



基于CT影像特征的诺莫图模型构建在小细胞肺癌与非小细胞肺癌鉴别诊断中的应用价值

乔晓春, 祁冬, 王鹏, 杨米雪, 姚木子, 沈艳

引用本文:

乔晓春, 祁冬, 王鹏, 等. 基于CT影像特征的诺莫图模型构建在小细胞肺癌与非小细胞肺癌鉴别诊断中的应用价值[J]. 蚌埠医科大学学报, 2025, 50(2): 243-248, 253.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.2097-5252.2025.02.023>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

CT影像组学在预测非小细胞肺癌淋巴结转移中的价值

The value of CT radiomics in the prediction of lymph node metastasis in non-small cell lung cancer

蚌埠医学院学报. 2021, 46(9): 1239-1243,1247 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.09.023>

非小细胞肺癌病人PD-L1表达与临床及影像学特征关系

Relationship between PD-L1 expression and clinical and imaging features in patients with non-small cell lung cancer

蚌埠医学院学报. 2021, 46(7): 878-883 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.07.010>

CT影像组学联合临床特征在预测肺腺癌EGFR突变中的价值

Value of the CT radiomics combined with clinical features in the prediction of EGFR mutation in lung adenocarcinoma

蚌埠医学院学报. 2021, 46(8): 1103-1108 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.08.030>

基于倾向评分匹配法评估五种血清肿瘤标志物在肺癌辅助诊断中的应用价值

Value of five serum tumor markers in the diagnosis of lung cancer: A study based on propensity score-matched method

蚌埠医学院学报. 2020, 45(9): 1270-1272,1276 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.09.034>

基于能谱CT纹理分析在预测胃癌术前淋巴结转移中的价值

Value of texture analysis based on spectral CT in predicting preoperative lymph node metastasis of gastric cancer

蚌埠医学院学报. 2021, 46(1): 21-24 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.01.006>

基于 CT 影像特征的诺莫图模型构建在小细胞肺癌 与非小细胞肺癌鉴别诊断中的应用价值

乔晓春, 祁冬, 王鹏, 杨米雪, 姚木子, 沈艳

(安徽省蚌埠市第一人民医院 医学影像科, 233000)

[摘要] **目的:** 探讨基于 CT 影像特征构建诺莫图模型对小细胞肺癌 (SCLC) 与非小细胞肺癌 (NSCLC) 的鉴别诊断价值。 **方法:** 回顾性收集 120 例肺癌病人的影像资料, 其中 SCLC 39 例、NSCLC 81 例, 按照 7:3 的比例将数据随机分为训练集及验证集。采用单因素及多因素 logistic 回归分析筛选独立影响因素, 并构建诺莫图模型。应用倾向性评分匹配 (PSM) 按 1:1 匹配 37 例 NSCLC 病人为对照组, 并比较 2 组病人 PSM 匹配后的一般临床资料及影像特征差异。应用受试者操作特征 (ROC) 曲线、校正曲线、Hosmer-Lemeshow 检验和临床决策曲线 (DCA) 对模型进行性能评估。 **结果:** 单因素分析结果显示, NSCLC 组病灶直径 > 3 cm、深分叶征、细长毛刺征、坏死空洞征及空泡征均明显多于 SCLC 组 ($P < 0.05$), SCLC 组 CEA 水平明显高于 NSCLC 组 ($P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 模型训练集及验证集的 AUC 值分别为 0.838、0.820, 其敏感性、特异性分别为 86.50%、80.25% 和 84.37%、79.88%。Hosmer-Lemeshow 检验结果显示模型的拟合良好且训练集及验证集校准曲线均与理想曲线接近, 表明模型具有较好的预测精度。训练集及验证集 DCA 分析均表明诺莫图模型在鉴别 SCLC 与 NSCLC 临床应用上具有良好的净获益。PSM 匹配后经单因素分析显示, NSCLC 组病灶直径 > 3 cm、坏死空洞及深分叶征占比仍多于 SCLC 组 ($P < 0.05$)。 **结论:** 基于 CT 影像特征构建诺莫图模型在鉴别 SCLC 与 NSCLC 方面具有一定的准确率、校准度和区分度, 为临床制定针对性个性化治疗方案提供参考依据。

[关键词] 小细胞肺癌; 非小细胞肺癌; CT 影像特征; 诺莫图模型

[中图分类号] R 734.2

[文献标志码] A

DOI:10.13898/j.cnki.issn.2097-5252.2025.02.023

Application value of nomogram model based on CT image features in differential diagnosis of small cell lung cancer and non-small cell lung cancer

QIAO Xiaochun, QI Dong, WANG Peng, YANG Mixue, YAO Muzi, SHEN Yan

(Department of Medical Imaging, The First People's Hospital of Bengbu, Bengbu Anhui 233000, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the value of constructing nomogram model based on CT image features in the differential diagnosis of small cell lung cancer (SCLC) and non-small cell lung cancer (NSCLC). **Methods:** The imaging data of 120 lung cancer patients (including 39 cases of SCLC and 81 cases of NSCLC) were retrospectively analyzed, and randomly divided into the training set and validation set in the ratio of 7:3. The univariate and multivariate logistic regression analyses were used to screen for the independent influencing factors, and a nomogram model was constructed. Propensity score matching (PSM) was applied to match 37 NSCLC patients as the control group on a 1:1 basis, and the general clinical data and imaging characteristics between two groups were compared after PSM matching. The performance of the model was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curves, calibration curves, Hosmer-Lemeshow test and clinical decision curve analysis (DCA). **Results:** The results of univariate analysis showed that the lesion diameters > 3 cm, deep lobulation signs, elongated burr signs, necrotic cavity signs, and vacuole signs in the NSCLC group were more than those in SCLC group ($P < 0.05$), and the level of CEA in the SCLC group was significantly higher than that in NSCLC group ($P < 0.05$). The results of ROC curve analysis showed that the AUC values of the training set and validation set of the model were 0.838 and 0.820, respectively, and its sensitivity and specificity were 86.50%, 80.25% and 84.37%, 79.88%, respectively. The results of Hosmer-Lemeshow test showed that the model was well fitted, and the calibration curves of the training set and validation set were close to the ideal curves, which indicated that the model had a better prediction accuracy. The DCA analysis of the training set and validation set indicated that the nomogram model had a good net benefit in discriminating SCLC from NSCLC in clinical applications. After PSM matching, the results of univariate analysis showed that the percentage of lesions > 3 cm in diameter,

necrotic cavities, and deep lobular signs in the NSCLC group were more than those in SCLC group ($P < 0.05$). **Conclusions:** The construction of nomogram model based on CT image features has certain accuracy, calibration and differentiation in identifying SCLC and NSCLC, which provides a reference basis for clinical development of targeted personalized treatment plans.

[**Key words**] small cell lung cancer; non-small cell lung cancer; CT imaging feature; nomogram model

肺癌是我国发病率和死亡率最高的恶性肿瘤之一,尤其在男性恶性肿瘤发病率中位居首位,在女性发病率中仅次于乳腺癌^[1]。肺癌在临床中主要包括小细胞肺癌(small cell lung cancer, SCLC)和非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)两大类,其中 SCLC 约占 15%、NSCLC 约占 85%^[2],由于两者的生物学行为不尽相同,因此,在临床治疗上也存在明显差异。一般早期 NSCLC 的最佳治疗方式是手术切除,中晚期病人则是手术切除联合化疗治疗方案。相关研究表明,在术后辅助放疗或化疗能够明显延长病人生存时间^[3]。SCLC 在治疗方案上需要慎重选择,一般绝大部分病人需要依靠放化疗或免疫靶向药物治疗,而手术治疗效果较差^[4]。另外,尽管 SCLC 和 NSCLC 在中晚期治疗上都是采用以放疗或化疗为主,却在具体治疗方案上存在很大差异,因此,明确肺癌病理类型对临床制定个性化治疗方案、改善病人预后和提高病人生存率都至关重要。本研究基于肺癌 CT 影像特征,通过构建诺模图模型鉴别 SCLC 和 NSCLC 并验证该模型在临床中的实际应用价值,现作报道。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取蚌埠市第一人民医院 2019 年 5 月至 2023 年 12 月 120 例经手术或穿刺病理证实的肺癌病人作为研究对象。其中,男 79 例,女 41 例;年龄 29 ~ 81 岁;SCLC 39 例,NSCLC 81 例。纳入标准:(1)经手术或穿刺明确病理诊断结果为 SCLC 或 NSCLC;(2)所有病人在治疗前均进行普通 CT 检查;(3)具有完备的临床及影像资料;(4)以往无肺部或其他部位恶性肿瘤史;(5)无纵膈淋巴结及远处器官转移。排除标准:(1)CT 图像出现严重伪影,不符合诊断要求;(2)甲状腺功能亢进、哮喘及碘对比剂过敏;(3)严重肝肾功能不全;(4)已进行放化疗等辅助治疗;(5)CT 显示有肺炎、肺纤维化等其他肺部病变。本研究所有病人及家属均签署检查知情同意书,并经我院医学伦理委员会审核(BBY2024001)。由于本研究 SCLC 病人样本量较

少,为消除数据偏倚,采用倾向性匹配评分(propensity score matching, PSM)方法,设定匹配因素为一般临床资料及影像特征,采用 1:1 匹配 37 例 NSCLC 病人作为对照组。

1.2 仪器与方法

采用美国 GE 公司 256 排 Revolution CT 扫描仪,所有经病理证实为 SCLC 或 NSCLC 病人术前均行常规胸部 CT 平扫或增强扫描。主要扫描参数:管电压 120 kVp,管电流 180 ~ 560 mA,准直器宽度 8 cm,扫描层厚及间距 5 mm,矩阵 512 × 512,螺距 1.1,薄层重建层厚及层间距采用 1.25 mm。扫描前经肘静脉注射碘海醇对比剂,以 3.0 mL/s 进行注射,在注射对比剂后延迟 25 ~ 30 s 进行动脉期扫描,之后再延迟 28 s 进行静脉期扫描。病人采取仰卧位双手抱头,扫描前行吸气训练,扫描范围自肺尖至肺底行全肺扫描。

1.3 图像分析

将 CT 影像数据传至 GEAW4.7 工作站,由 2 名副主任医师采用双盲法在病灶最大层面分别采用肺窗(窗宽 1 200 Hu,窗位 -600 Hu)和纵膈窗(窗宽 450 Hu,窗位 50 Hu)提取 CT 影像特征,意见不一致时,通过协商达成一致。CT 影像特征标准^[5-6]:(1)病灶直径,在病灶直径最大层面进行测量,分别测量 3 次,取其平均值作为参考值;(2)坏死空洞,病灶内液化坏死和气体形成;(3)细毛刺征,病灶边缘出现数目不等,呈放射细长条状排列、长度大于 1 cm 的线状影;(4)深分叶征,病灶的弦弧距和弦长之比值 > 0.4 ;(5)空泡征,病灶内部见直径 < 5 mm 的细小圆形或卵圆形气体密度影;(6)胸膜牵拉征,病灶与脏层胸膜之间出现长条状密度增高影并有牵拉胸膜的表现;(7)血管集束征,病灶边缘见一支或多支血管结构受病灶的牵拉向病灶方向集中或通过病灶或在病灶的边缘截断的影像表现。

1.4 统计学方法

采用 t 检验、Mann-Whitney U 检验、 χ^2 检验、ROC 曲线分析、校正曲线和临床决策曲线。采用 R 语言 rms 包将多因素 logistic 回归分析有差异的自变量纳入 logistic 回归构建预测模型,并绘制诺

莫图。

2 结果

2.1 2 组病人 PSM 匹配前后临床资料和 CT 影像特征结果比较

2 组病人性别、年龄、吸烟史及长期饮酒史差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)；NSCLC 组病灶直径 > 3 cm、深分叶征、细长毛刺征、坏死空洞征及空泡征均明显多于 SCLC 组 ($P < 0.05$)；SCLC 组 CEA 水平

明显高于 NSCLC 组 ($P < 0.05$)；病灶分布、胸膜牵拉征、血管束束征及 CA199 水平 2 组差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。经 PSM 匹配后,共匹配 37 对肺癌病人,2 组组间性别、年龄、吸烟史、肿瘤标志物、细长毛刺征、空泡征及病灶分布等资料差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),而 NSCLC 组病灶直径 > 3 cm、坏死空洞及深分叶征占比仍多于 SCLC 组 ($P < 0.05$) (见表 1)。

表 1 PSM 匹配前后 SCLC 与 NSCLC 病人临床资料与 CT 影像特征结果比较[n ;百分率(%)]

分组	匹配前				匹配后			
	SCLC 组($n=39$)	NSCLC 组($n=81$)	χ^2	P	SCLC 组($n=37$)	NSCLC 组($n=37$)	χ^2	P
年龄($\bar{x} \pm s$)/岁	61.23 \pm 8.35	58.45 \pm 7.49	1.02*	>0.05	55.34 \pm 6.38	59.56 \pm 4.91	1.03*	>0.05
性别								
男	31(79.49)	48(59.26)	1.00	>0.05	21(56.76)	14(37.84)	2.66	>0.05
女	8(20.51)	33(40.74)			16(43.24)	23(62.16)		
吸烟史								
是	27(69.23)	39(48.15)	1.07	>0.05	18(48.65)	15(40.54)	0.49	>0.05
否	12(30.77)	42(51.85)			19(51.35)	22(59.46)		
长期饮酒史								
是	11(28.21)	35(43.21)	1.98	>0.05	16(43.24)	12(32.43)	0.92	>0.05
否	28(71.79)	46(56.79)			21(56.76)	25(67.57)		
家族肿瘤史								
是	15(38.46)	44(54.32)	2.65	>0.05	11(29.73)	14(37.84)	0.54	>0.05
否	24(61.54)	37(45.68)			26(70.27)	23(62.16)		
病灶直径/cm								
>3	25(64.10)	69(85.19)	6.89	<0.05	8(21.62)	26(70.27)	17.63	<0.01
≤ 3	14(35.90)	12(14.81)			29(78.38)	11(29.73)		
坏死空洞								
有	27(69.23)	72(88.89)	7.05	<0.05	10(27.03)	23(62.16)	9.23	<0.05
无	12(30.77)	9(11.11)			27(72.97)	14(37.84)		
细长毛刺征								
有	24(61.54)	67(82.72)	6.44	<0.05	15(40.54)	17(45.95)	0.22	>0.05
无	15(38.46)	14(17.28)			22(59.46)	20(54.05)		
深分叶征								
有	22(56.41)	65(80.25)	7.50	<0.05	12(32.43)	21(56.76)	4.43	<0.05
无	17(43.60)	16(19.75)			25(67.57)	16(43.24)		
空泡征								
有	28(71.79)	71(87.65)	4.59	<0.05	17(45.95)	22(59.46)	0.05	>0.05
无	11(28.21)	10(12.35)			20(54.05)	15(40.54)		
胸膜牵拉征								
有	25(64.10)	43(53.09)	1.30	>0.05	21(56.76)	19(51.35)	0.22	>0.05
无	14(35.90)	38(46.91)			16(43.24)	18(48.65)		
血管束束征								
有	21(53.85)	36(44.44)	0.93	>0.05	25(67.57)	20(54.05)	1.42	>0.05
无	18(46.15)	45(55.56)			12(32.43)	17(45.95)		

续表 1

分组	匹配前				匹配后			
	SCLC 组(<i>n</i> = 39)	NSCLC 组(<i>n</i> = 81)	χ^2	<i>P</i>	SCLC 组(<i>n</i> = 37)	NSCLC 组(<i>n</i> = 37)	χ^2	<i>P</i>
病灶分布								
上叶	12(30.77)	41(50.62)			17(45.95)	23(62.16)		
中叶	9(23.08)	13(16.05)	1.74	>0.05	8(21.62)	4(10.81)	3.24	>0.05
下叶	18(46.15)	27(33.33)			12(32.43)	10(27.03)		
CA199[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)] (U/mL)	43.45(40.13, 44.27)	39.33(31.89, 41.57)	0.52 [△]	>0.05	50.07(48.76, 52.35)	48.22(44.53, 50.77)	0.62 [△]	>0.05
CEA($\bar{x} \pm s$)(ng/mL)	71.60 ± 7.04	37.11 ± 4.08	7.38*	<0.05	56.49 ± 6.87	51.27 ± 3.98	0.85*	>0.05

* 示 *t* 值; [△] 示 *Z* 值。

2.2 影响 SCLC 与 NSCLC 的多因素 logistic 回归分析

以肺癌类型为因变量(SCLC = 1, NSCLC = 0), 以单因素分析具有统计学差异的变量(自变量赋值情况见表 2)作为自变量进行多因素 logistic 回归分析, 结果显示, 病灶直径 > 3 cm、坏死空洞及深分叶征在预测 SCLC 与 NSCLC 中的鉴别诊断价值较高, 可作为独立预测因子(见表 3), 典型图像见图 1。

表 2 SCLC 与 NSCLC 影像征象(自变量)赋值表

自变量	赋值情况
坏死空洞	0 = 无, 1 = 有
病灶直径	0 = ≤ 3 cm, 1 = > 3 cm
深分叶征	0 = 无, 1 = 有
细长毛刺	0 = 无, 1 = 有
空泡征	0 = 无, 1 = 有

表 3 基于 CT 影像征象的 SCLC 与 NSCLC 鉴别多因素 logistic 回归分析

变量	<i>B</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
病灶直径 > 3 cm	1.934	0.898	1.99	6.916	1.401 ~ 54.751	2.15	<0.05
坏死空洞	1.642	0.745	5.82	5.168	1.285 ~ 24.513	2.21	<0.05
深分叶征	1.456	0.694	3.99	4.288	1.151 ~ 18.365	2.10	<0.05
细长毛刺	-1.838	0.784	3.02	0.159	0.028 ~ 1.675	-1.35	>0.05
空泡征	1.139	0.690	5.31	3.122	0.841 ~ 13.216	1.65	>0.05
CEA(ng/mL)	0.007	0.013	1.77	1.107	0.423 ~ 1.629	2.00	>0.05
常数	4.623	1.425	0.01	0.010	—	-3.24	<0.05

2.3 诺莫图预测模型构建

选择鉴别 SCLC 与 NSCLC 的独立影响因素在训练集中构建诺莫图, 最终将病灶直径 > 3 cm、坏死空洞及深分叶征 3 个独立影响因素(病灶直径 > 3 cm; 0 = 病灶直径 > 3 cm 阴性, 1 = 病灶直径 > 3

cm 阳性。坏死空洞: 0 = 坏死空洞阴性, 1 = 坏死空洞阳性。深分叶征: 0 = 深分叶征阴性, 1 = 深分叶征阳性)纳入 R 语言 rms 包构建诺莫图。在诺莫图中, 根据每个影响因素对结局变量的影响程度, 在横轴上相应点对应不同的分值, 然后将各个评分相加得到总评分, 不同总评分对应相应的预测概率。本诺莫图中, 病灶直径 > 3 cm(+) 得分 100 分, (-) 为 0 分; 坏死空洞(+) 得分 30 分, (-) 为 0 分; 深分叶征(+) 得分 58 分, (-) 为 0 分(见图 2)。

2.4 诺莫图预测模型性能评价

经 ROC 曲线分析结果显示, 该模型的训练集 AUC 值为 0.838(95% *CI*: 0.761 ~ 0.914, *P* < 0.001), 其敏感性为 86.50%, 特异性为 80.25%; 验证集的 AUC 值为 0.820(95% *CI*: 0.746 ~ 0.893, *P* < 0.01), 其敏感性为 84.37%, 特异性为 79.88%(见图 3)。对该模型采用 Bootstrap 法进行内部验证, 在进行 1 000 次重复抽样后, 训练集及验证集校准曲线显示, 该模型预测曲线比较贴近理想标准曲线, 没有出现明显偏离现象, 表明该诊断模型具有较好的预测精准度(见图 4)。经 Hosmer-Lemeshow 检验, 结果显示该模型的拟合度良好(训练集 $\chi^2 = 2.15, P > 0.05$; 验证集 $\chi^2 = 4.95, P > 0.05$)。此外, 训练集和验证集 DCA 分析显示, 当阈概率在 2% ~ 80% 和 0% ~ 77% 范围内时, 该模型均有良好的预测净收益率, 对鉴别 SCLC 与 NSCLC 具有临床意义(见图 5)。

3 讨论

根据世界卫生组织 2015 版肺癌病理分类标准, 主要分为 9 种类型, 其中 SCLC 是一种不易发现、生长速度快、易发生肺内转移且预后效果较差的一种神经内分泌肿瘤^[7], 5 年生存率不到 7%^[8], 由于其对化疗敏感, 临床主要以化疗联合免疫靶向药物治

疗为主。NSCLC 占全部肺癌的 85% 左右,5 年生存率约 15%,其生长速度相对缓慢,早期不易发生转移扩散,治疗方式根据肺癌(Tumor Node Metastasis, TNM)分期制定, I a ~ III a 期通常以手术治疗为主^[9]。目前,临床中获取肺癌病理类型的常用手段主要有经纤维支气管镜和 CT 引导下穿刺活检,此两种方法均为有创、可重复性差且费用高。而且当肿瘤位于 5 级以下支气管水平时,纤维支气管镜往往难以准确获取病灶组织,导致检查失败。当肿瘤位于较深位置肺动脉、主动脉等大血管旁时,此时进行 CT 引导下穿刺活检风险较大,且术后发生并发症可能较多,如气胸、肺出血等^[10-11]。CT 检查是目前临床中最常见诊断肺癌的检查手段,其可以通过三维后处理技术将病灶大小、血供、位置及与周围组织器官的关系立体显示出来,有利于提高诊断信心^[12]。但是,大部分 SCLC 和 NSCLC 在影像上没有

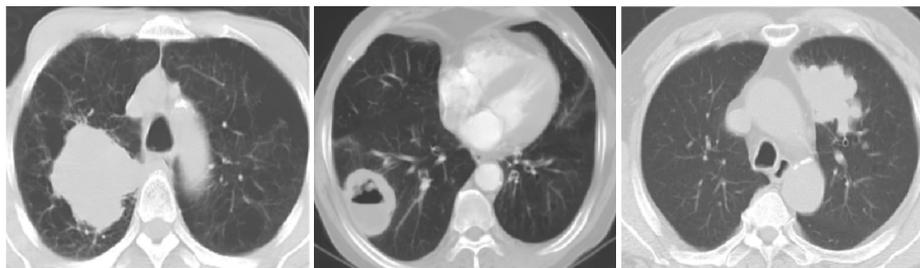


图1 病灶直径>3 cm、坏死空洞及深分叶征典型病例图像

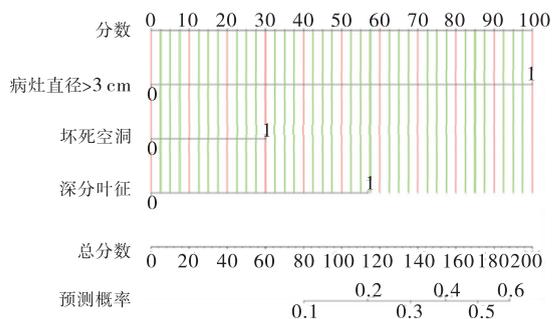


图2 鉴别SCLC与NSCLC的诺莫图

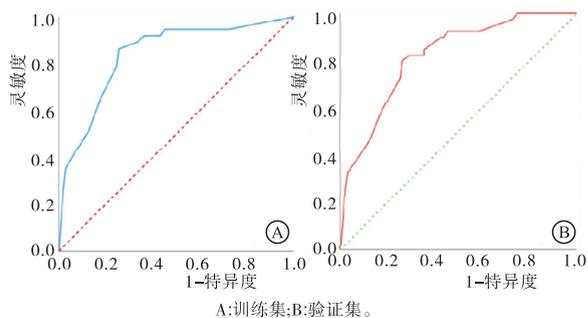


图3 诺莫图模型的ROC曲线

本研究在以上研究基础上,通过多因素 logistic 回归分析,并建立诺模图模型显示,病灶直径 >

明显特异性表现,准确鉴别二者仍然存在很大难度。王俊青等^[13-14]采用能谱 CT 对肺癌病理类型进行鉴别诊断研究,结果表明,SCLC 组碘浓度、标准化碘浓度及能谱曲线斜率均显著低于 NSCLC 组($P < 0.05$),说明通过能谱 CT 对不同参数进行定量测量,能够在一定程度上鉴别诊断 SCLC 与 NSCLC。本研究结果显示,CEA 水平是鉴别 SCLC 与 NSCLC 的关键因素。孔令芹等^[15]将 SCLC 与 NSCLC 的病灶纹理影像特征和肿瘤标志物进行对照研究,NSCLC 组的熵、熵和及熵差均高于 SCLC 组($P < 0.05$);SCLC 组 CEA 水平明显高于 NSCLC 组($P < 0.05$);而 NSCLC 组细胞角蛋白 19 片段水平高于 SCLC 组($P < 0.05$),与本研究结果相符,说明通过血清中肿瘤标志物的水平含量,能够在一定程度上对 SCLC 与 NSCLC 进行鉴别。

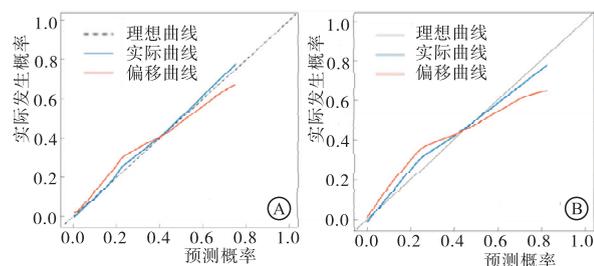


图4 诺莫图模型的校正曲线
A:训练集;B:验证集。

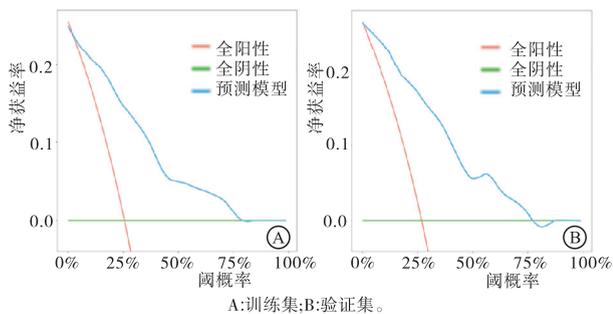


图5 诺莫图模型的DCA曲线
A:训练集;B:验证集。

3 cm、坏死空洞及深分叶征是鉴别 SCLC 与 NSCLC 独立影响因素。王晓男等^[16]在 SCLC 与 NSCLC 的

CT 特征对比研究中发现, NSCLC 的纵隔淋巴结融合及纵隔血管侵犯病人明显多于 SCLC 病人 ($P < 0.05$), 这可能是因为 NSCLC 的癌细胞比较活跃, 容易跨越正常组织边界, 导致多个淋巴结受累, 进而向纵隔内主动脉、上腔静脉等血管侵犯。余滢等^[17] 通过肺癌 CT 特征及临床资料构建诺莫图模型, 能够有效预测恶性肺结节淋巴结转移。燕翠芳等^[18] 基于 CT 影像和临床特征构建列线图模型在预测表皮生长因子受体突变状态的研究中发现, 该列线图模型在术前对 NSCLC 病人的 EGFR 突变状态具有良好的预测价值。吴小茜等^[19] 根据乳腺非肿块型恶性病变超声特征构建列线图模型在预测其发生概率的研究显示, 该列线图风险预测模型具有较高的准确率、校准度和稳定性。从该诺模图模型可以发现, 坏死空洞及深分叶征亦是鉴别 SCLC 与 NSCLC 的预测因子, 而有学者研究^[20] 发现在 NSCLC 病人中毛刺征、病灶不规则形及支气管狭窄闭塞发生率显著高于 SCLC ($P < 0.05$), 但未进一步分析是否是鉴别 SCLC 与 NSCLC 的独立影响因素。

logistic 回归模型是机器学习模型中的其中一种, 该模型已在临床研究中广泛使用, 能够准确筛选出影响临床事件的影响因素^[21]。诺模图是对多因素 logistic 回归模型的一种可视化展示, 该图能够更加简单明了地理解不同影响因子对鉴别 SCLC 与 NSCLC 的作用。冯迪等^[22] 根据 CT 影像特征构建列线图模型对 NSCLC 胸膜是否浸润进行预测, 发现病灶边缘粗糙特征的 AUC 值为 0.924, 敏感性和特异性分别为 86.36% 和 94.51%, 是 NSCLC 胸膜浸润的最佳预测指标。本研究中列线图模型经过内部验证发现, 该模型验证集的 AUC 值为 0.820, 灵敏度为 84.37%, 特异度为 79.88%, 说明该模型对 SCLC 与 NSCLC 具有较高的鉴别能力; 同时采用 Bootstrap 法进行 1 000 次重复抽样发现, 该模型的预测曲线比较贴近理想曲线, 没有出现明显偏离现象, 平均绝对误差为 0.006, 表明该模型具有较好的预测精准度和一致性。最后, 经 DCA 分析显示, 该列线图模型验证集的阈概率在 0% ~ 77% 范围内时, 具有良好的临床获益率。黄志成等^[23] 采用 logistic 回归、随机森林 (Random Forest, RF)、邻近算法 (K-Nearest Neighbors, KNN) 等 7 种机器学习算法对 SCLC 与 NSCLC 进行鉴别诊断研究, 结果表明 7 种机器学习算法均能够对 SCLC 与 NSCLC 进行有效鉴别, 尤以 KNN 模型的诊断效能最优, 这可能是与样本量大小或不同模型之间算法有关。

另外, 本研究为回顾性研究, 各变量因素之间较为混杂, 且 2 组样本量数据差别较大, 可能会导致组间基线不均衡现象发生, 因此本研究通过采用 PSM 调整 2 组间混杂因素的干扰, 使其能够均衡, 或减弱协变量对研究因素的影响, 从而达到“随机化”的效果^[24-25]。本研究结果显示, 病灶直径 > 3 cm、坏死空洞及深分叶征是鉴别 SCLC 与 NSCLC 的影响因素, 且经 PSM 分析匹配控制组间混杂因素后发现上述 3 个变量仍是鉴别 SCLC 与 NSCLC 的影响因素, 说明本研究结果是可靠的。但是, 本研究仍存在不足之处, 首先本研究为回顾性研究, 且样本量较少; 其次, 未进行外部验证, 后期仍需进行前瞻性、多中心大样本研究, 以进一步完善。

综上所述, 基于 CT 影像特征构建诺莫图模型在鉴别 SCLC 与 NSCLC 方面具有一定的准确率、区分度和校准度, 为临床制定针对性个性化治疗方案提供参考依据。

[参 考 文 献]

- [1] 黄岩, 张力. 2020 CSCO 非小细胞肺癌诊疗指南更新要点解读[J]. 临床内科杂志, 2020, 37(8):603.
- [2] 田双凤, 杨萌, 夏建国, 等. 实性非小细胞肺癌能谱 CT 参数与 Ki-67 表达水平的相关性研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(3):181.
- [3] DU J, LI Y C, WANG L, *et al.* Selective application of neuroendocrine markers in the diagnosis and treatment of small cell lung cancer[J]. Clin Chim Acta, 2020, 509:295.
- [4] National Lung Screening Trial Research Team. Lung cancer incidence and mortality with extended follow-up in the national lung screening trial[J]. J Thorac Oncol, 2019, 14(10):1732.
- [5] 高琳, 于鑫鑫, 康冰, 等. CT 影像学对肺纯磨玻璃结节浸润性的预测价值[J]. 山东大学学报(医学版), 2022, 60(5):87.
- [6] 中华医学会, 中华医学会肿瘤学分会, 中华医学会杂志社. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2019 版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2020, 42(4):257.
- [7] WANG T, DENG J, SHE Y, *et al.* Radiomics signature predicts the recurrence-free survival in stage I non-small cell lung cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 109(6):1741.
- [8] WANG BY, HUANG J, CHEN HC, *et al.* The comparison between adenocarcinoma and squamous cell carcinoma in lung cancer patients[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2020, 146(1):43.
- [9] 唐聪聪, 陈艾琪, 曹胜男, 等. CT 影像学在非小细胞肺癌病理分级中的应用[J]. 蚌埠医学院学报, 2023, 48(6):783.
- [10] 王瑶, 刘敏, 胡智敏, 等. 支气管镜下肺癌病理类型及影像学特征分析[J]. 结核与肺部疾病杂志, 2023, 4(4):301.
- [11] 刘阳, 岳孟超. CT 引导下经皮穿刺肺活检诊断非小细胞肺癌准确率及其影响因素分析[J]. 河北医学, 2023, 29(10):1654.

- [8] LEE JM, CHOI G, KOO BK, *et al.* Identification of high-risk plaques destined to cause acute coronary syndrome using coronary computed tomographic angiography and computational fluid dynamics[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(6):1032.
- [9] DAI X, YU L, LU Z, *et al.* Serial change of perivascular fat attenuation index after statin treatment; Insights from a coronary CT angiography follow-up study[J]. *Int J Cardiol*, 2020, 319: 144.
- [10] COENEN A, KIM YH, KRUK M, *et al.* Diagnostic accuracy of a machine-learning approach to coronary computed tomographic angiograph-based fractional flow reserve; result from the MACHINE consortium [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2018, 11(6):e007217.
- [11] URBANOWICZ RJ, OLSON RS, SCHMITT P, *et al.* Benchmarking relief-based feature selection methods for bioinformatics data mining[J]. *J Biomed Inform*, 2018, 85:168.
- [12] KOFOED KF, ENGSTRØM T, SIGVARDSEN PE, *et al.* Prognostic value of coronary CT angiography in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndromes[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 77(8):1044.
- [13] FERRARO R A, LIN F, PEÑA J, *et al.* High-risk plaque in non-obstructive coronary artery disease confers risk similar to obstructive disease without high-risk features; the iconic study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(11S):A103.
- [14] VARSHNEY AS, COSKUN AU, SIAOSOS G, *et al.* Spatial relationships among hemodynamic, anatomic, and biochemical plaque characteristics in patients with coronary artery disease[J]. *Atherosclerosis*, 2021, 320:98.
- [15] ZHANG H, GAO Y, WU D, *et al.* The relationship of lipoprotein-associated phospholipase A2 activity with the seriousness of coronary artery disease [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1):295.
- [16] NAZIR MS, BUSTIN A, HAJHOSSEINY R, *et al.* High-resolution non-contrast free-breathing coronary cardiovascular magnetic resonance ngiography for detection of coronary artery disease: validation against invasive coronary angiography[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2022, 24(1):26.

(本文编辑 周洋)

(上接第 248 页)

- [12] 张泽丹, 张朵, 包维为, 等. 低剂量 CT 联合三维重建在早期肺癌筛查中的应用[J]. *河北医药*, 2023, 45(15):2317.
- [13] 王俊青, 毛瑞, 肖战丽. 能谱 CT 诊断肺癌病理类型的价值分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2023, 21(11):57.
- [14] 姜警峰. 宝石能谱 CT 对不同分型肺癌的诊断价值[J]. *山西卫生健康职业学院学报*, 2020, 30(1):17.
- [15] 孔令芹, 陈苏媛, 李西川, 等. 早中期小细胞肺癌与非小细胞肺癌 CT 影像及肿瘤标记物对比[J]. *中国医学创新*, 2023, 20(17):42.
- [16] 王晓男, 郭华峰, 杨璐. 多层螺旋 CT 对非小细胞肺癌与小细胞肺癌的诊断分析[J]. *实用临床医药杂志*, 2020, 24(23):5.
- [17] 余滢, 金艺林, 罗心一, 等. 基于肺癌 CT 建立淋巴结转移的诺莫图预测模型研究[J]. *中国医疗设备*, 2020, 35(5):92.
- [18] 燕翠芳, 李阳, 赵楠楠, 等. 基于 CT 影像和临床特征的列线图模型预测 NSCLC 的 EGFR 突变状态[J]. *蚌埠医学院学报*, 2023, 48(12):1714.
- [19] 吴小茜, 江燕辉, 刘美伶, 等. 恶性乳腺非肿块型病变超声特征分析及列线图预测模型构建[J]. *实用医学杂志*, 2023, 39(1):119.
- [20] 张红娟, 武志峰, 鄂林宁, 等. 小细胞肺癌与非小细胞肺癌早晚期 CT 征象对比分析[J]. *山西医科大学学报*, 2019, 50(1):54.
- [21] 张明光, 徐海军, 施联善, 等. 基于 Logistic 回归模型构建联合检测因子对非小细胞肺癌 EGFR 突变状态的预测价值[J]. *分子诊断与治疗杂志*, 2021, 13(2):259.
- [22] 冯迪, 周成伟, 王海涛, 等. 基于 CT 影像征象构建非小细胞肺癌胸膜浸润的列线图预测模型[J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42(7):1123.
- [23] 黄志成, 叶钉利, 胡乔治, 等. 基于 CT 影像组学模型鉴别诊断小细胞肺癌与非小细胞肺癌[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2021, 18(8):474.
- [24] AUSTIN PC, JEMBERE N, CHIU M. Propensity score matching and complex surveys[J]. *Stat Methods Med Res*, 2018, 27(4):1240.
- [25] 周洁, 张晟, 何书, 等. 使用 R 和 Stata 软件实现倾向性评分匹配[J]. *中国卫生统计*, 2018, 35(4):628.

(本文编辑 刘璐)