肿瘤精准医学与转化研究 DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.003740

MPVR评估肺磨玻璃结节侵袭性的价值

张 可[1],敖维维[1],李 丹[2],罗仁君[1],童 亮[1],张芸丹[1],吕发金[1]
（1.重庆医科大学附属第一医院放射科,重庆 400016;2.重庆医科大学附属第一医院病理科,重庆 400016）

【摘 要】目的:基于图像多平面容积重建(multi-planar volume reconstructions,MPVR),构建磨玻璃结节(ground glass nodule,GGN)浸润性腺癌(invasive adenocarcinoma,IAC)诊断模型并评估其诊断价值。**方法:**回顾性分析2016年1月至2018年10月在重庆医科大学附属第一医院胸外科进行手术的GGN病例影像及临床资料,按照2:1的比例随机分为训练组和验证组。在训练组中,以病理结果为金标准将病例分为不典型腺瘤样增生(antypical adenomatous hyperplasia,AAH)/原位腺癌(adenocarcinoma in situ,AIS)/微浸润性腺癌(microinvasive adenocarcinoma,MIA)和IAC组,比较2组临床及影像学特征,采用单因素-多因素logistic回归分析筛选预测浸润性腺癌的独立危险因素,并构建IAC诊断模型,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线分析模型的诊断效能并使用组内相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)评估测量重复性。**结果:**共425例GGN病例纳入研究,其中训练组280例,验证组145例。结节最大直径(P=0.016)、MPVR-实性成分最大直径(P=0.019)是预测IAC的独立危险因素。结节最大直径、MPVR-实性成分最大直径、MPVR-CTR和logistic回归模型预测浸润性腺癌的AUC在训练组中分别为0.895(95%CI=0.857~0.932)、0.977(95%CI=0.960~0.995)、0.960(95%CI=0.938~0.982)和0.985(95%CI=0.975~0.996),在验证组中分别为0.822(95%CI=0.754~0.890)、0.974(95%CI=0.952~0.997)、0.957(95%CI=0.928~0.985)和0.978(95%CI=0.958~0.997)。MPVR-实性成分最大直径测量的观察者间一致性很好(ICC=0.824),结节最大直径测量的观察者间一致性中等(ICC=0.687)。**结论:**MPVR评估浸润性肺腺癌具有重要价值,与计算机体层成像(computed tomography,CT)征象结合可提高诊断效能。

【关键词】图像多平面容积重建;肺腺癌;磨玻璃结节;计算机体层成像
【中图分类号】R734.2 **【文献标志码】**A

Value of multi-planar volume reconstructions in evaluating the aggressiveness of lung ground glass nodules

Zhang Ke[1], Jing Weiwei[1], Li Dan[2], Luo Renjun[1], Tong Liang[1], Zhang Yundan[1], Lü Fajin[1]
(1. Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University;
2. Department of Pathology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】*Objective*: To construct a diagnostic model for invasive adenocarcinoma (IAC) manifesting as ground glass nodules (GGN) based on multi-planar volume reconstructions (MPVR), and to investigate its diagnostic value. ***Methods*:** A retrospective analysis was performed for the imaging and clinical data of GGN cases who underwent surgery in Department of Thoracic Surgery, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, from January 2016 to October 2018, and they were randomly divided into training group and validation group in a ratio of 2∶1. The cases in the training group were divided into atypical adenomatoid hyperplasia (AAH)/adenocarcinoma *in situ* (AIS)/minimally invasive adenocarcinoma (MIA) group and IAC group based on the gold standard of pathological results, and related clinical and imaging characteristics were compared between the two groups. Univariate and multivariate logistic regression analyses were used to identify the independent risk factors for predicting IAC and construct a diagnostic model for IAC. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the diagnostic efficacy of the model, and the intraclass correlation coefficient (ICC) was used to assess measurement repeatability. ***Results*:** A total of 425 cases of GGN were included in the study, with 280 cases in the training group and 145 cases in the vali-

作者介绍:张 可,Email:zk1874558886@163.com,
研究方向:胸部影像学、肺结节CT影像。
通信作者:吕发金,Email:fajinlv@163.com。

基金项目:国家重点研发计划资助项目(编号:2020YFA07104002);重庆健康适宜技术促进资助项目(编号:2023jstg044);重庆市科学技术局技术创新与应用开发重点资助项目(编号:CSTC2021jscx-ksbN0030);重庆健康委员会和科技局联合资助项目(编号:2022ZDXM006)。
优先出版:https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20250120.1103.004 2025-01-20

dation group. The maximum diameter of nodules（*P*=0.016）and the maximum diameter of MPVR solid components（*P*=0.019）were independent risk factors for predicting IAC. In the training group, the maximum diameter of nodules, the maximum diameter of MPVR solid components, MPVR-CTR, and the logistic regression model had an area under the ROC curve（AUC）of 0.895（95%CI=0.857-0.932）, 0.977（95%CI=0.960-0.995）, 0.960（95%CI=0.938-0.982）, and 0.985（95%CI=0.975-0.996）, respectively, in predicting IAC, while in the validation group, they had an AUC of 0.822（95%CI=0.754-0.890）, 0.974（95%CI=0.952-0.997）, 0.957（95%CI=0.928-0.985）, and 0.978（95%CI=0.958-0.997）, respectively. The maximum diameter of MPVR solid components showed an excellent inter-observer consistency（ICC=0.824）, while the maximum diameter of nodules showed a moderate inter-observer consistency（ICC=0.687）. ***Conclusion***: MPVR has an important value in evaluating invasive lung adenocarcinoma, and its combination with computed tomography features can improve diagnostic efficiency.

【Key words】multi-planar volume reconstructions; lung adenocarcinoma; ground glass nodules; computed tomography

2021 版第 5 版世界卫生组织（World Health Organization, WHO）胸部肿瘤分类将不典型腺瘤样增生（atypical adenocarcinoma hyperplasia, AAH）及原位腺癌（adenocarcinoma in situ, AIS）定义为腺体前驱病变，将肺腺癌分为微浸润性腺癌（minimally invasive adenocarcinoma, MIA）和浸润性腺癌（invasive adenocarcinoma, IAC）[1]。腺体前驱病变和 MIA 术后 10 年无复发生存率均为 100%，而浸润性肺腺癌 5 年总生存率为 80.8%[2-3]。有研究表明，对最大直径≤2 cm 且实性成分占比（consolidation-to-tumor ratio, CTR）≤0.25 的结节（病理大部分为 AIS 以及 MIA）采取亚肺叶切除安全有效[4]。因此，术前区分出浸润性腺癌具有重要意义。

目前，影像学检查是早期肺腺癌术前诊断的重要方法。在薄层计算机体层成像（computed tomography, CT）图像上，AAH、AIS、MIA 及早期浸润性肺腺癌常表现为持续存在的磨玻璃结节[5-6]。Aherne EA 等[6]研究证实在高分辨率 CT 上的磨玻璃影与病理上的附壁成分相对应，实性成分与病理上的浸润成分相对应。然而，在 CT 上测量实性成分的最佳方法仍然存在争议，实性成分显示问题是始终阻碍影像科医生明确浸润成分是否存在以及准确定量分析的实际临床困境。

多平面容积重建（multi-planar volume reconstructions, MPVR）成像技术[8]，是一种 3D 重建方法，能够生成包含每个体素数据的最终图像。每个体素代表不同类型组织的比例（百分比）。此外，MPVR 技术可以为不同的体素属性分配颜色、不透明度和不同组织阴影灰度的独立控制，来获得最佳的显示质量和不同组织、器官的差别。与传统的容积重建相比，多平面薄层显示方案更符合临床影像诊断需求，并能够更清晰地展示实性病变及浸润性病变结构。因此，本研究试图通过 MPVR 成像技术，实现对早期肺腺癌进行定性定量分析，以期提高对该病变的诊断准确性和临床应用效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2016 年 1 月至 2018 年 10 月在重庆医科大学附属第一医院胸外科接受手术切除且病理证实为肺腺癌患者的临床及 CT 资料。纳入标准：经外科手术切除，有明确病理结果；术前检查有薄层 CT 结果；术前 CT 影像表现为 GGN；ⅠA 期病例。排除标准：其他肺部疾病的 CT 图像，如广泛瘢痕、肺结核、尘肺、肺炎、纤维化或水肿；有运动伪影的患者。最终纳入 425 例患者，5 例 AAH，94 例 AIS，88 例 MIA，238 例 IAC。此项研究经本院伦理委员会批准实施（审查批号：K2023-223）。

1.2 分组

以特异性为 90% 为预期标准，经 PASS 样本量计算软件拟入组 420 例有组织病理结果的 GGNs 病例。实际入组 425 例，以 2∶1 的分配标准，280 例为训练组建立预测浸润性腺癌的诊断模型，145 例为验证组评估模型的诊断效能。根据 2021 版 WHO 胸部肿瘤分类诊断标准，将患者分为 AAH/AIS/MIA 和 IAC 组。

1.3 仪器与方法

胸部 CT 扫描使用 SOMATOM Perspective、SOMATOM Definition Flash 和 Discovery CT 750 HD CT 扫描仪。所有患者均采用仰卧位，双上肢上举，深吸气后屏气曝光。扫描范围：胸腔入口至肋膈角。扫描参数如下：管电压，100~130 kVp；管电流，80~250 mAs（采用自动管电流调制技术）；扫描层厚或层间距，5 mm；重建层厚，0.625 或 1 mm；矩阵：512 mm × 512 mm；旋转时间 0.5~0.6 s；螺距：0.9 或 1；重建算

法：标准算法或中等锐利算法。使用标准肺窗口设置（窗宽为 1 600 HU；窗位为-600 HU）MPVR 设置了-800 HU 的 CT 值阈值以区分肺结节和血管与肺背景在 MPVR 图像的检测视图中，并且在 PSN 视图中设置了-350 HU 的 CT 值阈值以区分实性成分和磨玻璃背景，MPVR 已集成在 Carestream Vue PACS 中[8]。

1.4 图像分析

由 2 名放射科医生（1 名初级放射科医生有 3 年的经验，1 名高级放射科医生有 10 年以上的经验）在不知道病理结果和临床资料的情况下对图像进行分析，结果不一致时，通过协商解决。分析 GGN 的毛刺（结节周边向外放射状线条影，不与胸膜相连）、胸膜凹陷征（从结节表面延伸至胸膜表面的 1 条或多条线状影，而与其相连的胸膜形成的小三角形或喇叭形突起）及空泡征（结节内囊样含气腔隙，其不与支气管相通）。在肺窗轴位上测量结节最大直径，在 MPVR 图像上测量实性成分（即红色部分）最大直径（图 1）。MPVR-CTR= MPVR-实性成分最大直径/结节最大直径 × 100%。由第 3 位观察者在不知道测量结果的情况下对 79 例 GGN 进行重复测量结节最大直径，MPVR-实性成分最大直径。图 1A 显示病变为磨玻璃结节，实性成分最大直径为 22.54 mm，实性成分边界显示不清。图 1B，图像经 MPVR 重建，红色团块为实性成分，边界清晰，最大直径为 22.75 mm。图 1C，显微镜下该病变呈浸润性生长，以腺泡状生长方式为主，少部分呈微乳头状生长。

1.5 统计学方法

使用 SPSS 21.0 统计分析软件和 Medcalc 20.1.0 软件。非正态分布的计量资料用中位数（四分位间距）[M_d(P_{25},P_{75})] 表示，并使用 Mann-whitney U 检验进行差异性分析。计数资料用频数（百分数）表示，并使用 Pearson'S Chi-square 检验和 Fisher 确切概率法进行差异性检验。观察者间一致性评估（intraclass correlation coefficient，ICC）用于评估测量的可靠性。ICC 值介于 0 到 1，当 ICC<0.4 时，认为测量重复性差，当 ICC>0.75 时，认为测量重复性好。对单因素分析有统计学差异的连续变量以及分类变量进行多因素 logistic 回归分析，并生成 1 个简洁的多因素模型。将多因素分析有统计学差异的连续变量以及 logistic 回归模型进行 ROC 分析，并在 Medcalc 软件上使用 DeLong 检验比较不同的预测方法。检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 临床资料及不同病理类型 GGN 的影像学特征

AAH/AIS/MIA 组 187 个 GGN，IAC 组 238 个 GGN。AAH/AIS/MIA 组与 IAC 组患者性别、年龄差异有统计学意义（P=0.013、<0001），恶性肿瘤史、肺癌家族史差异无统计学意义（P=0.574、0.509）。IAC 组的结节最大直径、MPVR-实性成分最大直径、MPVR-CTR 均大于 AAH/AIS/MIA 组（P=0.001）。毛刺及胸膜凹陷征常见于 IAC（P=0.001），见表 1。

2.2 观察者间一致性评估

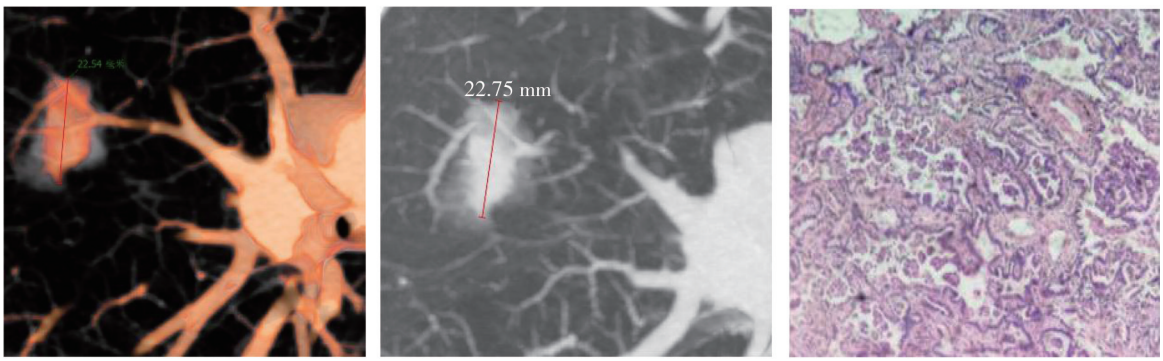
MPVR-实性成分最大直径测量的观察者间一致性很好（ICC=0.824），结节最大直径测量的观察者间一致性中等（ICC=0.687）。

2.3 IAC 独立危险因素分析

对训练组的临床及影像特征分别进行单因素分析，IAC 组年龄、结节最大直径、MPVR 实性成分最大直径及 MPVR-CTR 大于 AAH/AIS/MIA 组，差异具有统计学意义（P<0.05）。对单因素分析中具有统计学意义的变量进行多因素 logistic 回归分析。结果显示结节最大直径（P=0.016；OR=1.237，95%CI=1.040~1.472）和 MPVR-实性成分最大直径（P=0.019；OR=1.949，95%CI=1.117~3.400）是预测 IAC 的独立危险因素，见表 2。

2.4 预测模型建立及模型预测效能评价

利用结节最大直径、MPVR-实性成分最大直径及 MPVR-CTR 构建 logistic 回归模型。在训练集及验证集中，分别对结节最大直径、MPVR-实性成分最大直径、MPVR-CTR 以及 logistic 回归模型进行 ROC 分析（图 2）。预测效能见表 3。Delong 检验显示，MPVR-实性成分最大直径诊断效能和 logistic 回归模型相当（P=0.134，对比 logistic 回归模型），优于结节最大直径。



A. 磨玻璃结节　B. 磨玻璃结节MPVR重建　C. 显微镜下病变显示

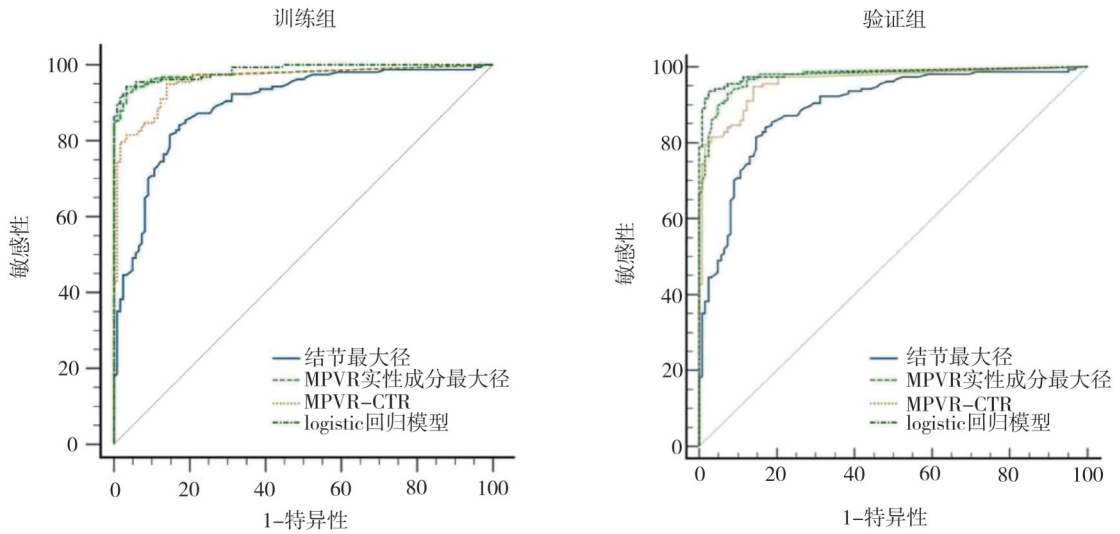
图 1　女，43 岁，右肺中叶浸润性腺癌

表1　2组间患者一般特征比较 [n,%;$M_d(P_{25},P_{75})$]

影响因素	AAH/AIS/MIA组（n=187）	IAC组（n=236）	χ^2/Z值	P值
年龄（岁）	52（45,62）	61（52,66）	−6.502	<0.001
性别			−2.468	0.013
男	59（31.6）	103（43.3）		
女	128（68.4）	135（56.7）		
最大直径（mm）	11（9.2,14.3）	20.6（15.8,26.1）	−13.015	<0.001
MPVR−实性成分最大直径（mm）	0（0.0,3.5）	14（9.8,19.4）	−16.816	<0.001
MPVR−CTR	0（0.0,0.3）	0.7（0.6,0.9）	−15.913	<0.001
空泡征（mm）			2.888	0.089
有	36（19.3）	62（26.3）		
无	151（80.7）	174（73.7）		
毛刺征			65.968	<0.001
有	44（23.5）	149（63.1）		
无	143（76.5）	87（36.9）		
胸膜凹陷征			49.011	<0.001
有	23（12.3）	103（43.6）		
无	164（87.7）	133（56.4）		
恶性肿瘤史			2.174	0.574
有	5（2.7）	6（2.5）		
无	182（97.3）	230（97.5）		
肺癌家族史			1.942	0.509
有	9（4.8）	15（6.4）		
无	178（95.2）	221（93.6）		

表2　预测IAC的单因素−多因素分析

指标	单因素分析	P值	多因素分析	P值
	OR值（95%CI）		OR值（95%CI）	
性别	1.523（0.924~2.513）	0.099		
年龄（岁）	1.078（1.051~1.105）	<0.001	1.009（0.951~1.071）	0.764
最大直径（mm）	1.386（1.282~1.498）	<0.001	1.237（1.040~1.472）	0.016
MPVR−实性成分最大直径（mm）	2.116（1.742~2.569）	<0.001	1.949（1.117~3.400）	0.019
MPVR−CTR	12.456（5.123~30.289）	<0.001	1.452（0.785~2.685）	0.232
空泡征	1.344（0.718~2.519）	0.355		
毛刺征	1.050（0.465~2.391）	0.910		
胸膜凹陷征	1.291（0.544~3.071）	0.568		



注：Delong检验显示，MPVR−实性成分最大直径诊断效能和logistic回归模型相当（P=0.134，对比logistic回归模型），优于结节最大直径图2预测模型的ROC曲线分析

图2　预测模型的ROC曲线分析

表3 预测模型预测效能评价

项目	组别	AUC	敏感性（%）	特异性（%）	95%CI
最大直径（mm）	训练组	0.895	84.1	82.8	0.857~0.932
	验证组	0.822	82.8	84.6	0.754~0.890
MPVR-实性成分最大直径（mm）	训练组	0.977	92.4	96.7	0.960~0.995
	验证组	0.974	97.5	89.2	0.952~0.997
MPVR-CTR（mm）	训练组	0.96	94.9	86.1	0.938~0.982
	验证组	0.957	91.3	86.2	0.928~0.985
logistic 模型	训练组	0.985	94.3	96.7	0.975~0.996
	验证组	0.978	96.3	92.3	0.958~0.997

3 讨 论

AAH/AIS/MIA 与 IAC 的鉴别是术前诊断以及在恰当的时机选择合适治疗方式的核心问题。大量研究证实肺腺癌的浸润成分在 GGN 中对应于其中的实性成分，通过对实性成分的定量分析来预测 IAC 的报道一直是研究热点，但实性成分边界模糊难以确定一直是实际临床工作中面临的问题。因此本研究通过图像后处理成像技术来显示实性成分，进而将 IAC 从 AAH/AIS/MIA 组中区分出来具有重要临床意义，可以作为临床决策的参考。本研究结果显示，患者年龄超过 61 岁，GGN 有毛刺征及胸膜凹陷提示为 IAC，且结节最大直径>14.1 mm 或 MPVR 实性成分最大直径>5.65 mm 或 MPVR-CTR>30.5% 支持 IAC 的诊断。logistic 模型鉴别 AAH/AIS/MIA 和 IAC 的 AUC 在训练组为 0.985，在验证组为 0.978。

本研究显示，年龄、毛刺征、胸膜凹陷征、结节总大小、MPVR-实性成分最大直径和 MPVR-CTR 在 AAH/AIS/MIA 组与 IAC 组差异具有统计学意义（P<0.05）。大量研究已证实 GGN 边缘毛刺和胸膜凹陷是恶性病变的预测特征[9-10]。Hu FY 等[8]研究证实年龄超过 60 岁是浸润性肺腺癌的预测因素，本研究结果也支持这一结论。浸润性肺腺癌患者年龄相比 AAH/AIS/MIA 组更大与其生长遵循从 AAH、AIS、MIA 到 IAC 的自然进展规律有关[11]。因此，IAC 组出现毛刺、胸膜凹陷征，年龄中位数为 61 岁的概率明显大于 AAH/AIS/MIA 组。本研究中空泡征在 AAH/AIS/MIA 组与 IAC 组差异无统计学意义可能与采用多维度重组方式观察图像有关，排除了与支气管相通的含气腔隙，导致其在 2 组的发生率均较低有关。

为了找到预测浸润性腺癌的独立影响因素，本研究对这些变量进行了单-多因素分析，结果显示只有结节最大直径和 MPVR-实性成分最大直径具有统计学意义。由于既往研究显示 CTR 在预测浸润性腺癌上具有重要意义，因此，本研究也将 MPVR-CTR 同结节最大直径和 MPVR-实性成分最大直径一起纳入 logistic 模型。在训练组进行 ROC 分析，本研究发现 MPVR-实性成分最大直径诊断效能最好，AUC 为 0.977，高于结节最大直径（P>0.001），和 logistic 模型的诊断效能相比差异无统计学意义（0.985，P=0.134，对比 logistic 回归模型）。这个结果得到了其他预测浸润性腺癌研究报道的支持，肺窗测量实性成分最大直径预测浸润性腺癌的 cut off 值范围在 5~8 mm，实性成分最大直径预测浸润性腺癌的 AUC 范围在 0.845~0.883，敏感性在 87.4~95.4，特异性在 64%~82%[8,12-14]。相较于其他研究，本研究的优势在于通过 MPVR 显示出的实性成分边界清晰，易于测量，观察者间一致性好（ICC=0.824）。为了不受 MPVR 显示出的实性成分干扰，本研究没有采取通过测量肺窗上实性成分大小的方法，而是通过测量结节最大直径来评估实际工作中测量的一致性，结果显示通过 MPVR 测量的观察者间一致性明显优于肺窗测量的观察者间一致性（ICC=0.687）。因此，本研究建议将 MPVR-实性成分最大直径 5.65 mm 作为预测浸润性腺癌的阈值。

有关浸润性肺腺癌与 MIA 的研究证实结节最大直径与肿瘤的浸润性密切相关[15]。Wu FZ 等[14]研究显示 GGN 结节最大直径≥12 mm 更有可能是 IAC，敏感性为 84.6%，特异性为 76.3%。而在本研究中，结节最大直径>14.1 mm 更有可能是 IAC。与既往研究结果存在差异的可能原因是本研究中的 GGN 包含了单纯性磨玻璃结节，而 Wu FZ 等[14]的研究对象为有实性成分的 GGN。

日本临床肿瘤小组（the Japan Clinical Oncology Group，JCOG）0201 临床试验发现磨玻璃结节中实性成分最大直径/肿瘤最大直径（maximum consolidation diameter/maximum tumor diameter，C/T）≤0.25 可以预测非浸润性肺腺癌，敏感性为 16.2%，特异性为 98.7%，高于本研究预测浸润性腺癌的 CTR 值阈值（0.305）。可能原因为：①本研究包括了实性成分最大直径超过 2 cm 的结节，增大了实性部分大的 GGN 在 IAC 中的比例；②与测量方法不同有关。单因素分析中 CTR 在 IAC 组大于 AAH/AIS/MIA 组（$P<0.001$），但多因素分析中差异无统计学意义。出现这种情况的原因，理论上是由于浸润性腺癌是由浸润成分大小和浸润成分占比共同决定的[16]。在本研究中，还存在很大一部分 CTR 很小，但浸润灶超过 5 mm 的浸润性腺癌，即附壁为主型腺癌（61 例，25.6%）。

本研究存在一定的局限性，首先本研究是回顾性研究，在收集样本时可能存在选择偏倚；其次本研究样本量较少，还需要在更大样本的前瞻性研究中进行验证；最后，本项研究采取的 MPVR 技术在参数测量方面应设计得更加自动化，在后续研究中纳入更多的预测参数。

4 结 语

综上所述，在 GGN 中，CT 特征中毛刺以及胸膜凹陷的出现更可能是浸润性腺癌，而当结节最大直径>14.1 mm 或 MPVR-实性成分最大直径>5.65 mm 或 MPVR-CTR>30.5% 时，更支持浸润性腺癌的诊断。MPVR 对于评估浸润性肺腺癌具有重要价值，与 CT 征象结合可提高诊断效能。

参 考 文 献

[1] Nicholson AG，Tsao MS，Beasley MB，et al. The 2021 WHO classification of lung tumors：impact of advances since 2015[J]. J Thorac Oncol，2022，17(3)：362-387.

[2] Aokage K，Suzuki K，Saji H，et al. Segmentectomy for ground-glass-dominant lung cancer with a tumour diameter of 3 cm or less including ground-glass opacity（JCOG1211）：a multicentre，single-arm，confirmatory，phase 3 trial[J]. Lancet Respir Med，2023，11(6)：540-549.

[3] Li D，Deng CQ，Wang SP，et al. Ten-year follow-up of lung cancer patients with resected adenocarcinoma *in situ* or minimally invasive adenocarcinoma：wedge resection is curative[J]. J Thorac Cardiovasc Surg，2022，164(6)：1614-1622.

[4] Matsunaga T，Suzuki K，Takamochi K，et al. What is the radiological definition of part-solid tumour in lung cancer?[J]. Eur J Cardiothorac Surg，2017，51(2)：242-247.

[5] Cui XN，Fan SX，Heuvelmans MA，et al. Optimization of CT windowing for diagnosing invasiveness of adenocarcinoma presenting as sub-solid nodules[J]. Eur J Radiol，2020，128：108981.

[6] Aherne EA，Plodkowski AJ，Montecalvo J，et al. What CT characteristics of lepidic predominant pattern lung adenocarcinomas correlate with invasiveness on pathology?[J]. Lung Cancer，2018，118：83-89.

[7] Li WJ，Chu ZG，Li D，et al. Accuracy of solid portion size measured on multiplanar volume rendering images for assessing invasiveness in lung adenocarcinoma manifesting as subsolid nodules[J]. Quant Imaging Med Surg，2024，14(2)：1971-1984.

[8] Hu FY，Huang HH，Jiang YY，et al. Discriminating invasive adenocarcinoma among lung pure ground-glass nodules：a multi-parameter prediction model[J]. J Thorac Dis，2021，13(9)：5383-5394.

[9] Fang WY，Zhang GR，Yu YL，et al. Identification of pathological subtypes of early lung adenocarcinoma based on artificial intelligence parameters and CT signs[J]. Biosci Rep，2022，42(1)：2035-2045.

[10] Hung JJ，Yeh YC，Jeng WJ，et al. Predictive value of the international association for the study of lung cancer/American Thoracic Society/European Respiratory Society classification of lung adenocarcinoma in tumor recurrence and patient survival[J]. J Clin Oncol，2014，32(22)：2357-2364.

[11] Yanagawa M，Kusumoto M，Johkoh T，et al. Radiologic-pathologic correlation of solid portions on thin-section CT images in lung adenocarcinoma：a multicenter study[J]. Clin Lung Cancer，2018，19(3)：303-312.

[12] Kawaguchi Y，Nakao M，Omura K，et al. The utility of three-dimensional computed tomography for prediction of tumor invasiveness in clinical stage IA lung adenocarcinoma[J]. J Thorac Dis，2020，12(12)：7218-7226.

[13] Lv YL，Zhang J，Xu K，et al. Computed tomography versus frozen sections for distinguishing lung adenocarcinoma：a cohort study of concordance rate[J]. Asian J Surg，2022，45(11)：2172-2178.

[14] Wu FZ，Chen PA，Wu CC，et al. Semiquantative visual assessment of sub-solid pulmonary nodules ≤3 cm in differentiation of lung adenocarcinoma spectrum[J]. Sci Rep，2017，7(1)：15790.

[15] Suzuki K，Koike T，Asakawa T，et al. A prospective radiological study of thin-section computed tomography to predict pathological noninvasiveness in peripheral clinical IA lung cancer（Japan Clinical Oncology Group 0201）[J]. J Thorac Oncol，2011，6(4)：751-756.

[16] 张 杰. 肺肿瘤诊断病理学若干问题的认识和思考[J]. 中华病理学杂志，2021(5)：431-436.
Zhang Jie. Understanding and Thinking on Several Issues in the Diagnostic Pathology of Lung Tumors[J]. Chinese Journal of Pathology，2021(5)：431-436.

（收稿：2024-07-04；修回：2024-12-25；录用：2025-01-15）
（责任编辑：周一青）

本文引用格式：
张 可，敖维维，李 丹，等. MPVR 评估肺磨玻璃结节侵袭性的价值[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(12)：1656-1661.