

· 论著 ·

恶性孤立性肺小结节预测模型的构建与验证

王茹, 傅宇飞, 纵瑞龙, 师毅冰, 孙境熙

扫描二维码
获取更多

【摘要】 目的 探讨恶性孤立性肺小结节 (SSPN) 的影响因素, 构建其预测模型并进行验证。方法 回顾性选取2015年6月至2020年5月就诊于徐州市中心医院的SSPN患者214例作为训练组, 同时选取2020年6月至2022年6月就诊于该院的SSPN患者94例作为验证组。以肺活检结果诊断SSPN的良恶性。比较训练组良性SSPN患者与恶性SSPN患者的临床资料 {性别、年龄、吸烟史、肿瘤史、肿瘤标志物 [神经元特异性烯醇化酶 (NSE)、癌胚抗原 (CEA)、鳞癌相关抗原 (SCC) 及细胞角蛋白19片段抗原21-1 (CYFRA21-1)]} 与影像学资料 [结节位置、结节侧别、CT征象 (分叶征、毛刺征、钙化、胸膜凹陷征、空气支气管征)、有无纵隔淋巴结以及结节直径]。采用多因素Logistic回归分析探讨恶性SSPN的影响因素, 并构建其预测模型。采用ROC曲线评价本研究预测模型、王欣等预测模型、梅奥模型对验证组恶性SSPN的预测价值。**结果** 恶性SSPN患者年龄、结节直径大于良性SSPN患者, CEA、SCC及有分叶征、毛刺征、胸膜凹陷征、空气支气管征者占比高于良性SSPN患者, 有钙化者占比低于良性SSPN患者 ($P < 0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示, 年龄增长、CEA升高、胸膜凹陷征、空气支气管征是恶性SSPN的危险因素 ($P < 0.05$)。根据上述危险因素构建预测模型: $P = e^x / (1 + e^x)$, 其中 $x = -8.309 + 0.118 \times \text{年龄} + 0.232 \times \text{CEA} + 1.434 \times \text{胸膜凹陷征} + 0.882 \times \text{空气支气管征}$ 。ROC曲线分析结果显示, 本研究预测模型、王欣等预测模型、梅奥模型预测恶性SSPN的AUC分别为0.886 [95%CI (0.822, 0.951)]、0.773 [95%CI (0.676, 0.869)]、0.781 [95%CI (0.676, 0.887)]。**结论** 年龄增长、CEA升高、胸膜凹陷征、空气支气管征是恶性小SPN的危险因素, 而根据上述危险因素构建的预测模型对恶性SSPN具有较好的预测价值。

【关键词】 孤立性肺结节; 影响因素分析; 预测模型**【中图分类号】** R 521.6 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.173**Construction and Verification of Prediction Model for Malignant Small Solitary Pulmonary Nodules** WANG Ru, FU Yufei, ZONG Ruilong, SHI Yibing, SUN Jingxi

Department of Medical Imaging, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou 221000, China

Corresponding author: SUN Jingxi, E-mail: sjx_mqy@163.com

【Abstract】 Objective To explore the influencing factors of malignant small solitary pulmonary nodules (SSPN), construct and validate its predictive model. **Methods** A total of 214 patients with SSPN admitted to Xuzhou Central Hospital from June 2015 to May 2020 were retrospectively selected as the training group, and 94 patients with SSPN admitted to Xuzhou Central Hospital from June 2020 to June 2022 were selected as the validation group. The benign and malignant SSPN were confirmed by lung biopsy results. The clinical data {sex, age, smoking history, tumor history, tumor markers [neuron specific enolase (NSE), carcinoembryonic antigen (CEA), squamous carcinoma-associated antigen (SCC), and cyto-keratin 19 fragment antigen 21-1 (CYFRA21-1)]} and imaging data [nodule location, nodule side, CT signs (lobe sign, burr sign, calcification, pleural indentation sign, air bronchial sign), with or without mediastinal lymph node and nodule diameter] were compared between patients with benign and malignant SSPN in the training group. Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors of malignant SSPN and to construct its prediction model. ROC curve was used to evaluate the predictive value of this study's prediction model, Wang Xin et al.'s prediction model and Mayo model for malignant SSPN in the validation group. **Results** The age and nodule diameter of malignant SSPN patients were larger than those of benign SSPN patients, and CEA, SCC, and the proportion of lobulated sign, burr sign, pleural sag sign and air bronchial sign were higher than those of benign SSPN patients, and the proportion of calcification was lower than that of benign SSPN patients ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that increased age, increased CEA, pleural depression sign and air bronchial sign were risk factors for malignant SSPN ($P < 0.05$). A prediction model was constructed based on the above risk factors: $P = e^x / (1 + e^x)$, where $x =$

基金项目: 2022年度徐州医科大学附属医院科技发展基金面上项目 (XYFM202207)

作者单位: 221000江苏省徐州市中心医院影像科

通信作者: 孙境熙, E-mail: sjx_mqy@163.com

$-8.309+0.118 \times \text{age}+0.232 \times \text{CEA}+1.434 \times \text{pleural depression sign}+0.882 \times \text{air bronchial sign}$. ROC curve analysis results showed that the AUC of the prediction model in this study, the prediction model of Wang Xin et al., and the Mayo model for malignant SSPN were 0.886 [95%CI (0.822, 0.951)], 0.773 [95%CI (0.676, 0.869)], 0.781 [95%CI (0.676, 0.887)], respectively.

Conclusion Increased age, elevated CEA, pleural indentation sign, and air bronchogram sign are independent risk factors for malignant SSPN. The model constructed based on the above risk factors has good predictive value for malignant SSPN.

【Key words】 Solitary pulmonary nodule; Root cause analysis; Predictive model

目前,胸部高分辨率计算机断层扫描已广泛用于常规体检,这使孤立性肺结节(solitary pulmonary nodule, SPN)的检出率明显升高^[1-2]。当SPN直径>6 mm时需要定期采用CT随诊复查,且随着SPN直径增大,其发展为恶性的可能性亦增加^[3];最大径≤20 mm的SPN称为孤立性肺小结节(small solitary pulmonary nodule, SSPN),其影像学特征常不典型且缺乏临床表现,故其良恶性的判断一直是困扰临床医师的难题。目前,电视辅助胸腔镜手术引导的楔形切除术和CT引导的穿刺活检因诊断准确性高而被广泛用于SPN的诊断^[4-5],尽管上述诊断方法均是微创,但术前仍需要进行全面评估^[6]。传统上SPN的术前评估依赖临床和放射科医生的知识水平和临床经验,缺乏可重复性,为了解决上述问题,研究者开始使用临床-放射学预测模型来研究SPN的临床特征^[7]。目前,世界各地已经构建了许多恶性SPN的预测模型,但这些模型并未按SPN的大小进行分层,针对恶性SSPN的预测模型仍较少。本研究旨在构建并验证恶性SSPN的预测模型,以期为后续临床工作提供帮助。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性选取2015年6月至2020年5月就诊于徐州市中心医院的SSPN患者214例作为训练组,同时选取2020年6月至2022年6月就诊于该院的SSPN患者94例作为验证组。纳入标准:(1)实性SPN直径≤20 mm;(2)具有明确的SPN病理诊断。排除标准:(1)图像质量不佳者;(2)SPN直径<5 mm者;(3)临床资料不全者。本研究方案严格遵守《赫尔辛基宣言》的要求,且获得了徐州市中心医院生物医学伦理委员会批准(XZXY-LK-20220331-030)。

1.2 检查方法

1.2.1 扫描方法 应用64排螺旋CT采集患者胸部影像学数据。扫描范围自肺尖至肺底。扫描参数:管电压120 kV,管电流100~200 mA,螺距0.75~1.50,准直0.625~1.250 mm。采用高分辨率算法和标准算法,重建层厚为1.00~1.25 mm的薄层图像,同时行冠状位薄层重建。

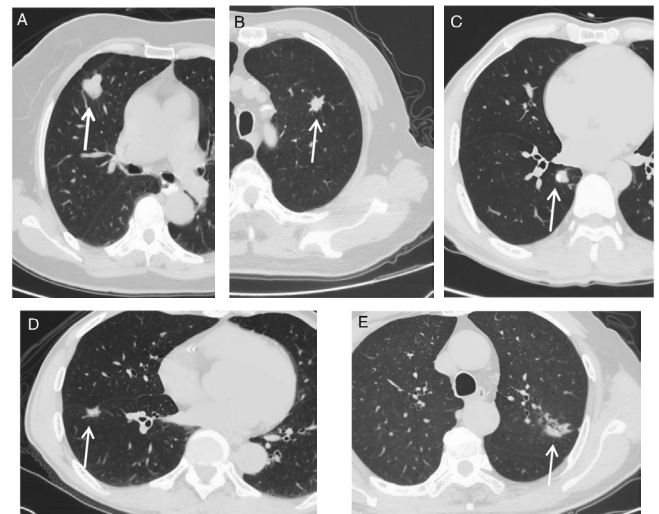
1.2.2 CT征象及病理诊断 SPN的CT征象包括分叶征、毛刺征、钙化、胸膜凹陷征、空气支气管征,见图1。以肺活检结果诊断SSPN的良恶性。

1.3 观察指标 (1)收集患者的临床资料,包括性别、年龄、吸烟史、肿瘤史、肿瘤标志物〔神经元特异性烯醇化酶(neuron specific enolase, NSE)、癌胚抗原(carcinoembryonic antigen, CEA)、鳞癌相关抗原(squamous carcinoma-associated antigen, SCC)及细胞角质蛋白19片段抗原21-1(cyto-keratin 19 fragment antigen 21-1, CYFRA21-1)〕;(2)收集患者的影像学资料,包括结节位置、结节侧别、CT征象、有无纵隔淋巴结以及结节直径,其中结节直径以轴位病灶最大层面的最大径线为准。

1.4 统计学方法 采用SPSS 16.0统计学软件进行数据处理。符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验;计数资料以相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素Logistic回归分析探讨恶性SSPN的影响因素并构建其预测模型。绘制ROC曲线以评价该预测模型对恶性SSPN的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料及影像学资料 训练组中良性SSPN 79例,恶性SSPN 135例。良性SSPN患者与恶性SSPN患



注:A为分叶征,病灶呈分叶状改变(箭头所示);B为毛刺征,病灶边缘可见细小毛刺影(箭头所示);C为钙化,病灶内部可见结节样致密钙化影(箭头所示);D为胸膜凹陷征,病灶周围临近胸膜可见牵拉凹陷(箭头所示);E为空气支气管征,病灶内部可见含气支气管影(箭头所示)

图1 SPN的CT征象
Figure 1 CT features of SPN

者性别、有吸烟史者占比、有肿瘤史者占比、NSE、CYFRA21-1、结节位于上叶者占比、结节侧别、有纵隔淋巴结者占比比较,差异无统计学意义($P>0.05$);恶性SSPN患者年龄、结节直径大于良性SSPN患者,CEA、SCC及有分叶征、毛刺征、胸膜凹陷征、空气支气管征者占比高于良性SSPN患者,有钙化者占比低于良性SSPN患者,差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。

2.2 恶性SSPN影响因素的单因素、多因素Logistic回归分析 以训练组SSPN良恶性情况为因变量(赋值:良性=0,恶性=1),以性别(赋值:男=0,女=1)、年龄(实测值)、吸烟史(赋值:无=0,有=1)、肿瘤史(赋值:无=0,有=1)、NSE(实测值)、CEA(实测值)、SCC(实测值)、CYFRA21-1(实测值)、结节位于上叶(赋值:否=0,是=1)、结节侧别(赋值:右侧=0,左侧=1)、分叶征(赋值:无=0,有=1)、毛刺征(赋值:无=0,有=1)、钙化(赋值:无=0,有=1)、胸膜凹陷征(赋值:无=0,有=1)、空气支气管征(赋值:无=0,有=1)、纵隔淋巴结(赋值:无=0,有=1)、结节直径(实测值)为自变量,进行单因素Logistic分析,结果显示,年龄、CEA、SCC、分叶征、毛刺征、钙化、胸膜凹陷征、空气支气管征、结节直径可能是恶性SSPN的影响因素($P<0.05$);以训练组SSPN良恶性情况为因变量(赋值:良性=0,恶性=1),以单因素Logistic回归分析中 $P<0.05$ 的指标为自变量(赋值同上),进行多因素Logistic回归分析,结果显示,年龄增长、CEA升高、胸膜凹陷征、空气支气管征是恶性SSPN的危险因素($P<0.05$),见表2。据此构建预测模型: $P=e^x/(1+e^x)$,其中 $x=-8.309+0.118 \times \text{年龄}+0.232 \times \text{CEA}+1.434 \times \text{胸膜凹陷征}+0.882 \times \text{空气支气管征}$ 。

2.3 模型验证 将本研究预测模型、王欣等^[8]预测模型 [$P=e^x/(1+e^x)$,其中 $x=-4.8029-0.743 \times \text{性别}+0.057 \times \text{年龄}+1.306 \times \text{肿瘤史}+1.305 \times \text{磨玻璃结节}+0.051 \times \text{结节长径}+1.043 \times \text{毛刺征}$]及梅奥模型^[9] [$P=e^x/(1+e^x)$,其中 $x=-6.8272+0.0391 \times \text{年龄}+0.7917 \times \text{吸烟史}+1.3388 \times \text{恶性病史}+0.1274 \times \text{结节直径}+1.0407 \times \text{毛刺征}+0.7838 \times \text{结节位于上叶}$]在验证组中进行验证,ROC曲线分析结果显示,本研究预测模型、王欣等预测模型、梅奥模型预测恶性SSPN的AUC分别为0.886 [95%CI (0.822, 0.951)]、0.773 [95%CI (0.676, 0.869)]、0.781 [95%CI (0.676, 0.887)],见表3、图2。

3 讨论

肺癌是目前世界上最常见的恶性肿瘤之一,其发病率和死亡率在我国居高不下^[10],近年因全民体检意识逐年提高以及胸部CT的广泛应用,SPN检出率明显提

高,使得其良恶性的判断尤为重要,而早期诊断和治疗是延长肺癌患者生存期的有效方法。SPN指肺内单发直径 ≤ 30 mm且周围被含气肺组织包绕的不透明影,并且无肺不张、肺门增大或者胸腔积液征象^[11],其中直径 ≤ 20 mm时称为SSPN,直径 ≤ 10 mm时则称为微结节或亚厘米结节,主要病理类型有周围型肺癌、炎性假瘤、结核、错构瘤、肉芽肿等。

本研究多因素Logistic回归分析结果显示,年龄增长、CEA升高、胸膜凹陷征、空气支气管征是恶性SSPN的危险因素,并根据多因素Logistic回归分析结果构建恶性SSPN的预测模型。提示随着年龄增长,SSPN恶性风险也在增加,这与既往研究结果^[12]相似。CEA是一种酸性糖蛋白,具有人类胚胎抗原特性,在恶性胃肠道肿瘤、乳腺癌、肺癌等其他恶性肿瘤的血清中升高,LI等^[13]研究结果显示,CEA是区分恶性和良性SSPN的关键因素,本研究结果与之相似。此外,恶性肺结节灶容易穿透基底膜,形成成纤维细胞,其牵缩力牵拉脏层胸膜,形成胸膜凹陷征,该影像学征象高度提示恶性可能。在既往预测模型中也发现了胸膜凹陷征与

表1 训练组中良恶性SSPN患者临床资料、影像学资料比较
Table 1 Comparison of clinical and imaging data between benign and malignant SSPN patients in the training group

项目	良性SSPN患者 (n=79)	恶性SSPN患者 (n=135)	$\chi^2(t)$ 值	P值
性别(男/女)	46/33	73/62	0.348	0.555
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	53.6 ± 10.6	64.9 ± 9.9	-6.847*	<0.001
吸烟史[n(%)]	31 (39.2)	62 (45.9)	0.906	0.341
肿瘤史[n(%)]	1 (1.3)	4 (3.0)	0.629	0.428
肿瘤标志物($\bar{x} \pm s$, $\mu\text{g/L}$)				
NSE	12.8 ± 3.3	13.6 ± 4.4	-1.943*	0.052
CEA	2.3 ± 1.4	4.1 ± 4.6	-3.582*	<0.001
SCC	1.0 ± 0.8	1.5 ± 1.8	-2.002*	0.045
CYFRA21-1	2.3 ± 1.3	2.6 ± 1.9	-1.447*	0.148
结节位于上叶[n(%)]	46 (58.2)	80 (59.2)	0.022	0.882
结节侧别[n(%)]			0.156	0.693
左侧	42 (53.2)	68 (50.4)		
右侧	37 (46.8)	67 (49.6)		
CT征象				
分叶征[n(%)]	42 (53.2)	99 (73.3)	9.020	0.003
毛刺征[n(%)]	40 (50.6)	102 (75.6)	13.866	<0.001
钙化[n(%)]	7 (8.9)	2 (1.5)	6.736	0.009
胸膜凹陷征[n(%)]	15 (19.0)	64 (47.4)	17.285	<0.001
空气支气管征[n(%)]	31 (39.2)	91 (67.4)	16.133	<0.001
纵隔淋巴结[n(%)]	11 (13.9)	34 (25.2)	3.806	0.051
结节直径($\bar{x} \pm s$, mm)	13.8 ± 4.8	16.8 ± 3.7	-4.357*	<0.001

注:*表示t值;SSPN=孤立性肺小结节,NSE=神经元特异性烯醇化酶,CEA=癌胚抗原,SCC=鳞癌相关抗原,CYFRA21-1=细胞角质蛋白19片段抗原21-1

表2 恶性SSPN影响因素的单因素、多因素Logistic回归分析
Table 2 Univariate and multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of malignant SSPN

变量	单因素Logistic回归分析						多因素Logistic回归分析					
	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
性别	-0.169	0.286	0.348	0.555	0.845	(0.482, 1.480)	-	-	-	-	-	-
年龄	0.105	0.017	37.287	<0.001	1.111	(1.074, 1.149)	0.118	0.022	28.957	<0.001	1.126	(1.078, 1.175)
吸烟史	-0.274	0.288	0.905	0.342	0.760	(0.432, 1.337)	-	-	-	-	-	-
肿瘤史	-0.868	1.127	0.593	0.441	0.420	(0.046, 3.824)	-	-	-	-	-	-
NSE	0.065	0.044	2.118	0.146	1.067	(0.978, 1.164)	-	-	-	-	-	-
CEA	0.300	0.093	10.437	0.001	1.350	(1.125, 1.620)	0.232	0.105	4.851	0.028	1.261	(1.026, 1.550)
SCC	0.331	0.162	4.194	0.041	1.392	(1.014, 1.911)	0.286	0.194	2.176	0.140	1.331	(0.910, 1.947)
CYFRA21-1	0.109	0.100	1.194	0.274	1.115	(0.917, 1.355)	-	-	-	-	-	-
结节位于上叶	0.043	0.288	0.022	0.882	1.043	(0.594, 1.834)	-	-	-	-	-	-
结节侧别	-0.112	0.284	0.156	0.693	0.894	(0.513, 1.559)	-	-	-	-	-	-
分叶征	0.885	0.298	8.826	0.003	2.423	(1.351, 4.343)	0.564	0.432	1.708	0.191	1.758	(0.754, 4.099)
毛刺征	1.103	0.301	13.41	<0.001	3.014	(1.670, 5.439)	-0.325	0.492	0.436	0.509	0.723	(0.275, 1.896)
钙化	-1.866	0.815	5.244	0.022	0.155	(0.031, 0.764)	-1.771	1.213	2.131	0.144	0.170	(0.016, 1.834)
胸膜凹陷征	1.347	0.335	16.201	<0.001	3.846	(1.996, 7.411)	1.434	0.48	8.935	0.003	4.196	(1.639, 10.746)
空气支气管征	1.164	0.295	15.605	<0.001	3.202	(1.798, 5.705)	0.882	0.434	4.128	0.042	2.417	(1.032, 5.660)
纵隔淋巴结	-0.733	0.381	3.706	0.054	0.481	(0.228, 1.013)	-	-	-	-	-	-
结节直径	0.161	0.034	21.931	<0.001	1.175	(1.098, 1.257)	0.091	0.047	3.823	0.051	1.095	(1.000, 1.200)

注：-表示无相关数据

表3 三个预测模型对验证组恶性SSPN的预测价值

Table 3 The predictive value of three prediction models for malignant SSPN in the validation group

模型	AUC	95%CI	灵敏度	特异度	最佳截断值	约登指数
本研究预测模型	0.886	(0.822, 0.951)	0.678	0.971	0.694	0.649
王欣等预测模型	0.773	(0.676, 0.869)	0.797	0.657	0.387	0.454
梅奥模型	0.781	(0.676, 0.887)	0.915	0.629	0.154	0.544

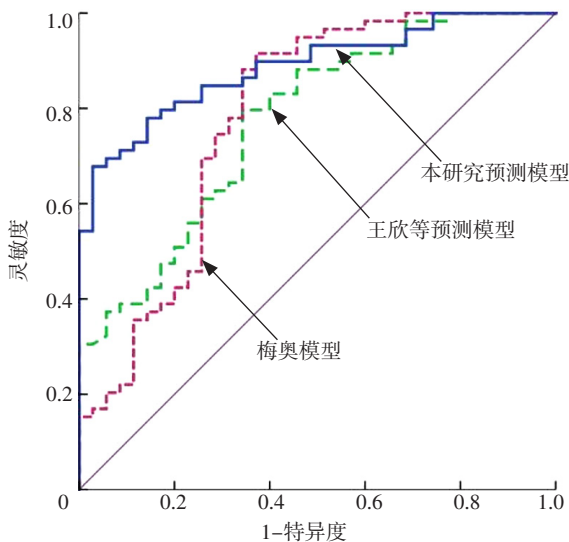


图2 三个预测模型预测验证组恶性SSPN的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of three predicting models for predicting malignant SSPN in the validation group

恶性SPN关系密切，如CHEN等^[14]研究结果显示，良性SPN患者胸膜凹陷征的发生率为30.4%，而恶性SPN患者胸膜凹陷征的发生率为51.5%。支气管在腺癌等周围型恶性病灶中多为进入病灶后截断，进而形成空气支气管征。董浩等^[15]在肺磨玻璃结节良恶性的研究中发现，浸润性腺癌患者空气支气管征的发生率高达54.5%，微浸润腺癌、浸润前病变患者空气支气管征的发生率分别为26.9%和8.3%，三组间两两比较均有统计学差异，说明空气支气管征对肺磨玻璃结节的病理类型可能具有一定鉴别诊断价值。

本研究ROC曲线分析结果显示，本研究预测模型预测恶性SSPN的AUC为0.886 [95%CI (0.822, 0.951)]，王欣等预测模型与梅奥模型预测恶性SSPN的AUC分别为0.773 [95%CI (0.676, 0.869)]、0.781 [95%CI (0.676, 0.887)]。提示本研究构建的预测模型对恶性SSPN的预测价值优于王欣等预测模型与梅奥模型，分析原因可能与王欣等预测模型和梅奥模型的研究包括直径≤30 mm的SPN，而本研究仅纳入直径≤20 mm的SSPN有关。

笔者对本研究中与SSPN良恶性无关而在既往研究中与SPN良恶性相关的几项比较有争议的观察指标进行了分析说明。既往研究表明，SPN的恶性风险与结节直径相关，如XU等^[16]发现随着结节直径增大，SPN的恶性风险增加。而本研究结果显示，结节直径不是SSPN

恶性的影响因素。刘智等^[17]亦发现SPN的恶性程度与结节直径无关;而当SPN直径>20 mm时,随着结节直径增大,其恶性风险也随之增加,这与临床实际情况相符。所以,在评估SSPN的恶性风险时,可以不考虑其直径。毛刺征表现为肺窗上自瘤灶边缘向周围实质延伸的、不与胸膜相连的放射状细短线条影,是一种常见的CT征象,但毛刺征并不是恶性肺结节的特异征象,研究人员发现肺癌和炎性假瘤可表现为毛刺征,且良恶性病灶表现出的毛刺形态不同^[18],但毛刺的形态通常受到医生的实践经验影响,对长短毛刺没有严格的定义,目前无相关阈值来区分这一特征。本研究多因素Logistic回归分析结果显示,毛刺征不是恶性SSPN的影响因素。另外,研究显示,肿瘤史也是恶性SPN的重要影响因素^[19],但本研究并未发现肿瘤史与恶性SSPN有关,可能与本研究存在选择偏倚有关。

综上所述,年龄增长、CEA升高、胸膜凹陷征、空气支气管征是恶性SSPN的独立危险因素,而根据上述结果构建的预测模型对恶性SSPN具有较好的预测价值,有助于临床早诊断、早治疗恶性SSPN。但本研究为单中心、小样本量、回顾性研究,并且缺乏PET-CT检查数据,模型诊断准确率可能受到影响,未来需要大样本量、多中心、前瞻性研究进一步验证本研究结论。

作者贡献:孙境熙进行文章的构思与设计、研究的实施与可行性分析,对文章整体负责,监督管理;王茹进行资料收集、整理,撰写、修订论文;王茹、纵瑞龙进行统计学处理;傅宇飞负责文章的质量控制及审核。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] YI L, PENG Z W, CHEN Z Y, et al. Identification of pulmonary adenocarcinoma and benign lesions in isolated solid lung nodules based on a nomogram of intranodal and perinodal CT radiomic features [J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 924055. DOI: 10.3389/fonc.2022.924055.
- [2] LIU J K, XU H, QING H M, et al. Comparison of radiomic models based on low-dose and standard-dose CT for prediction of adenocarcinomas and benign lesions in solid pulmonary nodules [J]. *Front Oncol*, 2021, 10: 634298. DOI: 10.3389/fonc.2020.634298.
- [3] 许小伍, 朱林, 王鹏. 低剂量CT扫描在孤立性肺结节定性诊断中的应用及影像学特征分析 [J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38 (2): 217-221. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.02.010.
- [4] 陈树清, 屈开新, 张宗仁, 等. CT引导下肺穿活检术对早期孤立性肺结节患者的诊断价值及其术后并发咯血的风险预测列线图模型研究 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2021, 29 (7): 68-73, 79. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.138.
- [5] ZHANG Z D, WANG H L, LIU X Y, et al. Methylene blue versus coil-based computed tomography-guided localization of lung nodules [J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 68 (6): 540-544. DOI: 10.1055/s-0040-1708836.
- [6] FU Y F, LI G C, XU Q S, et al. Computed tomography-guided lung biopsy: a randomized controlled trial of low-dose versus standard-dose protocol [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30 (3): 1584-1592. DOI: 10.1007/s00330-019-06464-6.
- [7] 钟华, 李安琪, 康江河, 等. ≤20 mm孤立性肺结节良恶性预测模型的建立与验证 [J]. *中华放射学杂志*, 2021, 55 (7): 745-750. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20200828-01037.
- [8] 王欣, 徐跃华, 杜紫燕, 等. 孤立性肺结节的CT影像学特征及良恶性预测模型的建立 [J]. *中华肿瘤杂志*, 2018, 40 (2): 115-120. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3766.2018.02.007.
- [9] SWENSEN S J, SILVERSTEIN M D, EDELL E S, et al. Solitary pulmonary nodules: clinical prediction model versus physicians [J]. *Mayo Clin Proc*, 1999, 74 (4): 319-329. DOI: 10.4065/74.4.319.
- [10] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71 (3): 209-249. DOI: 10.3322/caac.21660.
- [11] CHOI S M, HEO E Y, LEE J, et al. Characteristics of benign solitary pulmonary nodules confirmed by diagnostic video-assisted thoracoscopic surgery [J]. *Clin Respir J*, 2016, 10 (2): 181-188. DOI: 10.1111/crj.12200.
- [12] YANG X G, HE J X, WANG J, et al. CT-based radiomics signature for differentiating solitary granulomatous nodules from solid lung adenocarcinoma [J]. *Lung Cancer*, 2018, 125: 109-114. DOI: 10.1016/j.lungcan.2018.09.013.
- [13] LI L, GUO C, WAN J L, et al. The use of carcinoembryonic antigen levels to predict lung nodule malignancy: a meta-analysis [J]. *Acta Clin Belg*, 2022, 77 (1): 227-232. DOI: 10.1080/17843286.2020.1797330.
- [14] CHEN X B, YAN R Y, ZHAO K, et al. Nomogram for the prediction of malignancy in small (8-20 mm) indeterminate solid solitary pulmonary nodules in Chinese populations [J]. *Cancer Manag Res*, 2019, 11: 9439-9448. DOI: 10.2147/cmar.s225739.
- [15] 董浩, 韩志江, 尹乐康, 等. 肺磨玻璃结节的超高分辨率靶扫描CT征象对其病理类型的预测研究 [J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37 (7): 1065-1068. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2021.07.005.
- [16] XU Q Q, SHAN W L, ZHU Y, et al. Prediction efficacy of feature classification of solitary pulmonary nodules based on CT radiomics [J]. *Eur J Radiol*, 2021, 139: 109667. DOI: 10.1016/j.ejrad.2021.109667.
- [17] 刘智, 张帆, 蒋宇婷, 等. 孤立性肺结节的良恶性与临床及高分辨率CT特征相关性分析 [J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36 (12): 1928-1932. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2020.12.011.
- [18] 赵田镜, 郑波. 周围型肺癌、炎性假瘤CT征象及鉴别诊断分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19 (2): 62-64. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2021.02.019.
- [19] 崔长全. 有恶性肿瘤病史的患者孤立性肺结节的CT诊断效果观察 [J]. *影像研究与医学应用*, 2021, 5 (4): 139-140. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3807.2021.04.069.

(收稿日期: 2023-03-08; 修回日期: 2023-05-08)

(本文编辑: 张浩)