 2022, 43(Supplement_2): ehac544.
[17] Marschner S, Pant A, Henry A, et al. Cardiovascular risk management following gestational diabetes and hypertensive disorders of pregnancy: A narrative review[J]. Med J Aust, 2023, 218(10): 484-491.

收稿日期：2025-12-05
（本文编辑：孙海儿）

基于 Logistic 回归模型评价 CT 增强联合超声预测肾透明细胞癌 WHO/ISUP 分级的价值

吴琼，吕小娇，丁健

【摘要】目的　采用 Logistic 回归模型评价 CT 增强联合超声预测肾透明细胞癌（ccRCC）世界卫生组织/国际泌尿病理学会（WHO/ISUP）分级的价值。**方法**　本文为回顾性观察性研究。选取 2019 年 1 月至 2024 年 1 月期间金华市人民医院收治的 ccRCC 患者 110 例，根据 WHO/ISUP 分级将其分为高级别组（n=35）和低级别组（n=75）。所有患者均行 CT 增强及超声检查，比较两组一般临床资料、CT 增强相关参数及超声相关参数，采用二元 Logistic 回归分析影响 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的危险因素并构建模型，采用受试者工作曲线（ROC）评估预测模型对 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的预测价值。**结果**　两组最大肿瘤直径、皮质期重度强化及血流丰富例数差异均有统计学意义（均 $P<0.05$）；Logistic 回归分析显示肿瘤直径大、皮质期重度强化、血流丰富均为影响 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的危险因素（均 $P<0.05$）。根据回归分析构建模型：logit(P)=1.123×最大肿瘤直径+1.466×皮质期强化程度+1.963×血流情况−8.526。ROC 曲线显示最大肿瘤直径、皮质期强化程度、血流情况及联合预测的曲线下面积（AUC）分别为 0.875、0.684、0.680、0.930，敏感度分别为 0.829、0.714、0.760、0.857，特异度分别为 0.840、0.653、0.600、0.867，联合检测效能最佳，且敏感度和特异度良好。**结论**　WHO/ISUP 分级与肿瘤直径、皮质期强化程度及血流情况有关，联合上述指标构建的预测模型预测效能较高。

【关键词】 Logistic 回归模型；CT 增强；超声检查；肾透明细胞癌；病理分级；预测价值
DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.04.019
【中图分类号】 R737.1　**【文献标志码】** A　**【文章编号】** 1671-0800(2026)04-0422-05

肾透明细胞癌（clear cell renal cell carcinoma，ccRCC）是肾细胞癌（renal cell carcinoma，RCC）最常见的亚型，其恶性程度与预后密切相关。世界卫生组织（world health organizition，WHO）/国际泌尿病理学会（international society of urological pathology，ISUP）分级系统作为评估 ccRCC 侵袭性和制定治疗方案的重要依据，其分级依赖术后病理[1]。然而，术

作者单位： 321000 金华，金华市人民医院
通信作者： 吴琼，Email：shuaitu100hao@163.com

前无创预测肿瘤分级对优化治疗决策、避免过度医疗具有重要意义。影像学技术如 CT 增强和超声造影（contrast-enhanced ultrasonography，CEUS）是临床常用的无创检查手段，但单独应用时预测分级的准确性有限[2]。近年来，多模态影像联合分析逐渐受到关注。CT 增强可清晰显示肿瘤形态、强化特征及周围组织关系，而超声造影能动态评估肿瘤血流灌注特点，二者在反映肿瘤生物学行为上具有互补性 [3-4]。尽管已有研究探索单一影像模态对 ccRCC 分级的预测价值，但联合 CT 增强与超声的多参数分析仍缺乏系统性评估。本研究旨在通过 Logistic 回归分析，构建基于 CT 增强影像特征与超声参数的联合预测模型，验证其对 ccRCC WHO/ISUP 分级的术前预测价值，以期为临床提供精准、无创的分级评估工具，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　本文为回顾性观察性研究。选取 2019 年 1 月至 2024 年 1 月期间金华市人民医院收治的 ccRCC 患者 110 例。纳入标准：（1）经术后病理证实为单侧单发 ccRCC，并完成 WHO/ISUP 分级[5]；（2）术前 2 周内完成肾脏 CT 增强三期扫描（平扫+皮质期+髓质期+排泄期）及超声造影检查，影像资料可溯源；（3）未接受过肾癌相关新辅助治疗（如靶向药物、免疫治疗或肾动脉栓塞）；（4）具备术前肾功能、血常规及肿瘤标志物检测记录；（5）年龄 18 ～ 75 岁，无严重心肺功能障碍。排除标准：（1）非 ccRCC 病理类型（如乳头状肾癌、嫌色细胞癌或混合型肾癌）；（2）肿瘤最大径＜ 1 cm 或＞ 10 cm；（3）存在第二原发恶性肿瘤；（4）临床资料不完整；（5）术前 6 个月内有活动性感染、自身免疫病或凝血障碍；（6）术前接受过肾穿刺活检。本研究获得金华市人民医院医学伦理委员会批准（金华市人民医院伦审 2025 研第 111 号），免除知情同意。

1.2　方法

1.2.1　CT 增强检查　采用 Canon Aquilion ONE Genesis 320 层 CT 扫描仪进行检查，患者取仰卧位足先进，双臂上举以减少运动伪影，扫描前进行个性化呼吸屏气训练以确保扫描期间呼吸动度控制。扫描范围覆盖胸 10 椎体下缘至骶 1 椎体上缘，完整包含双肾及腹膜后淋巴结区，平扫采用自适应管电压技术结合噪声指数 12[参考毫安秒（milliampere-second，mAs）范围 80 ～ 150]，层厚/间距设为 3 mm。增强扫描使用双筒高压注射器经肘前静脉注入非离子型碘对比剂（碘克沙醇 320 mgI/ml），剂量 0.8 ml/kg，流率 3.0 ～ 5.0 ml/s，随后追加 40 ml 0.9%氯化钠注射液，皮质期通过智能触发技术（腹主动脉阈值 120 HU）获取，延迟时间 25 ～ 40 s，实质期采用皮质期后固定延迟 90 s。结果由两名 10 年以上年资不知情腹部放射科医师进行评估，若出现意见分歧，则邀请第三位资深医师独立复审，并通过讨论达成一致。评估项目涉及肿瘤的所在部位，大小，形状轮廓，边界状态，假包膜状况，有无囊变、坏死、钙化现象，肿瘤血管情形及皮质期强化程度等。

1.2.2　超声检查　采用 Siemens Sequioa 超声诊断平台及配套多维分析工作站进行检查，配备 SC6-1N 宽频凸阵探头（频率 4.0 ～ 6.0 MHz），启用肾脏肿瘤智能扫描模式。检查前根据患者体质量指数自动优化频率、焦点数量及深度，动态调节彩色增益、壁滤波阈值及取样框角度，以获取高对比度的二维声像图及敏感血流信号。患者取多体位联合扫查（仰卧位结合左右侧卧位），系统观察双肾形态，重点记录肿瘤空间定位、体积参数及超声特征（包括边缘锐利度、包膜连续性、回声质地、囊变比例、钙化形态及出血征象）。通过多平面动态追踪评估肿瘤与肾盂系统、肾周间隙及邻近结构的解剖关系，重点筛查淋巴结转移及静脉侵犯征象。彩色多普勒血流成像采用超高敏感模式，多切面连续观察肿瘤血供模式，参照改良血流分级标准：0 级（无血流信号），Ⅰ级（1 ～ 2 个点状血流），Ⅱ级（3 ～ 4 个点状血流或 1 条穿支血管），Ⅲ级（≥5 个点状血流或≥2 条穿支血管），其中 0 ～ Ⅱ级为血流不丰富，Ⅲ级为血流丰富，见图 1 ～ 2。由两名具有 10 年以上泌尿生殖系超声诊疗经验的副高级职称医师独立分析，若对血流分级存在分歧（＞ 1 级差异），需结合弹性成像应变率比值或超声造影时间-强度曲线进行二次评估，最终通过交叉验证达成诊断共识。

1.3　统计方法　采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。计数资料采用检验；计量资料以均数±标准差表示，行 t 检验；采用二元 Logistic 回归分析影响 ccRCC

患者高 WHO/ISUP 级别的危险因素并构建模型，采用受试者工作特征（ROC）曲线评估预测模型对 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的预测价值。$P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组一般资料、CT 增强、超声相关参数比较　两组年龄、性别、体质量指数、病变部位、边界、假包膜、囊变及肿瘤血管差异均无统计学意义（均 $P>0.05$）。高级别组最大肿瘤直径、皮质期强化程度为重度的比例、血流情况为丰富的比例均高于低级别组，差异均有统计学意义（均 $P<0.05$），见表 1。

2.2　Logistic 回归分析　将 ccRCC 患者 WHO/ISUP 级别的情况作为因变量（1=高级别组，0=低级别组），将单因素分析中有统计学意义的指标作为自变量，变量赋值见表 2，纳入二元 Logistics 回归模型，结果显示肿瘤直径大、皮质期重度强化、血流情况丰富均为影响 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的危险因素（均 $P<0.05$），见表 3。

2.3　模型构建及预测效能分析　根据回归分析构建模型：$\text{logit}(P)=1.123\times$最大肿瘤直径$+1.466\times$皮质期强化程度$+1.963\times$血流情况$-8.526$。ROC 曲线显示最大肿瘤直径、皮质期强化程度、血流情况、联合预测的曲线下面积（*AUC*）分别为 0.875、0.684、0.680、0.930，敏感度分别为 0.829、0.714、0.760、0.857，特异度分别为 0.840、0.653、0.600、0.867。联合预测效能最佳，见图 3。

3　讨论

RCC 作为全球范围内常见的泌尿系统恶性肿瘤，其发病率和死亡率呈现上升趋势。据全球癌症统计数据显示，RCC 每年新发病例超过 40 万例，死

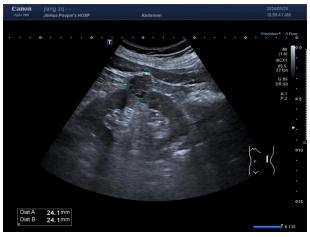


图 1　世界卫生组织/国际泌尿病理学会分级：G2

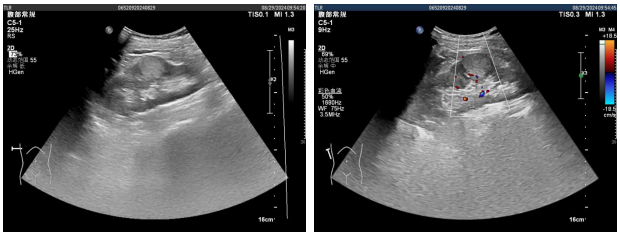


图 2　世界卫生组织/国际泌尿病理学会分级：G3

表 1　两组一般资料、CT 增强、超声相关参数比较

指标		高级别组（n=35）	低级别组（n=75）	χ^2（t）值	P 值
年龄（岁）		60.3±5.8	60.3±5.7	（0.029）	＞0.05
性别[例（%）]	男	19（54.29）	38（50.67）	0.125	＞0.05
	女	16（45.71）	37（49.33）		
体质量指数（kg/m²）		23.31±1.84	23.27±1.65	（0.123）	＞0.05
病变部位[例（%）]	左肾	20（57.14）	42（56.00）	0.013	＞0.05
	右肾	15（42.86）	33（44.00）		
最大肿瘤直径（cm）		6.59±1.36	4.19±1.59	（7.710）	＜0.05
边界[例（%）]	清晰	27（77.14）	55（73.33）	0.183	＞0.05
	不清晰	8（22.86）	20（26.67）		
假包膜[例（%）]	有	25（71.43）	51（68.00）	0.131	＞0.05
	无	10（28.57）	24（32.00）		
囊变[例（%）]	无或少量	31（88.57）	63（84.00）	0.401	＞0.05
	大量	4（11.43）	12（16.00）		
钙化[例（%）]	有	11（31.43）	22（29.33）	0.050	＞0.05
	无	24（68.57）	53（70.67）		
肿瘤血管[例（%）]	有	19（54.29）	40（53.33）	0.009	＞0.05
	无	16（45.71）	35（46.67）		
皮质期强化程度[例（%）]	轻中度	10（28.57）	49（65.33）	12.969	＜0.05
	重度	25（71.43）	26（34.67）		
血流情况[例（%）]	丰富	21（60.00）	18（24.00）	13.515	＜0.05
	不丰富	14（40.00）	57（76.00）		

亡病例接近 18 万例，其中 ccRCC 占比高达 70%～80%，是 RCC 最主要的病理亚型[6-7]。ccRCC 的恶性程度与其病理分级密切相关，高级别肿瘤具有更强的侵袭性和转移潜能，患者 5 年生存率显著低于低级别肿瘤[8]。因此，早期识别肿瘤分期、准确评估生物学行为对制定个体化治疗方案及改善预后至关重要。

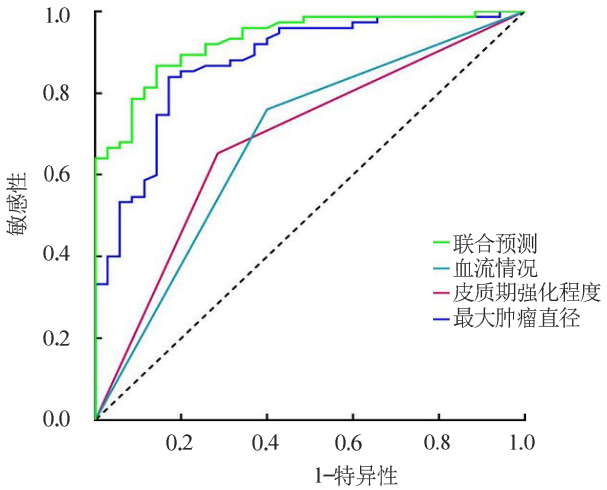
本研究发现，肿瘤直径大是影响 ccRCC 高级别的危险因素。首先，肿瘤最大直径作为危险因素，反映了肿瘤生长时间与侵袭性的累积效应[9]。较大的肿瘤通常具有更长的自然病程，累积了更多的基因突变和表观遗传改变，导致细胞异型性增加和侵袭性增强[10]；此外，肿瘤体积增大常伴随内部血管生成异常和缺氧区域扩大，进一步促进恶性进展[11]。皮质期重度强化与肿瘤血管生成及血供模式密切相关，其强化程度反映了肿瘤血管的通透性和血流灌注情况[12]。高级别肿瘤常因新生血管生成紊乱，表现为“快进快出”或“持续强化”等异质性强化模式[13]。本研究高级别组皮质期重度强化比例更高（$P < 0.05$），这与梅超等[14]研究结论一致。皮质期重度强化为影响 ccRCC 高 WHO/ISUP 级别的危险因素（$P < 0.05$），从机制上分析，肿瘤血管生成因子在 ccRCC 中过表达，促进血管通透性增加和异常血管生成，导致强化程度增强[15]。然而，需要注意的是，部分高级别肿瘤因坏死区无功能血管存在，可能出现局部强化减弱，导致整体强化模式复杂化[16]。本研究还显示，血流情况丰富是影响 ccRCC 高级别的危险因素（$P < 0.05$），这是因为高级别的 ccRCC 更具侵袭性，肿瘤细胞生长迅速、增殖活跃且易转移，其高度活跃的生物学行为需要大量营养物质和氧气来支撑，而丰富的血流能够为肿瘤细胞提供充足养分与氧气以满足其快速生长和代谢需求[17]；同时，高级别 ccRCC 诱导血管生成的能力强，可分泌血管内皮生长因子、碱性成纤维细胞生长因子等多种血管生成因子，刺激周围血管内皮细胞增殖、迁移和管腔形成，促进肿瘤内部新生血管大量生成[18-19]；反观低级别 ccRCC，生长相对缓慢，肿瘤细胞增殖速度低，对营养物质和氧气需求少，血流情况相对不丰富，所以血流情况丰富成为影响 ccRCC 高级别的危险因素[20]。

本研究根据回归分析构建模型，建立 ROC 曲线分析相关指标及联合预测 ccRCC 患者高级别的价值，结果显示联合最大肿瘤直径、皮质期强化程度、血流情况进行预测的 *AUC* 最高，为 0.930，表明联合多指标预测的效能最佳，且敏感度和特异度良好。这一优势源于多模态影像的协同作用：CT 增强扫描提供肿瘤直径、强化模式等解剖信息，弥补超声对深部组织分辨率的不足；超声检查实时评估血流动力学，捕捉肿瘤血管功能状态，弥补 CT 对血流分析的局限性。该模型可辅助术前无创性评估肿瘤分级，优化治疗方案选择[21]。

综上所述，CT 增强联合超声通过 Logistic 模型可有效预测 ccRCC 的 WHO/ISUP 分级，肿瘤直径

表 2　自变量赋值

可疑影响因素	赋值
最大肿瘤直径	连续变量，直接纳入
皮质期强化程度	0=轻中度；1=重度
血流情况	0=不丰富；1=丰富



注：ccRCC 为肾透明细胞癌，WHO/ISUP 为世界卫生组织/国际泌尿病理学会

图 3　预测 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的 ROC 曲线分析图

表 3　影响 ccRCC 患者高 WHO/ISUP 级别的二元 Logistic 回归分析

变量	*B* 值	*SE* 值	*Wald* 值	*P* 值	*OR*（95%*CI*）
最大肿瘤直径	1.123	0.230	23.817	＜0.05	3.074（1.958～4.826）
皮质期强化程度	1.466	0.632	5.376	＜0.05	4.330（1.254～14.949）
血流情况	1.963	0.636	9.513	＜0.05	7.118（2.045～2.773）
常量	−8.526	1.550	30.254	＜0.05	—

注：ccRCC 为肾透明细胞癌，WHO/ISUP 为世界卫生组织/国际泌尿病理学会

大、皮质期重度强化及血流情况为丰富为高级别的危险因素，联合预测效能优于单一指标，敏感度和特异度均较高，提示多参数综合评估能提升临床分级预测的准确性。然而，本研究尚存在一定局限性：（1）研究为单中心回顾性设计，可能存在选择偏倚，影响模型的外部适用性，未来需通过多中心前瞻性研究进一步验证；（2）样本量较小且组间分布不均衡（低级别组 75 例，高级别组 35 例），可能影响模型的稳定性和泛化能力，后续需扩大样本量并平衡组间分布以提高统计效能；（3）影像特征的评估虽经一致性检验，仍存在一定主观性，未来可结合影像组学等定量方法予以补充。未来研究可通过整合多中心数据、扩大样本规模、纳入更多影像与临床参数等方式，进一步优化预测模型。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　吴琼，吕小娇：实验操作，论文撰写；丁健：数据整理，统计学分析；吴琼：研究指导，论文修改，经费支持

参　考　文　献

[1] Stolpa W, Strek-Cholewińska A, Mizia-Malarz A. Clear cell renal cell carcinoma, diagnostic and therapeutic difficulties, case report and literature review[J]. Medicina, 2022, 58(10): 1329.

[2] Saout J R, Lecuyer G, Léonard S, et al. Single-cell deconvolution of a specific malignant cell population as a poor prognostic biomarker in low-risk clear cell renal cell carcinoma patients[J]. Eur Urol, 2023, 83(5): 441-451.

[3] 赵才勇,陈超,李伟伟,等.基于 CT 征象和影像组学特征构建 T1 期肾透明细胞癌核分级预测模型[J].中华肿瘤杂志, 2025, 47(2): 168-174.

[4] 许导靖,张虎,徐家军,等.超声联合外周血炎症指标列线图预测肾透明细胞癌 WHO/ISUP 分级[J].皖南医学院学报, 2024, 43(3): 262-266.

[5] Choi J, Bang S, Suh J, et al. Survival pattern of metastatic renal cell carcinoma patients according to WHO/ISUP grade: A long-term multi-institutional study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 4740.

[6] 马小锋,刘钰苇,徐礼侠,等.CT 影像组学在肾透明细胞癌 Fuhrman 分级中的应用价值[J].川北医学院学报, 2024, 39(10):1333-1337.

[7] 郑闪,叶雄俊,左杰,等.2022 年版世界卫生组织肾肿瘤病理分类更新的解读及再认识[J].肿瘤研究与临床, 2023,35(6):401-407.

[8] 马慧,双卫兵.肾细胞癌患者术前血液学参数预后价值的研究进展[J].现代泌尿生殖肿瘤杂志, 2023, 15(5):257-260.

[9] 张晓金,翟建,张虎,等.CT 增强定量参数预测肾透明细胞癌 WHO/ISUP 分级[J].CT 理论与应用研究, 2023, 32(6):746-752.

[10] Shen J C, Zou Y H. Diagnostic value of contrast-enhanced CT in clear cell renal cell carcinoma: A systematic review and meta-analysis[J]. BMC Urol, 2024, 24(1): 189.

[11] Zhu W J, Zheng G Y, Yan X C, et al. Diagnostic efficacy of [^{68}Ga] Ga-NY104 PET/CT to identify clear cell renal cell carcinoma[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 51(13): 4127-4133.

[12] 吴翔,杨焕程,管亿欣,等.基于多尺度 3D-CT 特征预测肾细胞癌组织亚型和 WHO/ISUP 分级模型的构建与验证[J].临床放射学杂志, 2024, 43(6):971-976.

[13] 陈薏帆,朱俊辉,周伟,等.MSCT 征象及强化参数预测 T1 期肾透明细胞癌 Fuhrman 病理分级[J].临床放射学杂志, 2023, 42(10): 1618-1624.

[14] 梅超,朱庆强,叶靖,等.增强 CT 影像组学对肾透明细胞癌恶性程度的鉴别[J].中国 CT 和 MRI 杂志, 2024, 22(4):112-115.

[15] 龚义军,王嗣伟,李若梅,等.CT 三期增强扫描对 T1a 期肾透明细胞癌的诊断价值[J].安徽医药, 2023, 27(5):963-966.

[16] Nie P, Yang G J, Wang Y M, et al. A CT-based deep learning radiomics nomogram outperforms the existing prognostic models for outcome prediction in clear cell renal cell carcinoma: A multi-center study[J]. Eur Radiol, 2023, 33(12): 8858-8868.

[17] 曾浩扬,杨焕程,刘伟豪,等.基于 CT 多维度解剖特征构建的肾细胞癌手术风险预测模型的研究[J].临床放射学杂志, 2024, 43(11): 1934-1939.

[18] 吴珍珍,张永东,邹晓娟,等.超声造影联合增强 CT 在肾肿瘤术前诊断中的应用价值[J].海南医学, 2023, 34(19):2851-2855.

[19] 冯若璇,钱林学.超声造影对肾透明细胞癌侵袭性的预测价值[J].中国医学装备, 2024, 21(8):80-83.

[20] 王磊,何年安,叶显俊,等.肾透明细胞癌的常规超声及超声造影声像图表现特征及鉴别诊断分析[J].河北医学, 2023, 29(7): 1120-1126.

[21] Zhu Y F, Liu M L, Zheng W T, et al. Predictive model of CK7 expression in patients with clear cell renal cell carcinoma by combined multimodal ultrasound diagnostic techniques: A retrospective study[J]. Ultrasound Med Biol, 2024, 50(4): 520-527.

收稿日期：2025-12-23

（本文编辑：吴迪汉）