

• 临床研究 •

CT影像组学联合临床病理特征模型预测非转移性2~3级肾透明细胞癌术后无病生存期的研究

马传贤, 陈晨, 杨雅雯, 柴顺, 马占龙*

南京医科大学第一附属医院放射科, 江苏 南京 210029

[摘要] 目的: 对比术前增强CT影像组学特征模型与临床病理特征模型预测非转移性2~3级肾透明细胞癌(clear cell renal cell carcinoma, ccRCC)患者术后无病生存期(disease-free survival, DFS)的价值。方法: 回顾性分析2013年1月—2020年12月行手术治疗且术后病理分级为2~3级的315例非转移性ccRCC患者, 收集患者术前增强CT图像、临床病理资料以及随访信息, 勾画病灶感兴趣区并使用Python提取组学特征, 利用最小绝对收缩和选择算子以及Cox回归分析计算患者影像组学评分, 分别构建临床病理特征模型、影像组学模型(皮髓质期、实质期、皮髓质期+实质期)以及影像组学与临床病理特征联合模型预测患者DFS。结果: 在预测非转移性2~3级ccRCC患者DFS时, 皮髓质期+实质期组学模型预测效能(C-index: 训练组0.848, 验证组0.754)高于单一时期影像组学模型(皮髓质期C-index: 训练组0.832, 验证组0.701; 实质期C-index: 训练组0.842, 验证组0.720), 而组学特征与临床病理特征构建的联合模型拥有最高的预测效能(C-index: 训练组0.857, 验证组0.832)。结论: 基于术前增强CT皮髓质期+实质期图像提取的影像组学特征结合临床病理特征构建的模型有助于预测非转移性2~3级ccRCC患者术后DFS。

[关键词] 肾透明细胞癌; 影像组学; 计算机断层扫描; 无病生存期

[中图分类号] R814.42

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2025)05-658-07

doi: 10.7655/NYDXBNSN240864

CT radiomics combined with clinical-pathological features predict disease-free survival in non-metastatic grades 2–3 clear cell renal cell carcinoma

MA Chuanxian, CHEN Chen, YANG Yawen, CHAI Shun, MA Zhanlong*

Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

[Abstract] **Objective:** To evaluate the predictive value of preoperative enhanced CT radiomic feature models in comparison with clinical-pathological feature models for disease-free survival (DFS) in patients with non-metastatic grades 2–3 clear cell renal cell carcinoma (ccRCC) after surgery. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 315 patients with non-metastatic ccRCC who underwent surgical treatment and were pathologically graded as grades 2–3 between January 2013 and December 2020. Preoperative enhanced CT images, clinical-pathological data, and follow-up information were collected. The region of interest (ROI) of the lesion was delineated, and radiomic features were extracted using Python. Patients' radiomic scores were calculated using the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) and Cox regression analysis. Clinical-pathological feature models, radiomic models (corticomedullary phase, parenchymal phase, corticomedullary+parenchymal phase), and combined radiomic and clinical-pathological feature models were constructed to predict DFS. **Results:** When predicting DFS in non-metastatic grades 2–3 ccRCC patients, the combined radiomic model of corticomedullary+parenchymal phase demonstrated superior predictive efficacy (C-index: training set 0.848, validation set 0.754) compared to single-phase radiomic models (corticomedullary phase C-index: training set 0.832, validation set 0.701; parenchymal phase C-index: training set 0.842, validation set 0.720). However, the combined model incorporating both radiomic and clinical-pathological features exhibited the highest predictive efficacy (C-index: training set 0.857, validation set 0.832). **Conclusion:** The model constructed based on radiomics features extracted from preoperative enhanced CT corticomedullary phase+

[基金项目] 国家自然科学基金(81971669)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: mazhanlong@126.com (ORCID: 0009-0009-3713-8015)

parenchymal phase images combined with clinicopathological features is helpful in predicting postoperative DFS in patients with non-metastatic grades 2-3 ccRCC.

[Key words] clear cell renal cell carcinoma; radiomics; computed tomography; disease-free survival

[J Nanjing Med Univ, 2025, 45(05): 658-664]

肾细胞癌(renal cell carcinoma, RCC)是肾脏最常见的恶性肿瘤^[1],而肾透明细胞癌(clear cell renal cell carcinoma, ccRCC)是其中最常见的亚型^[2]。手术是非转移性 ccRCC 最常用的治疗方式,但 20%~30% 的患者在术后会发生复发转移^[3]。而且,术后辅助治疗不能让所有患者受益,一些临床实验发现,高复发风险的患者而非所有患者在接受辅助治疗后可以提高生存率^[4-5]。因此,治疗前对患者进行准确的风险分层,挑选出最可能复发并受益于辅助治疗的患者至关重要。研究表明,随着病理分级的升高,复发转移风险升高,预后差^[6]。1级 ccRCC 5年生存率高于 85%^[6],此时很少有患者愿意接受辅助治疗,而4级患者在初诊时往往已经发生复发转移,且5年生存率低于 20%^[6],这类患者大多属于高风险患者,多会接受辅助治疗,但鉴于 2~3级患者的生存率及复发风险,判断其是否需要进行辅助治疗对临床医生来说存在挑战。目前已有一些临床模型用来预测 RCC 患者的预后,但在后续研究中的效能并不令人满意,Correa 等^[7]研究表明,即使是所有临床模型中表现最好的模型 C-index 值也仅有 0.688。

影像组学从医学影像中提取定量特征进行计算机分析,是一个不断发展的领域。在肿瘤学中,影像组学旨在揭示可能与癌症生物学相关的图像中的隐藏模式,提供潜在预后信息。先前一些研究已经评估了影像组学在预测肾肿块患者各种预后方面的应用。但这些研究多缺乏同质队列(转移性和非转移性 RCC 混合、恶性和良性肿瘤混合或不同组织亚型的 RCC 混合)^[8-10],并且没有足够的样本量来建立稳定的模型。

本研究旨在确定术前增强 CT 提取的影像组学特征是否能提高手术切除后患者无病生存期(disease-free survival, DFS)的预测能力。

1 对象和方法

1.1 对象

回顾性搜集了 2013 年 1 月—2020 年 12 月在南京医科大学第一附属医院手术治疗,且术前行增强

CT 检查的 ccRCC 患者临床及影像资料。纳入标准:①病理为 ccRCC 且病理分级为 2 或 3 级;②术前 3 个月内行增强 CT 检查,且存在皮髓质、实质期图像。排除标准:①CT 图像病灶未包全或图像质量差;②术前远处转移;③术前穿刺或辅助治疗;④合并其他恶性肿瘤。本研究经医院伦理审查委员会批准(伦审号:2024-SR-344),患者均知情同意。

患者 DFS 定义为出现肿瘤复发、转移、任何原因死亡或最后一次随访的时间,随访截止时间为 2023 年 6 月。

1.2 方法

西门子 64 层(Somatom)CT 扫描仪。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 160 mAs,层厚 5 mm,层间距 5 mm,矩阵 512×512。用高压注射器将碘造影剂(浓度 300 mgI/mL)注射到肘静脉,注射剂量为 1.5 mL/kg,注射速度为 2.5~3.0 mL/s,分别在注药后 30~35 s 与 60~65 s 行皮髓质期和实质期扫描。

一名放射科医生使用开源交互式医学影像分割工具 ITK-SNAP(v.3.6.0)软件分别在皮髓质期及实质期图像上对病灶进行逐层勾画。随机抽取 30 例患者,由另一名放射科医生对图像进行勾画,以此计算组间相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC),ICC>0.8 的特征被保留。

利用 Python 中的 Pyradiomics 包进行特征提取,分别在皮髓质期及实质期图像上提取了 1 693 个特征,包括一阶统计学特征(first order feature)、基于尺寸和形状的特征(shape feature)、灰度共生矩阵特征(gray level co-occurrence matrix, GLCM)、灰度游程矩阵特征(gray level run length matrix, GLRLM)、灰度大小区域矩阵特征(gray level size zone matrix, GLSZM)、灰度依赖矩阵特征(gray level dependence matrix, GLDM)和相邻灰度差矩阵特征(neighbouring gray tone difference matrix, NGTDM)。图像处理方法包括原始(original)、小波变换(wavelet)、对数变换(Log)、梯度变换(gradient)、二维局部二进制模式(local binary pattern 2D)、三维局部二进制模式(local binary pattern 3D)。

组学特征筛选首先使用 Pearson 相关性检验排除组学特征中相关性系数>0.9的特征,进而使用多变量 Cox 回归与最小决策收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)对特征进一步降维(图1),基于最优的λ值来选择那些系数非零的特征,通过所选择的相关特征及其系数线性

组合计算影像组学评分。用一致性指数 C-index 来评估影像组学评分的预测价值。分别计算皮髓质期、实质期、皮髓质期+实质期的影像组学评分,构建影像组学模型,比较不同模型的 C-index,同时在验证组中进一步验证其效能。将效能最高的影像组学模型与临床病理特征结合构建联合模型。

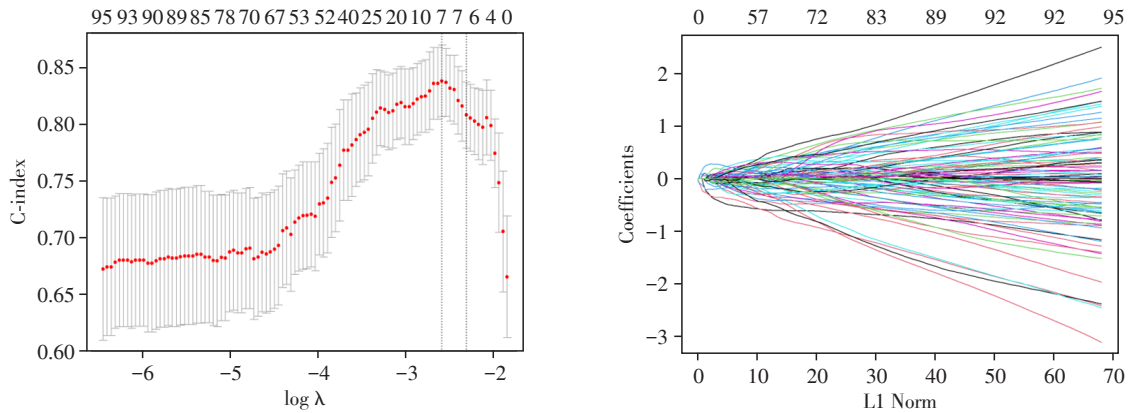


图1 皮髓质期+实质期影像组学特征筛选

Figure 1 Corticomedullary and parenchymal phase radiomics feature selection

1.3 统计学方法

使用 R-studio4.2.1、SPSS18.0 软件进行统计分析。连续性变量符合正态分布的数据采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,使用独立样本 t 检验比较,不符合正态分布的数据使用 Mann-Whitney 检验比较,用卡方检验比较组间分类变量。影像组学特征筛选使用 Pearson 相关性检验进行组学特征相关性分析, LASSO 算法计算影像组学评分。使用单因素 Cox 回归分析筛选出与预后相关的因素,将其纳入多因素 Cox 回归分析筛选出独立预测因子并构建模型。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者特征

共纳入 315 例患者,其中,男 224 例,女 91 例,患者平均年龄 57.86 岁,中位随访时间 45 个月。其中 46 例在随访期间出现远处转移或局部复发,2 例在观察到复发转移前死亡。按 7:3 将患者随机分为训练组(n=221)及测试组(n=94),两组患者在年龄、性别、病灶位置、病灶大小、病理分级及临床分期等方面差异均无统计学意义(表1)。

2.2 临床病理特征模型效能

首先使用单因素 Cox 回归筛选 P < 0.05 的变量,筛选出病理分级、肿瘤大小、T 分期及手术方式 4

表1 训练组与验证组患者临床病理资料

Table 1 Clinical and pathological data of patients in the training and validation sets

Index	Training(n=221)	Validation(n=94)	P
Ending[n(%)]	33(14.9)	15(16.0)	0.864
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	57.66 ± 10.89	58.34 ± 12.01	0.623
Size(mm, $\bar{x} \pm s$)	50.55 ± 23.86	46.08 ± 22.75	0.125
Sex[n(%)]			0.176
Male	152(68.8)	72(76.6)	
Female	69(31.2)	22(23.4)	
T stage[n(%)]			0.416
1	166(75.1)	77(81.9)	
2	28(12.7)	8(8.5)	
3	27(12.2)	9(9.6)	
Grade[n(%)]			0.406
2	156(70.6)	72(76.6)	
3	65(29.4)	22(23.4)	
Side[n(%)]			0.806
Left	100(45.2)	44(46.8)	
Right	121(54.8)	50(53.2)	
Surgery type[n(%)]			0.619
RN	97(43.9)	38(40.4)	
PN	124(56.1)	56(59.6)	

RN: radical nephrectomy; PN: partial nephrectomy.

个特征,进一步将其纳入多因素 Cox 回归中,筛选出病理分级(HR=4.759, 95%CI: 2.363~9.585)与 T 分期

(HR=4.888, 95%CI: 1.480~16.147)两个独立危险因素(表2),两者均与患者DFS呈负相关。利用这两种特征构建临床病理特征模型,模型在训练组与验证组中C-index值分别为0.824和0.787(表3)。

2.3 影像组学模型预测效能

皮髓质期筛选出3个组学特征,计算影像组学评分构建组学模型,在训练组与验证组的C-index值分别为0.832和0.701。实质期筛选出5个组学特征

表2 训练组中临床病理因素预测DFS的单因素和多因素Cox回归分析

Table 2 Univariate and multivariate Cox regression analysis of clinicopathological factors for predicting DFS in the training set

Characteristic	Univariate analysis			Multivariate analysis		
	HR	95%CI	P	HR	95%CI	P
Grade						
2	1.000	-	-	1.000	-	-
3	4.759	2.363-9.585	<0.001	4.759	2.363-9.585	0.040
T stage						
1	1.000	-	-	1.000	-	-
2	3.171	1.199-8.385	0.020	2.148	0.635-7.273	0.219
3	9.787	4.530-21.142	<0.001	4.888	1.480-16.147	0.009
Surgery type						
RN	1.000	-	-	1.000	-	-
PN	0.469	0.233-0.944	0.034	1.398	0.550-3.553	0.482
Side						
Left	1.000	-	-	-	-	-
Right	0.546	0.271-1.100	0.091	-	-	-
Sex						
Male	1.000	-	-	-	-	-
Female	0.582	0.252-1.340	0.203	-	-	-
Age	1.027	0.995-1.059	0.104	-	-	-
Size	1.030	1.018-1.043	<0.001	1.055	0.985-1.025	0.615

计算影像组学评分构建组学模型,在训练组与验证组的C-index值分别为0.842和0.720。皮髓质期、实质期特征组合后筛选出6个组学特征,其中包括1个实质期特征与5个皮髓质期特征,计算影像组学评分构建组学模型,训练组与验证组的C-index值分别为0.848、0.754,高于任一单独时期组学模型(表3)。

2.4 联合模型预测效能

将筛选出的2个临床病理特征(病理分级、T分期)与两期影像组学评分(皮髓质期、实质期)结合构建联合模型,在训练组和验证组中均具有最高的预测能力,C-index分别为0.857和0.832(表3)。将其转换为列线图(图2),并将患者分为高、低风险组,绘制Kaplan-Meier生存曲线(图3),结果显示联合模型可有效预测患者DFS。

3 讨论

既往研究表明,对高复发风险的患者术后行辅

表3 不同模型在训练组与验证组中预测无病生存期的效能

Table 3 Predictive efficacy of disease-free survival in the training and validation sets by different models

Model	Set	C-index
Clinicopathological	Training	0.824
	Validation	0.787
Corticomedullary	Training	0.832
	Validation	0.701
Parenchymal	Training	0.842
	Validation	0.720
Corticomedullary+Parenchymal	Training	0.848
	Validation	0.754
Combined	Training	0.857
	Validation	0.832

助治疗有利于改善患者预后^[4-5],因此,筛选出高发风险的患者具有临床价值。本研究术前增强CT影像组学评分与临床病理特征模型预测非转移性2~3级ccRCC患者术后DFS的效能,发现皮髓质期

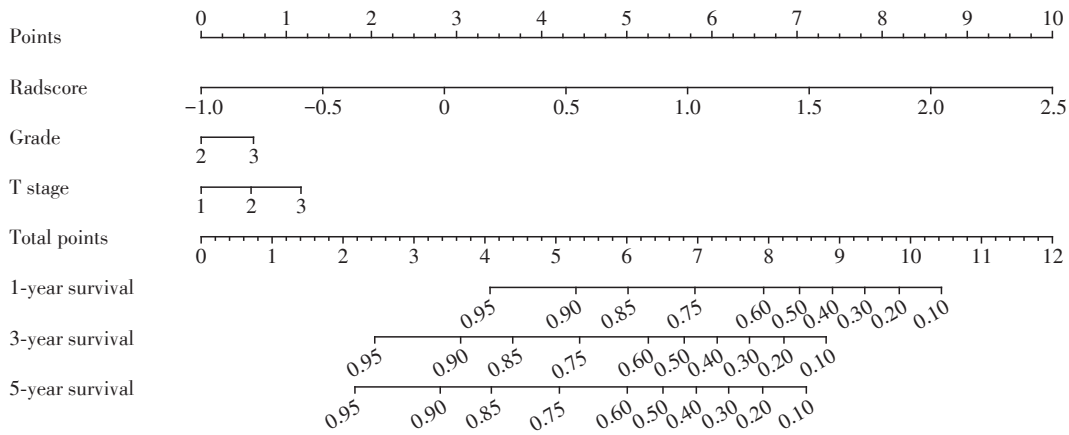


图2 联合模型列线图

Figure 2 Nomogram of the combined model

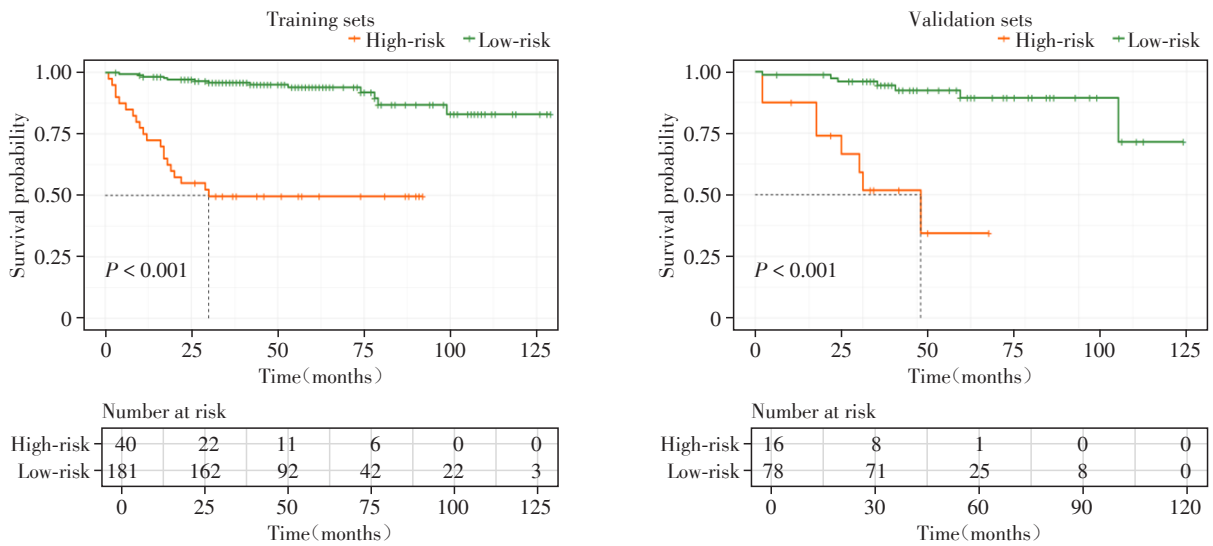


图3 联合模型在训练组与验证组的生存曲线分析

Figure 3 Kaplan-Meier analysis of the combined model in the training and validation sets

联合实质期影像组学评分联合临床病理特征的联合模型具有最高的预测效能。

目前已经存在一些基于临床及病理特征预测ccRCC患者预后的模型,如UISS评分系统(University of California Los Angeles Integrated Staging System)^[11]、SSIGN(stage, size, grade, and necrosis)评分系统^[12]、Leibovich评分系统^[13]等,这些模型聚焦于肿瘤的临床分期(TNM分期)及病理特征(病理分级、坏死等),具有一定的预测价值,但在后续研究中的表现不尽人意^[7,14]。Correa等^[7]前瞻性地应用多种临床模型预测局限性RCC的预后,结果表明SSIGN模型具有相对最好的预测效能(C-index=0.688),UISS评分表现最差(C-index=0.556),均低于本研究联合模型的预测效能(C-index=0.832)。

影像组学是近年来兴起的影像分析手段,通过

分析肉眼不可见的影像特征,能客观、科学地反映病灶异质性。先前已有一些影像组学模型的相关研究,证实影像组学特征在研究RCC病理亚型、病理分级及治疗预后方面相比传统影像特征更具优势,并对临床特征模型具有一定的增量价值^[9,15]。本研究相比既往工作有一些不同。首先,研究专注于病理分级为2~3级的非转移性ccRCC患者,与已经发生转移的患者以及转移风险极低或极高的病理分级1级或4级的患者不同,这类患者手术后是否需要辅助治疗是一个问题,而同质性的患者队列使得研究结果更具针对性,对临床更具参考意义。其次,既往研究多使用单一时期图像进行研究^[8,16],而本研究中联合了皮髓质期+实质期图像,并且发现两期结合构建的影像组学特征模型预测效能高于单一时期,说明多期图像内部含有相互补充的

信息。最后,本研究对病灶进行3D层面的分割,而非仅勾画病灶最大层面^[10, 17],避免了其可能存在的低估了肿瘤内部异质性^[18]以及可重复性差的问题^[19]。

联合模型中纳入的组学特征包括2个形状特征、3个GLSZM特征以及1个GLRLM特征。其中GLSZM特征显示了感兴趣区内具有相似灰度水平的像素数量,GLRLM特征量化了具有相似灰度特征的区域长度,之前的研究表明这些特征可反映肿瘤的异质性^[20],结合本研究结果,提示这些特征可以用来预测ccRCC患者预后,但其与肿瘤的病理生理学机制仍需进一步研究证实。

最终联合模型中纳入了病理分级及T分期2个临床病理特征,具有更高病理分级及T分期患者的复发转移风险高,这与之前的研究一致^[16]。有趣的是,在单因素Cox回归分析中,手术方式是影响患者DFS的危险因素,但在多因素分析中,该特征被排除在外,笔者认为这可能是由于T分期高且病灶体积大的患者更倾向于选择根治性手术治疗,而这部分患者往往复发风险较高,因此对其产生干扰。在之前的研究中,有学者发现,部分切除术对早期肿瘤患者生存有益处^[21-22],这可能是由于患者的肾功能得以保留所致,但同样有研究表明,部分切除术与根治性手术治疗在影响患者预后方面并无差异^[23-24],患者预后的差异是由病灶内部特征差异所致。

本研究存在一定局限性。首先,本研究为单中心研究,且研究对象为非转移性2~3级ccRCC,虽然相对既往研究已经增大了样本量,但仍较少,同时不同中心进行CT检查采用的扫描方案、显影药物及注射剂量存在差异,基于相应图像提取的特征可能具有一定差异,未来仍需进一步多中心大样本量研究对模型的通用性进行验证。其次,肿瘤免疫组化信息在患者预后预测方面具有一定价值,但由于研究时间跨度较大,既往免疫组化检查尚未普及,多数患者缺乏相关信息,因此未纳入研究之中。最后,本研究中病灶感兴趣区为放射科医生手动勾画,耗费时间较长,未来可由机器学习模型自动勾画病灶并提取特征。

综上所述,影像组学联合临床病理特征模型在预测非转移性2~3级ccRCC术后DFS方面具备最高的效能,该模型的应用可能有助于患者术后治疗随访策略的制定,但仍需在未来进一步验证。

利益冲突声明:

所有作者声明无利益冲突。

Conflict of Interests:

All authors declare no conflict of interests.

作者贡献声明:

马传贤参与设计研究方案、数据收集与分析、结果解读与撰写文稿。陈晨参与数据收集、图像勾画与数据分析。杨雅雯、柴顺参与数据收集与数据分析。马占龙参与设计课题,解决研究实施中出现的 key 问题,并对文稿进行了修订。

Author's Contributions:

MA Chuanxian participated in the design of research plan, data collection and analysis, interpretation of results and manuscript writing. CHEN Chen participated in data collection, image outlining and data analysis. YANG Yawen and CHAI Shun participated in data collection and analysis. MA Zhanlong participated in the design of the research topic, resolution of key problems arising in the implementation of the study, and revision of the manuscript.

[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
- [2] MOTZER R J, JONASCH E, AGARWAL N, et al. NCCN guidelines® insights: kidney cancer, version 2.2024 [J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2024, 22(1): 4-16
- [3] STEWART S B, THOMPSON R H, PSUTKA S P, et al. Evaluation of the National Comprehensive Cancer Network And American Urological Association renal cell carcinoma surveillance guidelines [J]. *J Clin Oncol*, 2014, 32(36): 4059-4065
- [4] CHOUEIRI T K, TOMCZAK P, PARK S H, et al. Adjuvant pembrolizumab after nephrectomy in renal-cell carcinoma [J]. *N Engl J Med*, 2021, 385(8): 683-694
- [5] LAUKHTINA E, QUHAL F, MORI K, et al. Pembrolizumab outperforms tyrosine kinase inhibitors as adjuvant treatment in patients with high-risk renal cell carcinoma after nephrectomy [J]. *Eur Urol Oncol*, 2022, 5(1): 120-124
- [6] GUDBJARTSSON T, HARDARSON S, PETURSDOTTIR V, et al. Histological subtyping and nuclear grading of renal cell carcinoma and their implications for survival: a retrospective nation-wide study of 629 patients [J]. *Eur Urol*, 2005, 48(4): 593-600
- [7] CORREA A F, JEGEDE O, HAAS N B, et al. Predicting renal cancer recurrence: defining limitations of existing prognostic models with prospective trial-based validation [J]. *J Clin Oncol*, 2019, 37(23): 2062-2071
- [8] XING J, LIU Y, WANG Z, et al. Incremental value of ra-

- diomics with machine learning to the existing prognostic models for predicting outcome in renal cell carcinoma[J]. *Front Oncol*, 2023, 13: 1036734
- [9] HAN D, YU N, YU Y, et al. Performance of CT radiomics in predicting the overall survival of patients with stage III clear cell renal carcinoma after radical nephrectomy[J]. *Radiol Med*, 2022, 127(8): 837–847
- [10] KHODABAKHSHI Z, AMINI M, MOSTAFAEI S, et al. Overall survival prediction in renal cell carcinoma patients using computed tomography radiomic and clinical information[J]. *J Digit Imaging*, 2021, 34(5): 1086–1098
- [11] PATARD J J, KIM H L, LAM J S, et al. Use of the University of California Los Angeles integrated staging system to predict survival in renal cell carcinoma: an international multicenter study[J]. *J Clin Oncol*, 2004, 22(16): 3316–3322
- [12] FRANK I, BLUTE M L, CHEVILLE J C, et al. An outcome prediction model for patients with clear cell renal cell carcinoma treated with radical nephrectomy based on tumor stage, size, grade and necrosis: the SSIGN score[J]. *J Urol*, 2002, 168(6): 2395–2400
- [13] LEIBOVICH B C, LOHSE C M, CHEVILLE J C, et al. Predicting oncologic outcomes in renal cell carcinoma after surgery[J]. *Eur Urol*, 2018, 73(5): 772–780
- [14] PARKER W P, CHEVILLE J C, FRANK I, et al. Application of the stage, size, grade, and necrosis (SSIGN) score for clear cell renal cell carcinoma in contemporary patients[J]. *Eur Urol*, 2017, 71(4): 665–673
- [15] 李巧, 王宇昊, 夏一凡, 等. 集成机器学习构建透明细胞肾细胞癌免疫影像分型及预测患者生存的价值[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2023, 43(9): 1265–1272
LI Q, WANG Y H, XIA Y, et al. Immune-radiomic phenotype based on ensemble machine learning in predicting survival of clear cell renal cell carcinoma[J]. *Journal of Nanjing Medicinal University (Natural Sciences)*, 2023, 43(9): 1265–1272
- [16] DENIFFEL D, MCALPINE K, HARDER F N, et al. Predicting the recurrence risk of renal cell carcinoma after nephrectomy: potential role of CT-radiomics for adjuvant treatment decisions[J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(8): 5840–5850
- [17] KANG B, SUN C, GU H, et al. T1 stage clear cell renal cell carcinoma: a CT-based radiomics nomogram to estimate the risk of recurrence and metastasis[J]. *Front Oncol*, 2020, 10: 579619
- [18] URSPRUNG S, BEER L, BRUINING A, et al. Radiomics of computed tomography and magnetic resonance imaging in renal cell carcinoma - a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(6): 3558–3566
- [19] KOCAK B, DURMAZ E S, KAYA O K, et al. Reliability of single-slice-based 2D CT texture analysis of renal masses: influence of intra- and interobserver manual segmentation variability on radiomic feature reproducibility [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 213(2): 377–383
- [20] LIMKIN E J, SUN R, DERCLE L, et al. Promises and challenges for the implementation of computational medical imaging(radiomics)in oncology[J]. *Ann Oncol*, 2017, 28(6): 1191–1206
- [21] TAN H J, NORTON E C, YE Z, et al. Long-term survival following partial vs radical nephrectomy among older patients with early-stage kidney cancer [J]. *JAMA*, 2012, 307(15): 1629–1635
- [22] MIR M C, DERWEESH I, PORPIGLIA F, et al. Partial nephrectomy versus radical nephrectomy for clinical T1b and T2 renal tumors: a systematic review and meta-analysis of comparative studies [J]. *Eur Urol*, 2017, 71(4): 606–617
- [23] SCOSYREV E, MESSING E M, SYLVESTER R, et al. Exploratory subgroup analyses of renal function and overall survival in european organization for research and treatment of cancer randomized trial of nephron-sparing surgery versus radical nephrectomy [J]. *Eur Urol Focus*, 2017, 3(6): 599–605
- [24] VAN POPPEL H, DA POZZO L, ALBRECHT W, et al. A prospective, randomised EORTC intergroup phase 3 study comparing the oncologic outcome of elective nephron-sparing surgery and radical nephrectomy for low-stage renal cell carcinoma[J]. *Eur Urol*, 2011, 59(4): 543–552

[收稿日期] 2024-08-19

(本文编辑:唐震)