·论著·

超声联合影像组学在肾透明细胞癌核分级中的预测价值

林泓钊[1],李宁[1],解婷婷[2],王艺桦[1],张曼[1],张莹[1],陈曦[3],张树华[1]
(1. 华北理工大学附属医院超声科,河北 唐山 063000; 2. 天津医科大学第二医院超声科,天津 300211; 3. 华北理工大学附属医院泌尿外科,河北 唐山 063000)

摘要 目的 探讨超声、影像组学及二者联合在术前预测肾透明细胞癌(ccRCC)世界卫生组织/国际泌尿病理学会(WHO/ISUP)核分级中的诊断价值。**方法** 选取华北理工大学附属医院经病理确诊的186例ccRCC患者的临床及超声资料,按7∶3分为训练集(131例)和内部验证集(55例),同期选取天津医科大学第二医院的62例ccRCC患者作为外部验证集;训练集患者肿物特征用于建立模型,训练集、内部验证集及外部验证集肿物均用于评价模型的诊断效能。应用WHO/ISUP核分级系统将训练集分为低级别组(Ⅰ、Ⅱ级,85例)和高级别组(Ⅲ、Ⅳ级,46例),使用单因素分析筛选有统计学差异的超声特征。使用3D-Slicer软件勾画肿物边界、提取影像组学特征,经组内相关系数检验剔除重复性差的特征后,使用最小绝对收缩和选择算子(LASSO)完成影像组学特征降维。对筛选及降维后的超声及影像组学特征行多重共线性诊断,剔除共线性高的特征。通过二元logistic回归建立超声、影像组学及二者联合模型,应用受试者操作特征(ROC)曲线分析预测效果。**结果** 训练集中低级别组与高级别组病灶大小差异有统计学意义($P < 0.05$);经组内相关系数检验、LASSO回归及多重共线性诊断后,最终保留5个影像组学特征。联合预测模型在训练集、内部验证集及外部验证集的AUC分别为0.815、0.732、0.792,展现出最优的诊断效能。**结论** 3种模型均可有效预测ccRCC核分级,联合模型的诊断效能最高,为术前评估提供了新依据。

关键词 肾透明细胞癌; 超声; 影像组学; 联合模型
中图分类号 R445.1 **文献标志码** A **文章编号** 0258-4646(2026)10-0915-06
网络出版地址 https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20261020.1216.004
DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2026.10.009

Value of ultrasound combined with radiomics for predicting the nuclear grade of clear cell renal cell carcinoma

LIN Hongzhao[1], LI Ning[1], XIE Tingting[2], WANG Yihua[1], ZHANG Man[1], ZHANG Ying[1], CHEN Xi[3], ZHANG Shuhua[1]
(1. Department of Ultrasound, North China University of Science and Technology Affiliated Hospital, Tangshan 063000, China; 2. Department of Ultrasound, The Second Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300211, China; 3. Department of Urology, North China University of Science and Technology Affiliated Hospital, Tangshan 063000, China)

Abstract Objective To evaluate the diagnostic value of ultrasound, radiomics, and their combination for preoperative prediction of the World Health Organization/International Society of Urological Pathology (WHO/ISUP) nuclear grade in clear cell renal cell carcinoma (ccRCC). **Methods** Clinical and ultrasound data from 186 pathologically confirmed ccRCC patients at the Affiliated Hospital of North China University of Science and Technology were retrospectively collected and divided into a training set ($n = 131$) and an internal validation set ($n = 55$) at a 7∶3 ratio. An additional 62 ccRCC patients from the Second Hospital of Tianjin Medical University served as the external validation set. Model development was performed using the training set, and diagnostic performance was assessed in all three cohorts. According to the WHO/ISUP grading system, lesions in the training set were classified as low grade (grades Ⅰ–Ⅱ, $n = 85$) or high grade (grades Ⅲ–Ⅳ, $n = 46$). Ultrasound features with significant between-group differences were identified by univariate analysis. Tumor boundaries were segmented using 3D-Slicer, and radiomics features were extracted. Features with poor reproducibility were excluded using the intraclass correlation coefficient (ICC). The least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression was then applied for feature selection. Multicollinearity analysis was performed to remove highly correlated ultrasound and radiomics features. Binary logistic regression was used to construct ultrasound, radiomics, and combined models. Predictive performance was evaluated using receiver operating characteristic curve analysis. **Results** In the training set, lesion size differed significantly between the low-grade and high-grade groups ($P < 0.05$). After ICC testing, LASSO feature selection, and multicollinearity analysis, five radiomics features were

基金项目: 河北省医学科学研究课题计划(20271052);河北省级研究生精品课程、专业学位精品教学案例(库)立项建设项目(KCJPZ2023030)
作者简介: 林泓钊(1999-),男,医师,本科.
通信作者: 张树华,E-mail:shuhuazhang333@126.com
收稿日期: 2025-09-17
网络出版时间: 2026-10-20 16:03:55

retained. The combined model demonstrated the best diagnostic performance, with area under the curve values of 0.815, 0.732, and 0.792 in the training, internal validation, and external validation sets, respectively. **Conclusion** All three models effectively predicted ccRCC nuclear grade. The combined ultrasound-radiomics model showed the highest diagnostic performance and may provide additional support for preoperative assessment.

Keywords clear cell renal cell carcinoma; ultrasound; radiomics; combined model

肾透明细胞癌（clear cell renal cell carcinoma，ccRCC）是最常见的肾脏恶性肿瘤，约占肾脏恶性肿瘤的70%~90%[1-2]。世界卫生组织/国际泌尿病理学会（World Health Organization/International Society of Urological Pathology，WHO/ISUP）核分级系统已被广泛证明是ccRCC的独立预后因素[3-4]。大多数ccRCC采用根治性肾切除术进行治疗，低级别ccRCC则可以选择肾部分切除术及射频消融术，因此，术前准确判断ccRCC核分级对临床医生选择治疗方案和预后评估至关重要。现有影像组学研究多基于CT、MRI图像[5]，超声相关研究较少，且多为单中心设计，泛化能力有限。本研究通过构建双中心预测模型，评估其对ccRCC核分级的术前预测价值，旨在为临床诊疗提供参考。

1　材料与方法

1.1　研究对象

选取2018年5月至2024年12月间华北理工大学附属医院和天津医科大学第二医院收治的ccRCC患者248例。华北理工大学附属医院的186例患者按7∶3随机分为训练集（131例）和内部验证集（55例），天津医科大学第二医院的62例患者作为外部验证集。根据WHO/ISUP核分级[2]，将Ⅰ、Ⅱ级定义为低级别，Ⅲ、Ⅳ级定义为高级别[6]。训练集用于建模，3个数据集均用于评价模型的诊断效能。

纳入标准：（1）术后病理确诊为ccRCC，WHO/ISUP核分级明确；（2）术前1周行超声检查，图像质量满足分析；（3）无其他肿瘤病史；（4）术前未接受抗肿瘤治疗。排除标准：（1）超声图像质量差，无法提取稳定的影像组学特征；（2）病理资料不全，无明确核分级。本研究获得华北理工大学附属医院、天津医科大学第二医院伦理委员会批准（SQ2025029，KY2025K376）。

1.2　方法

1.2.1　临床资料收集：查阅病历，记录患者年龄、性别及病史。

1.2.2　超声仪器与操作方法：

1.2.2.1　仪器　应用日本佳能医疗系统株式会社Apolio i800、荷兰皇家飞利浦有限公司EPIQ5与EPIQ7C、韩国三星麦迪逊有限公司WS80A超声诊断仪进行肾脏超声检查。

1.2.2.2　操作方法　患者取仰卧、侧卧或俯卧位，充分暴露患侧腰部，行多平面扫查，采集肿瘤最大直径切面。记录病灶位置、大小、内部成分、边界是否清晰、是否凸向肾外、内部有无钙化、囊变及血流。检查均由有8年以上经验的超声科医师完成。

1.2.3　影像组学处理及分析：使用3D-Slicer 5.2.2软件勾画感兴趣区域（region of interest，ROI），使用Radiomics插件在原始图像及小波滤波转换图像上提取形状特征、一阶、二阶及高阶统计特征。进行Z-score标准化，然后利用最小绝对收缩和选择算子（least absolute shrinkage and selection operator，LASSO）回归进行特征降维筛选。所有操作由2名有10年以上经验的医师在盲法下完成，意见不一致时由上级医师裁定；以组内相关系数（interclass correlation coefficient，ICC）>0.75为特征稳定性良好。

1.3　统计学分析

应用SPSS 27.0软件、R软件（4.5.0）及Python 3.8.5软件分析数据。计量资料均符合正态分布，以$\bar{x} \pm s$表示，2组比较使用独立样本t检验，多组间比较采用单因素方差分析；计数资料以率（%）表示，2组比较采用χ^2检验或Fisher确切概率法，多组间比较采用χ^2检验。采用单因素检验筛选组间差异显著的临床及超声特征；使用LASSO回归降维筛选影像组学特征。对筛选出的特征进行多重共线性诊断，认为方差膨胀因子（variance inflation factor，VIF）>5的特征存在共线性[7]，需剔除。以二元logistic回归构建预测模型，并应用受试者操作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线分析预测模型的诊断价值。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2　结果

2.1　训练集、内部验证集、外部验证集患者临床及超声特征比较

3个数据集病灶内部回声、回声是否均匀、形态是否规整差异有统计学意义（$P<0.05$），后续分析予以排除；其余临床、超声特征及病理核分级组间差异无统计学意义（$P>0.05$），见表1。

表1　训练集、内部验证集与外部验证集患者临床及超声特征比较

Tab.1　Comparison of clinical and conventional ultrasound characteristics among patients in the training，internal validation，and external validation sets

Item	Training set (n = 131)	Internal validation set (n = 55)	External validation set (n = 62)	χ^2/F	P
Age (year)	60.37 ± 10.44	62.44 ± 9.79	61.55 ± 10.87	0.836	0.435
Sex [n (%)]				1.132	0.568
Male	93 (70.99)	40 (72.73)	40 (64.52)		
Female	38 (29.01)	15 (27.27)	22 (35.48)		
Lesion location [n (%)]				0.165	0.921
Left	75 (57.25)	30 (54.55)	36 (58.06)		
Right	56 (42.75)	25 (45.45)	26 (41.94)		
Lesion size [n (%)]				0.557	0.757
>4 cm	77 (58.78)	30 (54.55)	38 (61.29)		
≤4 cm	54 (41.22)	25 (45.45)	24 (38.71)		
Internal echogenicity [n (%)]				9.954	0.041
Hypoechoic	17 (12.98)	9 (16.36)	18 (29.03)		
Isoechoic	65 (49.62)	23 (41.82)	19 (30.65)		
Hyperechoic	49 (37.40)	23 (41.82)	25 (40.32)		
Internal composition [n (%)]				0.990	0.610
Solid	91 (69.47)	41 (74.55)	41 (66.13)		
Cystic-solid	40 (30.53)	14 (25.45)	21 (33.87)		
Echo homogeneity [n (%)]				6.975	0.031
Yes	45 (34.35)	24 (43.64)	13 (20.97)		
No	86 (65.65)	31 (56.36)	49 (79.03)		
Morphological regularity [n (%)]				9.199	0.010
Yes	72 (54.96)	32 (58.18)	21 (33.87)		
No	59 (45.04)	23 (41.82)	41 (66.13)		
Margin clarity [n (%)]				0.391	0.822
Yes	93 (70.99)	38 (69.09)	46 (74.19)		
No	38 (29.01)	17 (30.91)	16 (25.81)		
Extrarenal protrusion [n (%)]				4.438	0.114
Yes	127 (96.95)	49 (89.09)	59 (95.16)		
No	4 (3.05)	6 (10.91)	3 (4.84)		
Internal calcification [n (%)]				2.046	0.373
Yes	7 (5.34)	6 (10.91)	5 (8.06)		
No	124 (94.66)	49 (89.09)	57 (91.94)		
Internal cystic change [n (%)]				0.990	0.610
Yes	40 (30.53)	14 (25.45)	21 (33.87)		
No	91 (69.47)	41 (74.55)	41 (66.13)		
Lesion vascularity [n (%)]				2.861	0.198
Yes	125 (95.42)	54 (98.18)	62 (100)		
No	6 (4.58)	1 (1.82)	0 (0)		

（续表）

Item	Training set（n = 131）	Internal validation set（n = 55）	External validation set（n = 62）	χ^2/F	P
Pathological grade［n（%）］				0.659	0.719
Low-grade tumor	85（64.89）	39（70.91）	42（67.74）		
High-grade tumor	46（35.11）	16（29.09）	20（32.26）		

2.2　训练集低级别组与高级别组临床及超声特征比较

训练集中，低级别组与高级别组仅病灶大小差异有统计学意义（P < 0.05），其余临床及超声特征组间均无统计学差异（P均>0.05），见表2。

2.3　ccRCC核分级相关影像组学特征筛选

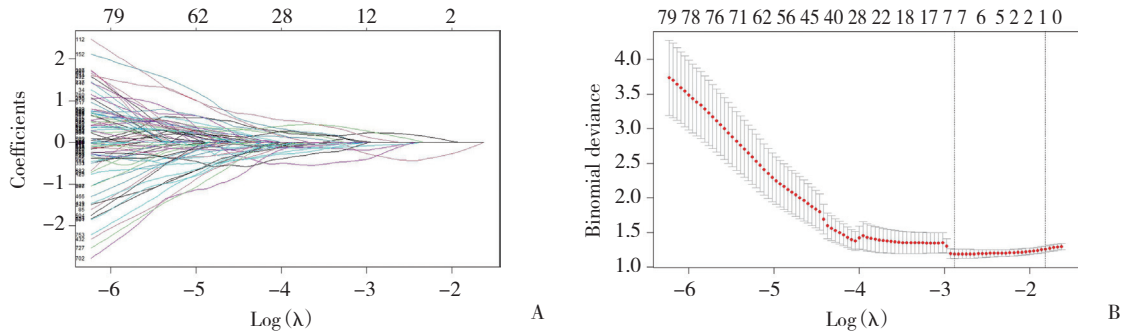
表2　训练集中低级别组与高级别组临床及超声特征比较

Tab.2　Comparison of clinical and conventional ultrasound characteristics between low-grade and high-grade groups in the training set

Item	Low-grade group（n = 85）	High-grade group（n = 46）	χ^2/t	P
Age（year）	59.52 ± 11.06	61.93 ± 9.08	−1.268	0.207
Sex［n（%）］			0.894	0.345
Male	58（68.24）	35（76.09）		
Female	27（31.76）	11（23.91）		
Lesion location［n（%）］			0.747	0.387
Left	51（60.00）	24（52.17）		
Right	34（40.00）	22（47.83）		
Lesion size［n（%）］			23.232	<0.001
>4 cm	37（43.53）	40（86.96）		
≤4 cm	48（56.47）	6（13.04）		
Internal composition［n（%）］			0.144	0.705
Solid	60（70.59）	31（67.39）		
Cystic-solid	25（29.41）	15（32.61）		
Margin clarity［n（%）］			0.446	0.504
Yes	62（72.94）	31（67.39）		
No	23（27.06）	15（32.61）		
Extrarenal protrusion［n（%）］			2.233	0.135
Yes	81（95.29）	46（100）		
No	4（4.71）	0（0）		
Internal calcification［n（%）］			0.000	1.000
Yes	5（5.88）	2（4.35）		
No	80（94.12）	44（95.65）		
Internal cystic change［n（%）］			0.144	0.705
Yes	25（29.41）	15（32.61）		
No	60（70.59）	31（67.39）		
Lesion vascularity［n（%）］			0.000	1.000
Yes	81（95.29）	44（95.65）		
No	4（4.71）	2（4.35）		

共提取影像组学特征849个，在删除ICC<0.75的特征之后，共有769个纳入研究。行LASSO回归分析，采用10折交叉验证确定最优λ值，最终筛选得到7个回归系数非零的特征，见图1。

2.4　训练集ccRCC核分级独立影响因素的二元logistic回归分析



A, LASSO coefficient path plot of radiomics features; B, Optimal λ selection by 10-fold cross-validation.

图1　LASSO算法选择影像组学特征的收敛图和系数图

Fig.1　Convergence and coefficient plots of radiomics features selected using the LASSO algorithm

对超声及影像组学特征行多重共线性诊断，结果显示，Original_shape_Sphericity、Original_ngtdm_Strength的VIF>5，视为存在潜在共线性问题，需剔除。以训练集ccRCC核分级为因变量，以病灶大小及筛选得到的5个影像组学特征为自变量，进行二元logistic回归分析，结果显示，病灶大小、Original_gldm_DependenceNonUniformityNormalized、Original_gldm_LargeDependenceHighGrayLevelEmphasis、Wavelet_LLH_glcm_Imc2为ccRCC核分级的独立影响因素，见表3。

表3　训练集ccRCC患者超声联合影像组学特征二元logistic回归分析

Tab.3　Binary logistic regression analysis of combined ultrasound-radiomics features in the training ccRCC cohort

Variable	*β*	*P*	*OR*	95%*CI*
Original_gldm_DependenceNonUniformityNormalized	−0.605	0.046	0.546	0.301–0.989
Original_gldm_LargeDependenceHighGrayLevelEmphasis	0.607	0.026	1.834	1.075–3.129
Wavelet_LLH_firstorder_Maximum	0.236	0.467	1.266	0.670–2.391
Wavelet_LLH_glcm_Imc2	−1.175	0.007	0.309	0.131–0.727
Wavelet_LHH_firstorder_Kurtosis	0.422	0.097	1.525	0.926–2.512
Lesion size	−1.203	0.032	0.300	0.100–0.899
Constant	0.529	0.498	1.697	–

2.5　超声、影像组学及联合预测模型诊断效能比较

分别构建超声、影像组学及二者联合模型，并绘制ROC曲线，分析其在3个数据集中的诊断价值，结果显示，超声、影像组学及二者联合模型均可有效预测ccRCC核分级，联合预测模型的诊断效能最高，同时具有较高的灵敏度、特异度及准确度，见表4、图2。

3　讨论

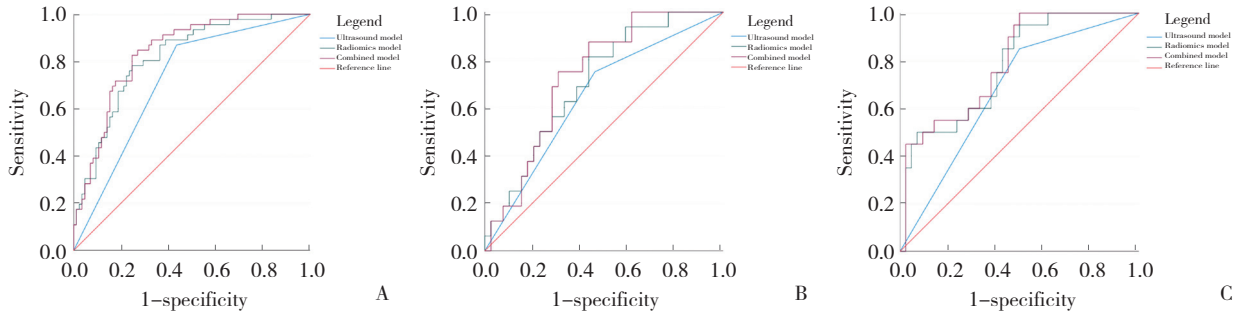
术前明确ccRCC核分级主要依赖经皮穿刺活检，但该方法侵入性强，易导致取样偏差和出血等并发症[8]。超声及超声造影可预测ccRCC核分级，但易受医师经验及主观视觉影响，诊断结果差异较大。影像组学可提取医学影像的高通量定量特征，客观量化肿瘤内部异质性，在甲状腺癌、乳腺癌、胃肠肿瘤等疾病的诊断鉴别中展现出巨大潜力[9]。现有基于CT/MRI的影像组学特征对ccRCC进行术前评估的研究[10]发现，其对ccRCC核分级的诊断准确率达94.5%，临床价值较高；亦有研究者证实影像组学模型的诊断效能明显优于传统临床超声模型[11]。但现有研究多为单中心研究，模型泛化能力有限。本研究旨在构建双中心预测模型，并评估效能以提升可推广性。

本研究中高级别ccRCC患者肿物大小高于低级别ccRCC患者，可能是由于高级别ccRCC增殖活性和侵袭性更强，生长速度更快。而超声图像主要反映宏观的组织结构声学界面和回声特性，对于微观病理特征包括ccRCC细胞异质性、组织结构紊乱程度等直接显示能力不足[6]，其他超声特征无显著差异，进一步表明超声预测ccRCC核分级的局限性。

表4　各模型在训练集、内部验证集、外部验证集中的效能比较

Tab.4　Comparison of model performance in the training，internal validation，and external validation sets

Dataset	AUC	95%*CI*	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
Training set					
Ultrasound prediction model	0.717	0.628–0.806	87.0	56.5	67.2
Radiomics prediction model	0.815	0.741–0.889	89.1	61.2	71.0
Combined prediction model	0.839	0.771–0.906	91.3	62.4	72.5
Internal validation set					
Ultrasound prediction model	0.644	0.486–0.802	75.0	53.8	60.0
Radiomics prediction model	0.704	0.562–0.845	81.3	56.4	63.6
Combined prediction model	0.732	0.600–0.865	87.5	56.4	65.4
External validation set					
Ultrasound prediction model	0.675	0.537–0.813	85.0	50.0	61.3
Radiomics prediction model	0.775	0.656–0.894	90.0	52.4	64.0
Combined prediction model	0.792	0.678–0.906	95.0	52.4	64.0



A，training set；B，internal validation；C，external validation.

图2　各模型训练集、内部验证集、外部验证集ROC曲线

Fig.2　ROC curves of the three models in the training，internal validation，and external validation sets

本研究从超声图像中共提取849个影像组学特征，经降维筛选，最终共保留5个高鲁棒特征，其中Original_gldm_DependenceNonUniformityNormalized、Original_gldm_LargeDependenceHighGrayLevelEmphasis、Wavelet_LLH_glcm_Imc2为ccRCC核分级的独立影响因素，分别对应肿瘤局部灰度依赖强度的分布集中度、高灰度区域局部均匀性以及小波变换图像下肿瘤纹理信息的传递效率。上述特征将主观视觉判断转化为客观的定量指标，关联微观病理[12]。

本研究结果显示，联合预测模型在训练集、内部验证集及外部验证集中均具有较高的诊断效能，与既往研究[12]结果一致，联合模型综合了超声及影像组学模型的优点，既能解释超声特征与ccRCC核分级的相关性，又能避免遗漏人眼难辨的纹理、形态特征。

本研究存在一定的局限性：(1) 样本量较小，后续应扩大验证队列以检验预测模型的可靠性；(2) 本研究为双中心回顾性研究，需多中心前瞻性研究进一步验证结果的稳定性；(3) 由操作者手动勾画ROI，未来可尝试采用自动化分割算法，提高可重复性。

综上所述，超声、影像组学及联合预测模型在ccRCC核分级预测方面均具有一定的诊断价值，其中联合预测模型的诊断价值更高，表明人机协同诊断模式优于单一诊断方法，这为临床诊疗提供了新的思路。

参考文献：

[1] Bray F，Laversanne M，Sung H，et al. Global cancer statistics 2022：GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin，2024，74 (3)：229-263. DOI：10.3322/caac.21834.

（下转第944页）

2022,292:120175. DOI:10.1016/j.lfs.2021.120175.
[25] Chen C,Lin J,Wang X,et al. Novel insights into immune mechanisms in acute lung injury:focusing on gut microbiota and its metabolites [J]. Microbiol Res,2025,300:128279. DOI:10.1016/j.micres.2025.128279.
[26] Ju X,Nagashima A,Dvorkin-Gheva A,et al. Neuromedin-U mediates rapid activation of airway group 2 innate lymphoid cells in mild asthma [J]. Am J Respir Crit Care Med,2024,210(6):755-765. DOI:10.1164/rccm.202311-2164OC.
[27] Cao Y,Li Y,Wang X,et al. Dopamine inhibits group 2 innate lymphoid cell-driven allergic lung inflammation by dampening mitochondrial activity [J]. Immunity,2023,56(2):320-335.e9. DOI:10.1016/j.immuni.2022.12.017.
[28] Liu J,Li Y,Liu M,et al. Formononetin ameliorates allergic asthma by inhibiting JUN and suppressing type Ⅱ immune responses mediated by ILC2 cells [J]. Mol Immunol,2025,186:114-123. DOI:10.1016/j.molimm.2025.08.004.
[29] Han X,Wang Z,Cao H,et al. Dietary human milk oligosaccharides reduce allergic airway inflammation by modulating SCFAs level and ILC2 activity [J]. Immunology,2024,173(3):562-574. DOI:10.1111/imm.13845.

（编辑　陈　姜）

（上接第920页）

[2] 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. DOI:10.1016/j.eururo.2016.02.029.
[3] Dagher J,Delahunt B,Rioux-leclercq N,et al. Clear cell renal cell carcinoma:validation of World Health Organization/International Society of Urological Pathology grading [J]. Histopathology,2017,71(6):918-925. DOI:10.1111/his.13311.
[4] Browning L,Colling R,Verrill C. WHO/ISUP grading of clear cell renal cell carcinoma and papillary renal cell carcinoma:validation of grading on the digital pathology platform and perspectives on reproducibility of grade [J]. Diagn Pathol,2021,16(1):75. DOI:10.1186/s13000-021-01130-2.
[5] Liu X H,Han X W,Wang X,et al. Development and validation of a CT based radiomics nomogram for preoperative prediction of ISUP/WHO grading in renal clear cell carcinoma [J]. Abdom Radiol,2025,50(3):1228-1239. DOI:10.1007/s00261-024-04576-2.
[6] Liu Y,Kan Y M,Zhang J C,et al. Characteristics of contrast-enhanced ultrasound for diagnosis of solid clear cell renal cell carcinomas ≤4 cm:a meta-analysis [J]. Cancer Med,2021,10(23):8288-8299. DOI:10.1002/cam4.4365.
[7] 李宁,阚艳敏,王艺桦,等. 基于判别分析的甲状腺乳头状癌多模态超声诊断模型的建立与分析 [J]. 实用肿瘤杂志,2022,37(6):522-529. DOI:10.13267/j.cnki.syzlzz.2022.088.
[8] Xv Y,Lv F J,Guo H M,et al. Machine learning-based CT radiomics approach for predicting WHO/ISUP nuclear grade of clear cell renal cell carcinoma:an exploratory and comparative study [J]. Insights Imaging,2021,12(1):170. DOI:10.1186/s13244-021-01107-1.
[9] Lambin P,Rios-velazquez E,Leijenaar R,et al. Radiomics:extracting more information from medical images using advanced feature analysis [J]. Eur J Cancer,2012,48(4):441-446. DOI:10.1016/j.ejca.2011.11.036.
[10] Shu J,Wen D D,Xi Y B,et al. Clear cell renal cell carcinoma:machine learning-based computed tomography radiomics analysis for the prediction of WHO/ISUP grade [J]. Eur J Radiol,2019,121:108738. DOI:10.1016/j.ejrad.2019.108738.
[11] 张岱,赵利辉,王海玲,等. 基于超声影像组学对肾透明细胞癌WHO/ISUP分级的探索研究 [J]. 中华超声影像学杂志,2023,32(9):801-806. DOI:10.3760/cma.j.cn131148-20230301-00121.
[12] Liu D H,Dani K A,Reddy S S,et al. Radiogenomic associations clear cell renal cell carcinoma:an exploratory study [J]. Oncology,2023,101(6):375-388. DOI:10.1159/000530719.

（编辑　于　溪）