

# 基于机器学习的CT影像组学预测肾透明细胞癌的WHO/ISUP病理分级

刘龙飞，易小平，肖桥，管箫，汪次奎，张亮，庞颖贤，陈湘，何垚

中南大学湘雅医院

“豫奋进，郑当时”



中华医学会  
CHINESE MEDICAL ASSOCIATION



中华医学会  
泌尿外科学分会  
CHINESE UROLOGICAL ASSOCIATION

## 刘龙飞

- 副教授，副主任医师，副研究员，美国UCLA访问学者
- 中华医学会泌尿外科学分会基础研究学组全国委员
- 中华医学会泌尿外科学分会创新工程学组全国委员
- 中国泌尿男科医学技术与装备创新联盟全国委员
- 中国医师协会泌尿内镜专业委员会全国委员
- 中国医疗器械行业协会泌尿外科与男科器械专业委员会全国委员
- 湖南省抗癌协会泌尿男生殖系肿瘤专业委员会委员兼副秘书长
- 湖南省医学会泌尿外科专业委员会微创学组委员兼秘书长。
- 《Asian Journal of Urology》青年编委
- 《xiangya medicine》编委



## 研究背景

- 肾细胞癌是泌尿系统最常见的恶性肿瘤之一，其中最主要为肾透明细胞癌，预后相对更差。
- 2016年，WHO/ISUP分级因更能预示RCC预后，取代传统的Fuhrman分级系统，广泛应用于ccRCC临床实践中。
- ccRCC高病理等级往往预示着更高的肿瘤恶性潜能，也提示着更差的预后，因此术前明确ccRCC病理等级可指导临床决策。
- 影像组学，指高通量地提取大量影像信息，凭借对海量影像数据信息进行更深层次的挖掘、预测和分析来辅助医师做出最准确的诊断。现已广泛应用于各种肿瘤的研究。

## 研究方法

- 1 纳入病例：** 264例ccRCC患者（机器随机分为训练队列：199例，验证队列：65例）
- 2 病理重评：** 所有病例切片根据WHO / ISUP分级系统进行重新评估，并分为两类：低级（ISUP I和II级）和高级（ISUP III和IV级）
- 3 影像分析：** CT图像采集，检索，传统CT图像分析，CT纹理特征提取
- 4 模型建立：** 基于纹理（TE）特征和传统CT特征，采用LASSO法、随机森林法（RF）、支持向量机法（SVM）建立分类模型。采取AUC值评估模型性能。
- 5 相关性分析：** 相关性矩阵分析以评估纹理特征与传统影像特征之间的关联性

## 研究结果

- 在训练队列和验证队列、高病理等级和低病理等级中，临床特征无明显差异。

	training cohort	validation cohort	P value
Gender			0.923
Male	141 (70.85%)	42 (64.62%)	
Female	58 (29.15%)	23 (35.38%)	
Age (years)	53.22±11.05	54.09±10.78	0.789
Group			0.344
Low WHO/ISUP grade	155 (77.89%)	51 (78.46%)	
High WHO/ISUP grade	44 (22.11%)	14 (21.54%)	
T-stage			0.817
T1	110 (55.28%)	37 (56.92%)	
T2	89 (44.72)	28 (43.08%)	
Size (cm)			
L-R	4.46 (1.36-11.55)	4.49 (1.78-8.88)	0.752
F-P	4.65 (0.88-12.36)	4.56 (2.09-10.53)	0.864
S-S	4.55 (1.13-18.74)	4.76 (1.94-13.14)	0.914
CT-pre (Hu)	32.18±8.32	33.05±6.60	0.439
CT-V(Hu)	79.46 (31.69-249.91)	77.79 (31.84-152.79)	0.949
Enhancement degree (Hu)	47.83 (9.39-221.28)	44.99 (11.40-117.40)	0.841

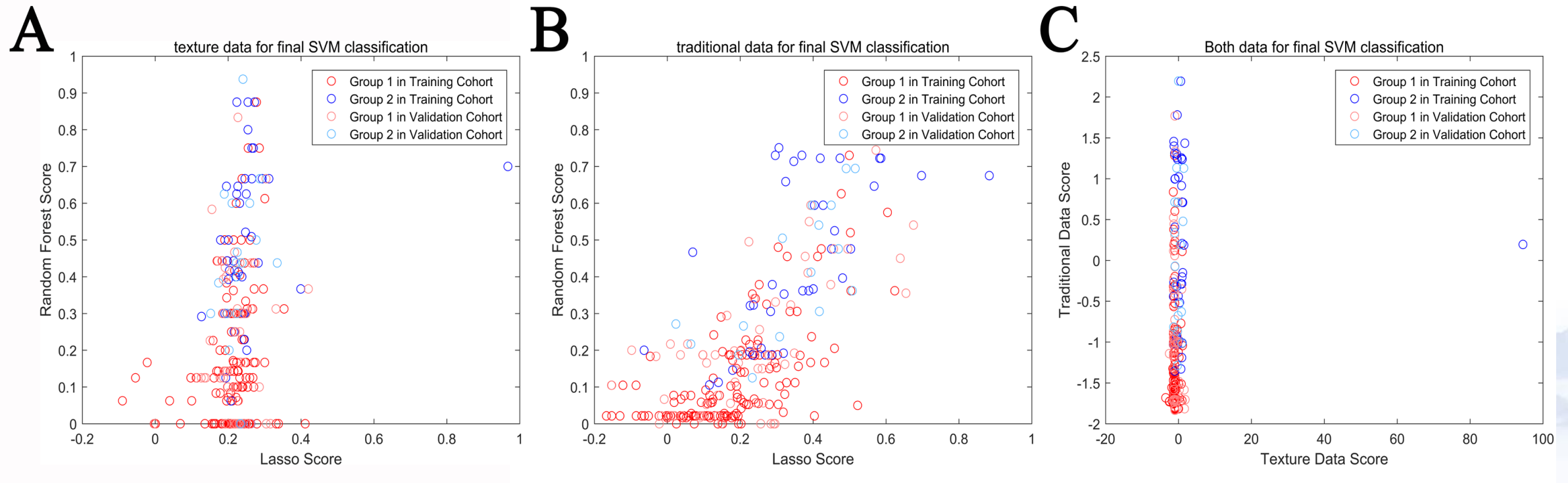
## 研究结果

- 在高病理等级和低病理等级组中，肿瘤大小、平扫CT值，增强CT值增幅有显著差异。
- 在纹理特征提取和传统影像特征评估中，观察者之间和观察者内部具有很好的可重复性。ICC值分别为0.761-0.893和0.781-0.909。

	Low WHO/ISUP grade	<u>Hight</u> WHO/ISUP grade	P value
Gender			0.368
Male	140 (67.96%)	43 (74.14%)	
Female	66 (32.04%)	15 (25.86%)	
Age (years)	53.19±11.30	54.28±9.77	0.508
T-stage			<0.001
T1	127 (61.65%)	20 (34.48%)	
T2	79 (38.35%)	38 (65.52%)	
Size (cm)			
L-R	4.12 (1.36-11.55)	5.98 (1.87-10.44)	<0.001
F-P	4.32 (0.88-11.05)	6.02 (1.54-12.36)	<0.001
S-S	4.23 (1.13-12.23)	6.30 (1.91-18.74)	<0.001
<u>CT-pre (Hu)</u>	31.26±7.93	36.41±6.51	<0.001
CT-V(Hu)	82.17 (31.69-249.91)	73.52 (38.58-152.79)	0.052
<u>Enhancement degree (Hu)</u>	49.66 (9.39-221.28)	38.76 (10.58-117.40)	0.001

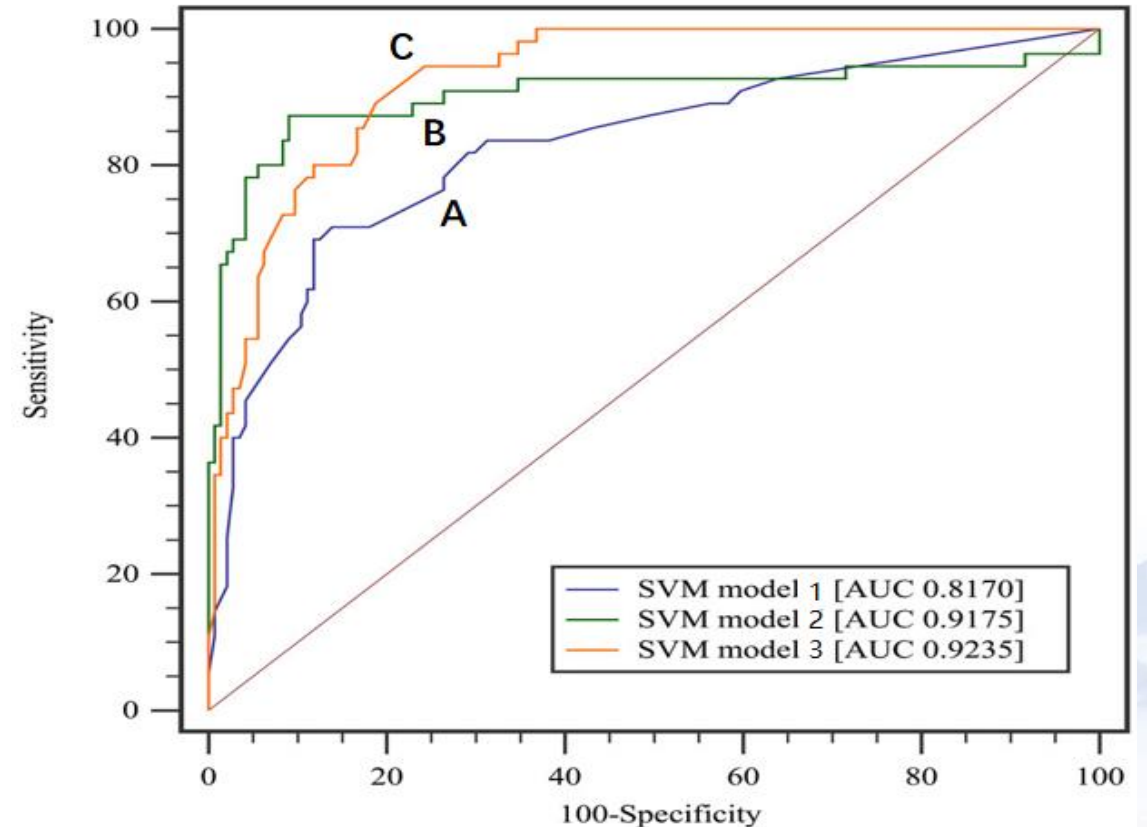
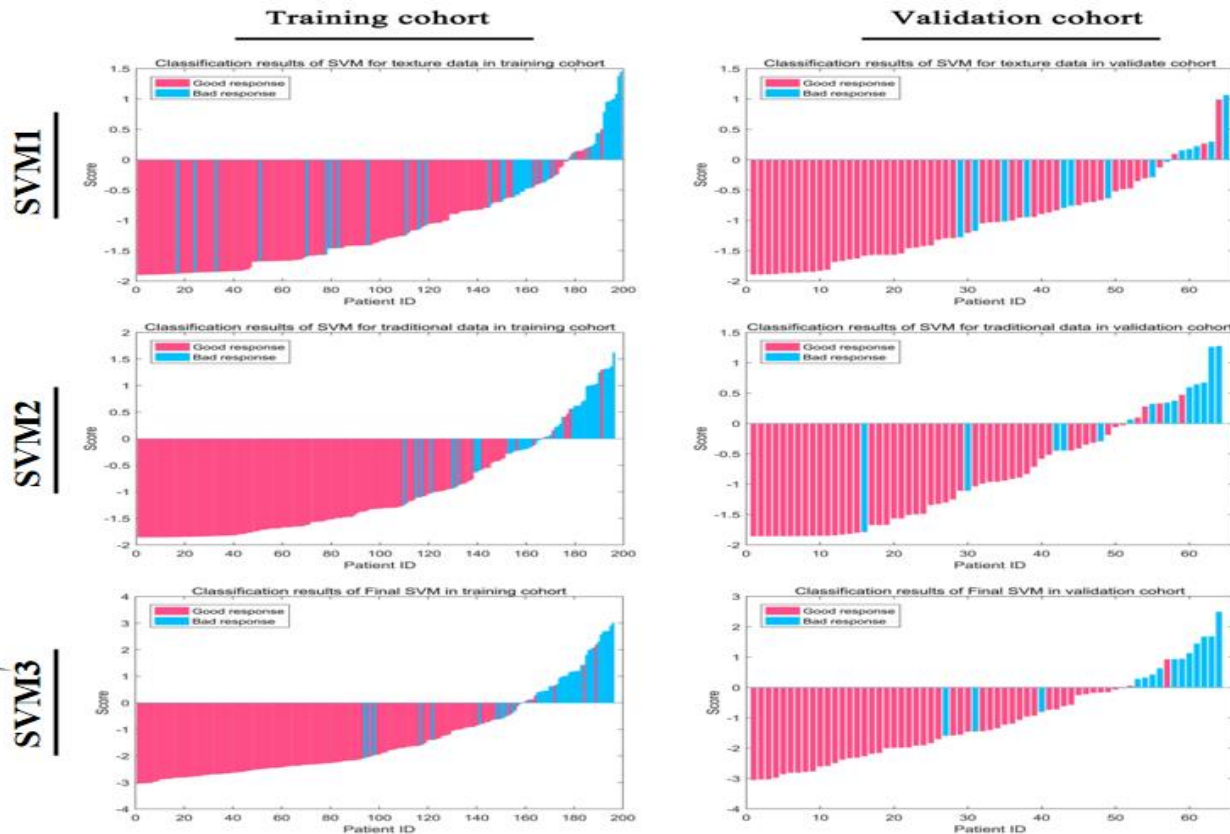
## 研究结果

- **纹理特征:** 从平扫CT中共提取340个纹理特征, 通过LASSO法纳入19个纹理特征, 并据此建立模型SVM 1 (图A)
- **传统影像特征:** 纳入横径、轴径、平扫CT值、增强CT值增幅, 据此建立模型SVM2 (图B)
- **综合纹理及传统影像特征:** 依据纹理特征和传统放射学特征建立模型SVM3 (图C)



## 研究结果

- **纹理特征**: SVM1模型AUC值在训练队列和验证队列中分别为0.8170和0.8017。(A)
- **传统影像特征**: SVM2模型AUC值在两队列中分别为0.9175 和0.8088。(B)
- **综合纹理及传统影像特征**: SVM3模型AUC值在两队列中分别为0.9235 和0.9099。(C)





# 研究结果

## 影像特征相关性分析:

- 纹理特征中, 绝大多数 (15/19)特征之间相关性低 (0.004-0.375)
- 传统影像特征之间相关性相对较高 (0.036-0.883)
- 纹理特征和传统学特征之间相关性低 (0.000-1.000)

	WavEnLL_s_2	WavEnLL_s_1	WavEnLL_s_4	WavEnLL_s_3	Horzl_LngREmph	x135dr_LngREmph	x45dgr_LngREmph	Vertl_LngREmph	x135dr_GLvNonU	x45dgr_RLNonUni	Vertl_RLNonUni	Horzl_RLNonUni	S_S	L_R	Enhancement_Degree_Hu	CT_pre_Hu	GrKurtosis	Variance	Perc_01	Perc_99	Perc_90	Mean
WavEnLL_s_2	1.000	0.096	0.056	0.195	0.175	0.134	0.142	0.127	0.125	0.144	0.217	0.217	0.133	0.119	0.136	0.191	0.149	0.132	0.020	0.062	0.021	0.123
WavEnLL_s_1	0.096	1.000	0.056	0.195	0.175	0.134	0.142	0.127	0.125	0.144	0.217	0.217	0.133	0.119	0.136	0.191	0.149	0.132	0.020	0.062	0.021	0.123
WavEnLL_s_4	0.056	0.056	1.000	0.585	0.175	0.134	0.142	0.127	0.125	0.144	0.217	0.217	0.133	0.119	0.136	0.191	0.149	0.132	0.020	0.062	0.021	0.123
WavEnLL_s_3	0.195	0.195	0.585	1.000	0.175	0.134	0.142	0.127	0.125	0.144	0.217	0.217	0.133	0.119	0.136	0.191	0.149	0.132	0.020	0.062	0.021	0.123
Horzl_LngREmph	0.175	0.175	0.175	0.175	1.000	0.002	0.072	0.074	0.081	0.104	0.147	0.163	0.141	0.119	0.092	0.041	0.252	0.314	0.199	0.198	0.155	0.154
x135dr_LngREmph	0.134	0.134	0.134	0.134	0.002	1.000	0.002	0.072	0.087	0.110	0.149	0.172	0.155	0.119	0.081	0.044	0.251	0.325	0.207	0.208	0.164	0.203
x45dgr_LngREmph	0.142	0.142	0.142	0.142	0.072	0.002	1.000	0.072	0.109	0.137	0.181	0.205	0.183	0.143	0.103	0.062	0.257	0.330	0.210	0.210	0.167	0.207
Vertl_LngREmph	0.127	0.127	0.127	0.127	0.074	0.072	0.072	1.000	0.115	0.146	0.184	0.215	0.195	0.150	0.107	0.065	0.254	0.328	0.211	0.211	0.175	0.215
x135dr_GLvNonU	0.125	0.125	0.125	0.125	0.081	0.087	0.109	0.115	1.000	0.045	0.047	0.046	0.046	0.046	0.044	0.044	0.257	0.330	0.210	0.210	0.175	0.215
Vertl_GLvNonU	0.144	0.144	0.144	0.144	0.104	0.110	0.137	0.146	0.045	1.000	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.257	0.330	0.210	0.210	0.175	0.215
x45dgr_RLNonUni	0.217	0.217	0.217	0.217	0.147	0.149	0.181	0.184	0.047	0.047	1.000	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.257	0.330	0.210	0.210	0.175	0.215
Vertl_RLNonUni	0.217	0.217	0.217	0.217	0.163	0.172	0.205	0.215	0.071	0.071	0.072	1.000	0.072	0.072	0.072	0.072	0.257	0.330	0.210	0.210	0.175	0.215
Horzl_RLNonUni	0.133	0.133	0.133	0.133	0.141	0.149	0.183	0.195	0.072	0.072	0.072	0.072	1.000	0.072	0.072	0.072	0.257	0.330	0.210	0.210	0.175	0.215
S_S	0.133	0.133	0.133	0.133	0.252	0.251	0.257	0.254	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L_R	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	0.119	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Enhancement_Degree_Hu	0.136	0.136	0.136	0.136	0.041	0.044	0.062	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CT_pre_Hu	0.149	0.149	0.149	0.149	0.041	0.044	0.062	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GrKurtosis	0.020	0.020	0.020	0.020	0.252	0.251	0.257	0.254	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Variance	0.020	0.020	0.020	0.020	0.199	0.198	0.207	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
Perc_01	0.020	0.020	0.020	0.020	0.198	0.198	0.207	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
Perc_99	0.020	0.020	0.020	0.020	0.155	0.155	0.164	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
Perc_90	0.020	0.020	0.020	0.020	0.155	0.155	0.164	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Mean	0.020	0.020	0.020	0.020	0.155	0.155	0.164	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000



## 研究结论

- **基于机器学习的CT影像组学在术前预测ccRCC的WHO / ISUP等级时表现出很好的性能，这可指导ccRCC的治疗策略。**

