

# 基于超声影像组学的预测模型早期诊断甲状腺微小乳头状癌淋巴结转移的临床价值

于一行 牛雅宁 张孟丽 范志娜 马丙鑫 李 闯 李国庆 吴 刚

**摘要** 目的 基于超声影像组学联合临床特征构建预测模型,探讨其诊断甲状腺微小乳头状癌(PTMC)患者颈部淋巴结转移的临床价值。方法 选取我院经术后病理证实的 PTMC 患者 184 例,按 7:3 比例随机分为训练集(128 例)和验证集(56 例),并根据病理结果分为有颈部淋巴结转移者 81 例(转移组)和无颈部淋巴结转移者 103 例(无转移组)。采用单因素和多因素 Logistic 回归分析筛选临床资料中预测颈部淋巴结转移的影响因素;提取结节的超声影像组学特征,并采用最小绝对收缩和选择算法降维筛选有统计学意义的特征,采用支持向量机分类器分别构建基于超声影像组学的预测模型、超声影像组学联合临床特征的预测模型。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各模型诊断 PTMC 患者颈部淋巴结转移的效能。结果 单因素及多因素 Logistic 回归分析显示,年龄、包膜浸润均为 PTMC 患者淋巴结转移的独立预测因素( $OR=3.131, 3.245$ , 均  $P<0.05$ )。共筛选出 11 个系数非零的超声影像组学特征。分别建立基于超声影像组学、超声影像组学联合临床特征的预测模型,ROC 曲线分析显示,超声影像组学模型在训练集和验证集中诊断 PTMC 患者颈部淋巴结转移的曲线下面积(AUC)分别为 0.78(95% 可信区间:0.74~0.82)和 0.72(95% 可信区间:0.68~0.75);联合模型在训练集和验证集中诊断 PTMC 患者颈部淋巴结转移的 AUC 分别为 0.87(95% 可信区间:0.83~0.90)和 0.81(95% 可信区间:0.78~0.83),联合模型在训练集和验证集的 AUC 均高于超声影像组学模型( $P=0.043, 0.036$ )。结论 基于超声影像组学联合临床特征的预测模型在 PTMC 患者颈部淋巴结转移的诊断中有一定的临床价值。

**关键词** 超声检查;影像组学;甲状腺微小乳头状癌;淋巴结转移

[中图分类号]R445.1;R736.1

[文献标识码]A

## Clinical value of ultrasound imageomics-based predictive model for early diagnosis of lymph node metastasis in papillary thyroid microcarcinoma

YU Yihang, NIU Yaning, ZHANG Mengli, FAN Zhina, MA Bingxin, LI Chuang, LI Guoqing, WU Gang

Department of Ultrasound, Henan University People's Hospital, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450003, China

**ABSTRACT Objective** To establish the predictive model based on ultrasound imageomics combined with clinical features, and to explore the clinical value of the model in diagnosing cervical lymph node metastasis in patients with papillary thyroid microcarcinoma(PTMC). **Methods** A total of 184 postoperative PTMC patients confirmed by pathology were randomly divided into a training set ( $n=128$ ) and a validation set ( $n=56$ ) in a 7:3 ratio. According to the pathological results, the patients were classified into those with cervical lymph node metastasis (metastasis group,  $n=81$ ) and those without cervical lymph node metastasis (non-metastasis group,  $n=103$ ). Univariate and multivariate Logistic regression analysis were performed to identify influencing factors for predicting cervical lymph node metastasis in PTMC among clinical data. Ultrasound imageomics features of nodules were extracted, and statistically significant features were selected by the least absolute shrinkage and selection operator

基金项目:河南省医学科技攻关计划联合共建项目(2018020416)

作者单位:450003 郑州市,河南大学人民医院 河南省人民医院超声科(于一行、牛雅宁、张孟丽、范志娜、马丙鑫、李闯、吴刚),甲状腺外科(李国庆)

通讯作者:吴刚,Email:wug325@163.com

algorithm. Support vector machine (SVM) classifiers was used to construct predictive models based on ultrasound imageomics alone and combined with clinical features. Receiver operating characteristic curve (ROC) was drawn to analyze the performance of each model in diagnosing cervical lymph node metastasis in PTMC. **Results** Univariate and multivariate Logistic regression analysis showed that the age and capsule infiltration were independent predictors of lymph node metastasis in PTMC patients ( $OR=3.131, 3.245$ , both  $P<0.05$ ). A total of 11 ultrasound imageomics features with non-zero coefficients were selected. The predictive models based on ultrasound imageomics alone and combined with clinical features were established. ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of the ultrasound imaging model in the training set and validation set for diagnosing of cervical lymph node metastasis in PTMC patients was 0.78 (95% confidence interval: 0.74~0.82) and 0.72 (95% confidence interval: 0.68~0.75). The AUC of the combined model for diagnosing of cervical lymph node metastasis in PTMC patients in the training set and validation set were 0.87 (95% confidence interval: 0.83~0.90) and 0.81 (95% confidence interval: 0.78~0.83), the AUC of the combined model in the training set and validation set was higher than those of the ultrasound imaging model ( $P=0.043, 0.036$ ). **Conclusion** Ultrasound imageomics-based predictive model have certain clinical value in the diagnosis of cervical lymph node metastasis in PTMC patients.

**KEY WORDS** Ultrasonography; Radiomics; Papillary thyroid microcarcinoma; Lymph node metastasis

甲状腺微小乳头状癌 (papillary thyroid microcarcinoma, PTMC) 指最大径  $\leq 10$  mm 的甲状腺乳头状癌 (papillary thyroid carcinoma, PTC), 其发病率呈逐年上升趋势<sup>[1]</sup>。临床多认为 PTC 属于低度恶性肿瘤, 尤其 PTMC 无需手术治疗仅需临床观察, 但 PTC 亚型较多, 部分 PTMC 具有侵袭性, 易发生颈部淋巴结转移, 极少数甚至发生远处转移<sup>[2]</sup>。淋巴结转移与患者预后相关, 可能增加术后复发风险, 对于伴有淋巴结转移的 PTMC, 大多甲状腺诊治指南均推荐手术治疗, 因此术前评估患者颈部淋巴结状态至关重要<sup>[3-4]</sup>。影像组学可以从医学图像中提取海量信息进行分析, 并将图像信息转换为直观的数据, 为临床决策提供依据<sup>[5]</sup>。机器学习属于人工智能领域, 包括模型和方法<sup>[6]</sup>。目前预测 PTMC 患者颈部淋巴结转移的研究较少见, 本研究通过机器学习构建超声影像组学联合临床特征的预测模型, 并探讨其诊断 PTMC 患者颈部淋巴结转移的临床价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

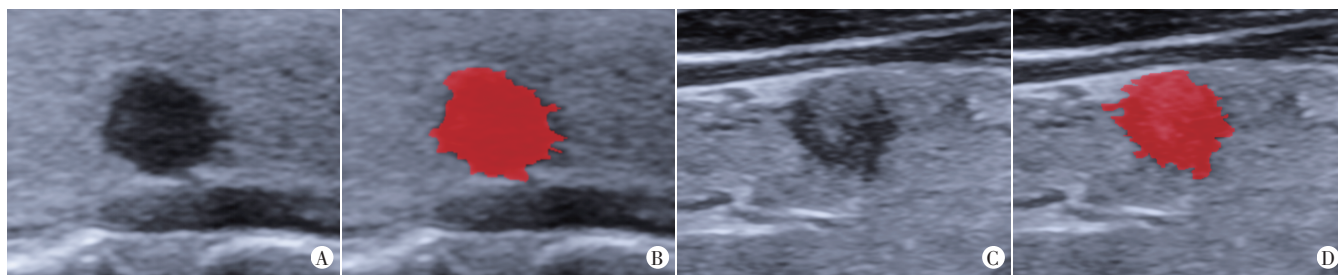
选取 2022 年 4 月至 2023 年 4 月于我院经术后病理证实的 PTMC 患者 184 例, 男 37 例, 女 147 例, 年龄 21~79 岁, 平均  $(44.51 \pm 12.23)$  岁; 肿瘤最大径 2.20~9.80 mm, 平均  $(6.07 \pm 1.91)$  mm。根据术后病理结果分为无淋巴结转移组 103 例, 其中男 20 例, 女 83 例, 年龄 21~79 岁, 平均  $(47.96 \pm 12.88)$  岁; 淋巴结转移组 81 例, 其中男 17 例, 女 64 例, 年龄 21~61 岁, 平均  $(40.12 \pm 9.81)$  岁, 包括侧颈区淋巴结转移 9 例 (术前超

声均提示侧颈区淋巴结转移), 中央区淋巴结转移 72 例 (仅 3 例术前超声提示中央区淋巴结转移)。按 7:3 比例将 184 例患者随机分为训练集 (128 例) 和验证集 (56 例)。纳入标准: ①甲状腺单侧叶或甲状腺峡部单发可疑恶性结节; ②术前 2 周内接受超声检查且图像清晰, 临床资料完整; ③术后病理证实为 PTMC; ④均接受颈部中央区淋巴结清扫, 且术前超声提示侧颈区可疑淋巴结转移者加行侧颈区淋巴结清扫, 均有明确的病理检查结果。排除标准: ①肿瘤最大径  $> 10$  mm; ②甲状腺腺叶切除术后复发性甲状腺癌; ③超声图像不清晰或临床资料不完整。本研究经我院医学伦理委员会批准, 为回顾性研究免除知情同意。

### 二、仪器与方法

1. 图像采集: 使用西门子 Acuson Sequoia 彩色多普勒超声诊断仪, 18L6 线阵探头, 频率 6~18 MHz。患者取仰卧位, 充分暴露颈部, 应用高频灰阶成像模式行多切面连续扫查, 留存肿瘤最大径切面图。以上操作由同一具有 10 年工作经验的超声医师完成。

2. 超声影像组学特征提取及筛选: 从超声诊断仪中导出图像 (格式为 DICOM 3.0), 由另 1 名具有 10 年工作经验的超声医师应用 MRICroGL 软件沿结节的边缘勾画感兴趣区 (region of interest, ROI)。见图 1。然后通过 PyCharm 中的 Pyradiomics 软件包自动提取 ROI 的影像组学特征, 包括一阶特征、形态特征、纹理特征、小波特征等。应用 Python 3.7 软件处理特征数据, 采用独立样本  $t$  检验剔除差异无统计学意义的影像组学特征; 为避免数据过度拟合, 采用最小绝对收缩和



A:无淋巴结转移的PTMC的超声图像;B:勾画无淋巴结转移的PTMC病灶ROI;C:淋巴结转移的PTMC的超声图像;D:勾画淋巴结转移的PTMC病灶ROI

图1 勾画PTMC病灶ROI示意图

选择算法(LASSO)降维并筛选影像组学特征,观察特征权重。

3.临床资料收集:通过查阅病历收集患者年龄、性别、肿瘤最大径、肿瘤位置和术后病理结果(是否有包膜浸润)等。根据既往文献<sup>[7]</sup>分类标准,本研究将年龄分为<45岁和≥45岁,肿瘤最大径分为≤0.5 cm和>0.5 cm进行统计学分析。

4.模型构建:基于训练集,采用支持向量机分类器分别构建基于超声影像组学的预测模型、超声影像组学联合临床特征的预测模型,并于验证集验证其诊断效能。

### 三、统计学处理

应用SPSS 25.0统计软件和Python 3.7语言,计数资料以例表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用单因素和多因素 Logistic 回归分析筛选临床资料中预测 PTMC

患者颈部淋巴结转移的影响因素。绘制受试者工作曲线(ROC)分析超声影像组学模型和联合模型诊断PTMC患者颈部淋巴结转移的效能,曲线下面积(AUC)比较采用DeLong检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

一、临床资料的单因素和多因素 Logistic 回归分析结果

单因素分析显示,转移组与无转移组年龄、包膜浸润情况比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );性别、肿瘤位置、肿瘤最大径比较差异均无统计学意义。见表1。多因素 Logistic 回归分析显示,年龄、包膜浸润均为PTMC患者淋巴结转移的独立预测因素[OR=3.131(95%可信区间:1.677~5.849)、3.245(95%可信区间:1.450~7.261),均 $P<0.05$ ]。

表1 转移组与无转移组临床资料比较

组别	性别		年龄		肿瘤最大径		包膜浸润		肿瘤位置		
	男	女	<45岁	≥45岁	≤0.5 cm	>0.5 cm	有	无	左侧叶	右侧叶	峡部
转移组(81)	17	64	53	28	26	55	23	58	33	41	7
无转移组(103)	20	83	40	63	46	57	12	91	49	50	4
$\chi^2$ 值	0.700		12.832		3.004		8.253		2.232		
P值	0.792		<0.001		0.083		<0.001		0.328		

### 二、超声影像组学特征提取及筛选

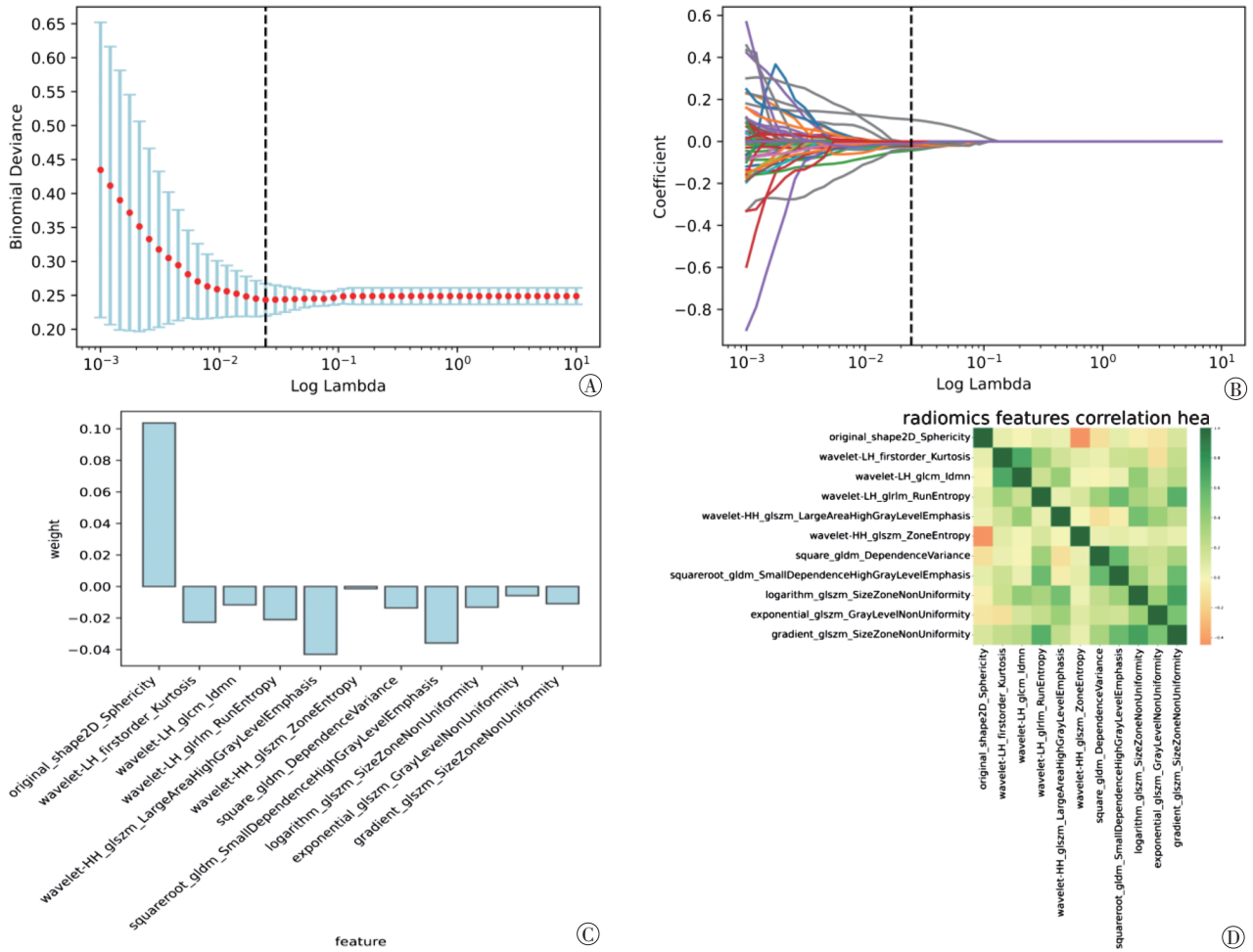
本研究共提取953个超声影像组学特征,经t检验剔除838个差异无统计学意义的特征,经LASSO降维筛选最终纳入11个系数非零的稳定特征,包括2个灰度依赖性矩阵(GLDM)、5个灰度区域大小矩阵(GLSZM)、1个一阶统计量(Firstorder)、1个形状特征(Shape)、1个灰度游程矩阵(GLRLM)、1个不同灰度共生矩阵(GLCM)。见图2。

### 三、模型的验证

1.超声影像组学模型:第1次随机分组后训练集与验证集临床资料比较,差异均无统计学意义。见

表2。ROC曲线分析显示,基于11个超声影像组学特征构建的预测模型在训练集中诊断PTMC患者颈部淋巴结转移的AUC、准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为0.78(95%可信区间:0.74~0.82)、78.9%、77.6%、80.0%、76.3%、81.2%;在验证集中的AUC、准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为0.72(95%可信区间:0.68~0.75)、71.4%、74.1%、70.0%、70.0%、74.1%。见图3。

2.联合模型:第2次随机分组后训练集与验证集临床资料比较,差异均无统计学意义。见表3。ROC曲线分析显示,基于11个超声影像组学特征和临床特征建



A: LASSO 模型中的调优参数  $\lambda$ ; B: LASSO 降维并筛选出 11 个系数非零的稳定特征; C、D: 11 个特征的权重图和热图

图 2 超声影像组学特征提取及筛选

表 2 第 1 次随机分组后训练集与验证集临床资料比较

例

数据集	性别		年龄		肿瘤最大径		包膜浸润		肿瘤位置			淋巴结转移	
	男	女	<45 岁	≥45 岁	≤0.5 cm	>0.5 cm	是	否	左侧叶	右侧叶	峡部	有	无
训练集 (128)	25	103	60	68	51	77	14	114	54	68	6	56	72
验证集 (56)	12	44	33	23	21	35	21	35	28	23	5	25	31
$\chi^2$ 值	0.870		2.264		0.900		0.455		2.850			0.911	
P 值	0.768		0.132		0.764		0.500		0.241			0.013	

立的联合模型在训练集中诊断 PTMC 患者颈部淋巴结转移的 AUC、准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 0.87(95% 可信区间: 0.83 ~ 0.90)、86.7%、86.9%、86.6%、85.5%、87.9%; 在验证集中的 AUC、准确率、灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 0.81(95% 可信区间: 0.78 ~ 0.83)、80.4%、73.1%、86.7%、82.6%、78.8%。见图 4。

3. DeLong 检验显示, 联合模型在训练集和验证集中预测 PTMC 患

者颈部淋巴结转移的 AUC 均高于超声影像组学模型, 差异均有统计学意义 ( $P=0.043, 0.036$ )。

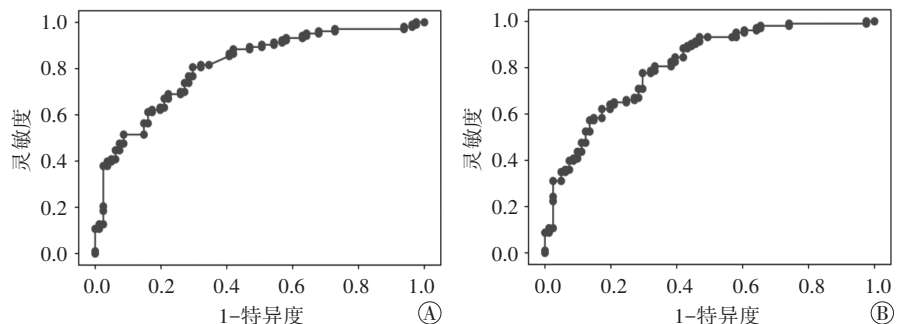


图 3 超声影像组学模型在训练集(A)和验证集(B)中诊断 PTMC 患者颈部淋巴结转移的 ROC 曲线图



表3 第2次随机分组后训练集与验证集临床资料比较

数据集	性别		年龄		肿瘤最大径		包膜浸润		肿瘤位置			淋巴结转移	
	男	女	<45岁	≥45岁	≤0.5 cm	>0.5 cm	是	否	左侧叶	右侧叶	峡部	有	无
训练集(128)	28	100	64	64	50	78	20	108	61	59	8	56	72
验证集(56)	9	47	29	27	22	34	15	41	21	32	3	25	31
$\chi^2$ 值	0.817		0.050		0.001		3.150		1.915			0.911	
P值	0.366		0.824		0.977		0.076		0.384			0.013	

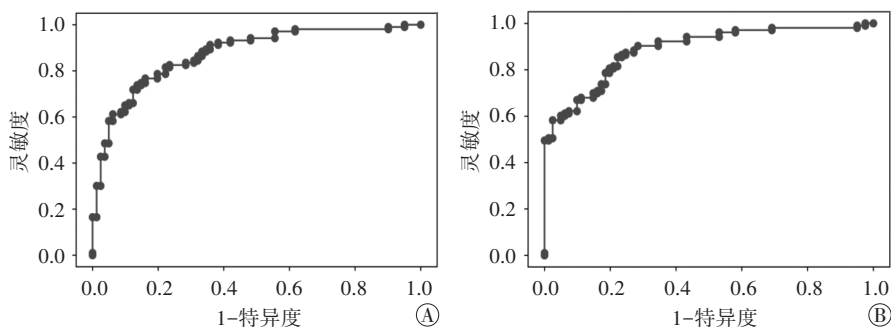


图4 联合模型在训练集(A)和验证集(B)中诊断PTMC患者颈部淋巴结转移的ROC曲线图

### 讨论

目前PTC的全球发病率逐年上升,其中PTMC的发病率增幅最大,文献<sup>[8]</sup>报道美国PTMC占全部甲状腺癌的49%,我国东南部PTMC占全部甲状腺癌的32%<sup>[9]</sup>,不同地区PTMC发病率的差异可能与研究对象及样本量有关。目前临床普遍认为医学影像技术的发展及医疗保健行为的普及导致肿瘤检出率提高,但也有学者<sup>[10]</sup>认为生存环境及生活方式的改变才是导致肿瘤发病率增高的最重要因素。PTMC多为惰性肿瘤,无需过度外科干预,仅需随访观察<sup>[3-4]</sup>。一项前瞻性随访观察研究<sup>[11]</sup>证实对低危PTMC患者采取主动监测替代手术治疗具有可行性。但部分PTMC患者(24.1%~64.1%)可较早出现颈部淋巴结转移<sup>[12-13]</sup>,本研究分析了184例PTMC患者的临床资料,结果显示颈部淋巴结转移率为44.0%,与上述文献报道一致。对于伴有颈淋巴结转移的PTMC患者,早期手术是最佳治疗方法,因此术前准确预测淋巴结转移情况对制定治疗方案具有重要意义。超声是颈部淋巴结的首选检查方法,但常规超声对颈部淋巴结转移的诊断价值有限,对中央区淋巴结转移的灵敏度仅23%~59%<sup>[14-15]</sup>。Ye等<sup>[16]</sup>联合常规超声特征和临床特征建立了预测PTMC患者颈部淋巴结转移的列线图模型,结果显示该模型的AUC为0.684,虽有一定的诊断价值,但灵敏度仅39.1%,尚不足以满足临床需要。机器学习是人工智能领域的一个分支<sup>[6]</sup>,目前已广泛应用于临床研究,既往研究<sup>[17]</sup>报道基于超声的机器学习在鉴别婴幼儿血管瘤与卡波西型血管内皮瘤中具有良好的诊断效能。本研究通过机器学习方法构建基于

超声影像组学联合临床特征的预测模型,旨在探讨其诊断PTMC患者颈部淋巴结转移的临床价值。

本研究从PTMC超声图像勾画的ROI中提取了953个影像组学特征,经过t检验及LASSO降维后,筛选出11个系数非零的稳定特征,其中以形状特征(Shape)的权重最大,证实了灰阶超声图像特征预测PTMC患者颈部淋巴结转移有一定的

价值。本研究中两次随机分组后训练集与验证集临床资料比较差异均无统计学意义,表明预测模型的诊断结果未受临床资料的影响。本研究对比分析了转移组与无转移组的临床资料,结果显示年龄、包膜浸润情况比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ ),且多因素Logistic回归分析结果也显示年龄、包膜浸润均为PTMC患者淋巴结转移的独立预测因素(均 $P<0.05$ ),与既往研究<sup>[18]</sup>结果相似。而两组性别、肿瘤最大径比较差异均无统计学意义,不同于以往研究<sup>[19]</sup>认为男性、肿瘤最大径 $>0.5$  cm均为淋巴结转移的危险因素的结果,分析可能与纳入样本量及研究人群具有差异有关。临床大多PTC患者颈部淋巴结转移按一定顺序进行,即首先转移至中央区淋巴结,然后转移至侧颈区淋巴结,仅少数患者出现跳跃性转移<sup>[20]</sup>。本研究中伴有侧颈区淋巴结转移的PTMC患者仅9例,因此并未对颈部淋巴结转移进行分区预测,而是预测颈部所有区域淋巴结转移的可能性,以期筛选出有颈部淋巴结转移风险的PTMC患者,为临床医师决定患者是否需行手术切除提供影像学参考。

既往研究<sup>[21]</sup>通过机器学习构建预测PTC患者颈部淋巴结转移的超声影像组学模型,结果显示该模型在训练集的AUC为0.782,准确率为71.2%;在验证集的AUC为0.727,准确率为71.0%,但该研究纳入对象为所有PTC患者,对PTMC患者的预测效能尚未可知。本研究通过机器学习构建超声影像组学模型,该模型诊断训练集中PTMC患者颈部淋巴结转移的AUC为0.78,准确率为78.9%;在验证集的AUC为0.72,准确率为71.4%,表明该模型具有较高的预测效能。既往

有学者<sup>[22]</sup>联合超声图像特征和临床资料建立列线图模型以预测PTC患者颈部淋巴结转移,结果显示该模型在训练集和验证集中的AUC、准确率分别为0.870、79.8%和0.858、81.2%,其诊断效能优于超声图像特征模型,本研究结果与其相似。联合超声影像组学特征和临床特征建立的预测模型诊断训练集和验证集中PTMC患者颈部淋巴结转移的准确率分别为86.7%、80.4%,AUC分别为0.87、0.81,均高于超声影像组学模型(均 $P<0.05$ ),表明联合超声影像组学特征和临床特征的预测模型具有更高的诊断价值。

本研究的局限性:①样本量偏小,且为单中心、回顾性研究,有待今后扩大样本量,进行多中心、前瞻性研究进一步证实;②为避免不同超声仪器、不同频率探头采集到超声图像的差异,本研究选择同一型号仪器及探头采集图像,不同仪器、探头采集的图像是否存在差异有待今后进一步研究;③仅分析了灰阶超声图像的影像组学特征,后续可加入CDFI、弹性成像等多模态超声图像进行分析,以提高诊断效能;④仅分析了肿瘤最大径切面图像,有待今后进行多切面或动态图像研究,进一步验证结果并提高对颈部淋巴结转移的预测效能;⑤仅针对颈部所有区域淋巴结转移进行预测,有待今后扩大样本量并尝试精准预测转移淋巴结的具体分区。

综上所述,本研究构建了基于超声影像组学联合临床特征的预测模型,并证实其在PTMC患者颈部淋巴结转移的诊断中有一定的临床价值,对临床选择个体化治疗方案和预测预后均有一定的指导价值。

#### 参考文献

- [1] Brito JP, Hay ID. Management of papillary thyroid microcarcinoma [J]. *Endocrinol Metab Clin North Am*, 2019, 48(1): 199-213.
- [2] Sutherland R, Tsang V, Clifton-Bligh RJ, et al. Papillary thyroid microcarcinoma: is active surveillance always enough? [J]. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 2021, 95(6): 811-817.
- [3] 中华医学会内分泌学分会, 中华医学会外科学分会甲状腺及代谢外科学组, 中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会, 等. 甲状腺结节和分化型甲状腺癌诊治指南(第二版)[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2023, 39(3): 181-226.
- [4] Tessler FN, Middleton WD, Grant EG, et al. ACR thyroid imaging, reporting and data system (TI-RADS): white paper of the acr TI-RADS committee [J]. *J Am Coll Radiol*, 2017, 14(5): 587-595.
- [5] Mayerhoefer ME, Materka A, Langs G, et al. Introduction to radiomics [J]. *J Nucl Med*, 2020, 61(4): 488-495.
- [6] Choi RY, Coyner AS, Kalpathy-Cramer J, et al. Introduction to machine learning, neural networks, and deep learning [J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2020, 9(2): 14.
- [7] 武元元, 王军, 刘勤江. 甲状腺乳头状微小结核中央区淋巴结转移的预测因素 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 34(10): 955-957.
- [8] van Velsen E, Verburg FA. Using nomograms to predict the presence of papillary thyroid carcinoma [J]. *Transl Cancer Res*, 2023, 12(7): 1665-1668.
- [9] Xie L, Wang S, Qian Y, et al. Increasing gap between thyroid cancer incidence and mortality in urban shanghai, China: an analysis spanning 43 years [J]. *Endocr Pract*, 2021, 27(11): 1100-1107.
- [10] Li Y, Che W, Yu Z, et al. The incidence trend of papillary thyroid carcinoma in the United States during 2003-2017 [J]. *Cancer Control*, 2022, 29(1): 10732748221135447.
- [11] Sugitani I, Ito Y, Takeuchi D, et al. Indications and strategy for active surveillance of adult low-risk papillary thyroid microcarcinoma: Consensus Statements from the Japan Association of Endocrine Surgery Task Force on Management for Papillary Thyroid Microcarcinoma [J]. *Thyroid*, 2021, 31(2): 183-192.
- [12] Kaliszewski K, Diakowska D, Wojtczak B, et al. Which papillary thyroid microcarcinoma should be treated as "true cancer" and which as "precancer"? [J]. *World J Surg Oncol*, 2019, 17(1): 91.
- [13] Yin Y, Xu X, Shen L, et al. Influencing factors and cumulative risk analysis of cervical lymph node metastasis of papillary thyroid microcarcinoma [J]. *Front Oncol*, 2021, 11(9): 644645.
- [14] Issa PP, Mueller L, Hussein M, et al. Radiologist versus non-radiologist detection of lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma by ultrasound: a Meta-analysis [J]. *Biomedicine*, 2022, 10(10): 2575-2585.
- [15] Yao F, Yang Z, Li Y, et al. Real-world evidence on the sensitivity of preoperative ultrasound in evaluating central lymph node metastasis of papillary thyroid carcinoma [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13(6): 865911.
- [16] Ye J, Feng JW, Wu WX, et al. Papillary thyroid microcarcinoma: a Nomogram based on clinical and ultrasound features to improve the prediction of lymph node metastases in the central compartment [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12(1): 770824-770832.
- [17] 牛雅宁, 于一行, 龚毓宾, 等. 灰阶超声影像组学鉴别诊断皮下组织血管瘤与卡波西型血管内皮瘤 [J]. *中国医学影像技术*, 2022, 38(11): 1704-1709.
- [18] Zhang Q, Wang Z, Meng X, et al. Predictors for central lymph node metastases in CNO papillary thyroid microcarcinoma (mPTC): a retrospective analysis of 1304 cases [J]. *Asian J Surg*, 2019, 42(4): 571-576.
- [19] Wu X, Li BL, Zheng CJ, et al. Predictive factors for central lymph node metastases in papillary thyroid microcarcinoma [J]. *World J Clin Cases*, 2020, 8(8): 1350-1360.
- [20] Zhao H, Huang T, Li H. Risk factors for skip metastasis and lateral lymph node metastasis of papillary thyroid cancer [J]. *Surgery*, 2019, 166(1): 55-60.
- [21] Liu T, Zhou S, Yu J, et al. Prediction of lymph node metastasis in patients with papillary thyroid carcinoma: a radiomics method based on preoperative ultrasound images [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2019, 18(1): 1533033819831713.
- [22] Zhou SC, Liu TT, Zhou J, et al. An ultrasound radiomics nomogram for preoperative prediction of central neck lymph node metastasis in papillary thyroid carcinoma [J]. *Front Oncol*, 2020, 10(9): 1591.

(收稿日期:2023-09-02)