

## • 超声影像学 •

# 基于超声影像组学鉴别腮腺多形性腺瘤和腺淋巴瘤的临床应用研究

魏伟,冯慧俊,范莉芳,王晔,韦天军,张伟,张霞

**【摘要】目的:**建立并验证基于超声影像组学鉴别腮腺多形性腺瘤和腺淋巴瘤的临床应用价值。**方法:**回顾性收集本院 2012 年 1 月—2022 年 12 月就诊于口腔颌面外科并手术后病理确诊为腮腺多形性腺瘤和腺淋巴瘤的患者共 282 例,并获取完整的超声影像及临床资料。按 7:3 比例随机分为训练集(197 例)和验证集(85 例)。采用先组间差异性分析筛选出临床独立预测因子。使用 ITK-SNAP 对感兴趣区(ROI)勾画,利用 Pyradiomics 软件从腮腺肿瘤的超声图像中提取组学特征。利用 Pearson 相关性分析,保留相关性系数 $>0.9$ 的一个特征;再利用最小收缩和选择算子(LASSO)回归分析,筛选出特征构建超声影像组学模型;与临床数据结合构建联合模型并评估其诊断效能。采用 Delong 检验评估各模型的鉴别效能。**结果:**研究发现,年龄、性别、回声不均能够有效鉴别腮腺多形性腺瘤和腺淋巴瘤,构建临床诊断模型。通过降维筛选出 15 个特征并建立超声影像组学模型。基于超声影像组学模型结合性别、年龄、回声不均匀构建联合诊断模型。在训练集中,联合模型的 AUC 均高于临床诊断模型和超声影像组学模型且差异均具有统计学意义( $Z=3.919, P<0.001$ ;  $Z=3.179, P=0.0015$ ),超声影像组学模型的 AUC 与临床模型 AUC 差异无统计学意义( $Z=0.079, P=0.936$ )。验证集中,联合模型 AUC 高于临床模型和超声影像组学模型,差异均具有统计学意义( $Z=2.424, P=0.015$ ;  $Z=2.212, P=0.027$ );超声影像组学模型的 AUC 高于临床模型,差异不具有统计学意义( $Z=0.881, P=0.379$ )。**结论:**基于超声影像组学构建联合模型在腮腺多形性腺瘤和 Warthin 瘤具有良好的鉴别诊断效能。

**【关键词】**腮腺多形性腺瘤;腺淋巴瘤;超声;影像组学;诊断,鉴别

**【中图分类号】**R445.1;R739.87 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-0313(2024)07-0954-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.07.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Clinical application of ultrasonic radiomics in distinguishing pleomorphic adenoma and adenomatoma of parotid gland** Wei Wei, FENG Hui-jun, FAN Li-fang, et al. Department of Ultrasound, the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College (Yijishan Hospital), Anhui 241001, China

**【Abstract】 Objective:** To establish and verify the clinical application value of ultrasound radiomics in differential diagnosis of pleomorphic adenoma and adenolymphoma of the parotid gland. **Methods:** Complete ultrasound images and clinical data of 282 patients with parotid pleomorphic adenoma and adenolymphoma diagnosed by postoperative pathology in the Department of Oral and Maxillofacial Surgery of our hospital from January 2012 to December 2022 were retrospectively collected analyzed. All cases were randomly divided into a training set (197 cases) and a validation set (85 cases) at a ratio of 7:3. The clinical independent predictors were screened by difference analysis between the two groups. ITK-SNAP was used to delineate the region of interest (ROI), and Pyradiomics software was used to extract radiomics features from ultrasound images of parotid tumors. The Pearson correlation analysis was used to retain a feature of correlation coefficient $>0.9$ . Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO) regression analysis was used to selected features to construct an ultrasonic radiomics model, which was then combined with clinical data to construct a joint model to evaluate its diagnostic efficacy. Delong test was used to evaluate the discriminative efficacy of each model. **Results:** It was found that age, gender and echo irregularity could effectively distinguish parotid pleomorphic ade-

**作者单位:**241001 安徽芜湖,皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)超声医学科(魏伟、冯慧俊、王晔、韦天军、张霞),病理科(张伟);皖南医学院医学影像学院(范莉芳)

**作者简介:**魏伟(1990—),男,硕士,主要从事超声医学影像研究。

**通讯作者:**张霞,E-mail:yjsusd@163.com

noma from adenolymphoma, and a clinical diagnostic model was constructed. 15 features were selected by dimensionality reduction and the ultrasound radiomics model was established. A combined diagnostic model was constructed based on this ultrasound radiomics model by combining with gender, age, and echo irregularity. In the training set, the AUC of the combined model was higher than that of the clinical diagnostic model and ultrasound radiomics model, and the differences were statistically significant ( $Z=3.919, P<0.001$ ;  $Z=3.179, P=0.0015$ ). There was no significant difference in AUC between the ultrasound radiomics model and the clinical model ( $Z=0.079, P=0.936$ ). In validation set, AUC of combined model was higher than that of clinical model and ultrasound radiomics model, and the differences were statistically significant ( $Z=2.424, P=0.015$ ;  $Z=2.212, P=0.027$ ). The AUC of ultrasound imaging model was higher than that of clinical model, and the difference was not statistically significant ( $Z=0.881, P=0.379$ ). **Conclusion:** The combined model based on ultrasound radiomics has good differential diagnostic efficacy in parotid pleomorphic adenoma and Warthin tumor.

**【Key words】** Pleomorphic adenoma; Warthin tumor; Ultrasound; Radiomics; Diagnosis, differential

腮腺肿瘤在头颈部较少见,绝大多数为良性肿瘤,约占 80%~90%,其中腮腺多形性腺瘤(pleomorphic adenoma, PA)和腺淋巴瘤(adenocarcinoma 又称 Warthin 瘤)最为多见<sup>[1,2]</sup>。腮腺 PA 的患者一般无明显症状、生长缓慢、病程较长,部分 PA 有复发、恶变可能<sup>[3]</sup>。PA 和 Warthin 瘤二者生物学行为存在差异,导致临床治疗手段和临床转归也有所差异,前者须扩大切除范围,后者只需临床病灶切除术即可或随访观察<sup>[4-5]</sup>,因此,术前能通过无创的手段鉴别 PA 和 Warthin 瘤具有重要的临床价值。超声检查具有便捷、简便、费用低等优点而被作为腮腺疾病的首选检查,PA 和 Warthin 瘤超声影像学特征存在一定重叠,超声诊断具有一定主观性,增加鉴别诊断难度。本研究基于 PA 和 Warthin 瘤的超声影像特征及临床信息为基础,通过统计学方法筛选出有鉴别价值的临床信息,再与超声影像组学特征结合构建联合模型,探讨基于超声影像组学的联合模型对 PA 和 Warthin 瘤的临床鉴别价值。

## 材料与方法

### 1. 临床资料

回顾性收集 2012 年 1 月—2022 年 12 月经本院手术后病理确诊的 282 例 PA 和 Warthin 瘤患者的超声影像和临床资料。纳入标准:①超声图像清晰;②超声检查前未行穿刺及临床治疗等;③术后病理及临床资料完整;④多发病灶选取最大病灶分析。排除标准:①双侧腮腺肿瘤;②图像质量差及临床资料不完整;③病理证实合并其他疾病。

### 2. 仪器与方法

采用 Esaote Mylab Twice 和 Siemens S2000 彩色多普勒超声仪器,各自配备 4~13 MHz 和 4~9 MHz

线阵探头,获得完整腮腺病灶的图像。所有超声图像以 JPG 格式存储于影像 PACS 系统。接受超声检查前,患者取仰卧位,颈部稍后仰,将腮腺检查区域充分暴露,超声医师对腮腺部位实施十字交叉、多切面、双侧对比扫查,记录肿瘤数目、形态、边界、内部回声、是否合并囊性病变、Alder 血流分级等超声影像特征,然后获取病灶最大径标准切面,对于单侧多发病灶取最大病灶切面。

### 3. 影像组学分析

①病灶 ROI 的勾画。腮腺病灶 ROI 的分割:所有患者腮腺病灶的图像以 JPG 格式存储,利用软件转化为 Nii 格式。两位具有 8 年以上浅表超声工作经验的医师采用双盲阅片,若对病灶图像特征评阅不一致,经协商达成一致意见。在确定病灶最大切面后,沿病灶的边缘处勾画 ROI。对于单侧病灶多发者,选取最大病灶勾画 ROI;为了充分反映病灶的整体特征,勾画病灶 ROI 过程中,未避开病灶的坏死区、钙化。

②特征的提取及筛选。纳入研究的患者以 7:3 随机分为训练集(197 例)和验证集(85 例)。采用 ITK-SNAP 软件进行勾画,采用 Pyradiomics 软件提取影像组学特征,采用邻近值填补缺失值和异常值。提取特征进行正则化(Z-Score),特征维持在  $N(0,1)$  之间。采用 Pearson 相关性分析,保留相关性系数  $>0.9$  的一个特征;再利用最小收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归进一步行特征筛选,利用筛选出的影像组学特征与其加权非零系数的组合,构建影像组学标签(Rad-score)。

### 4. 统计学分析方法

采用 R 软件(4.1.0)、SPSS 软件(29.0)、MedCalc 软件(20.0)进行统计学分析。对连续性定量资料进行正态性检验(Kolmogorov-Smirnov 检验)和方差齐性

检验(Levene 检验),符合正态分布资料用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用独立样本 *t* 检验进行分析,不符合正态分布资料用中位数和四分位间距 M(Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>)表示,采用非参数 Mann-Whitney U 检验进行分析。对于分类资料,采用行×列表的卡方检验或 Fisher 确切概率法进行分析。以 *P*<0.05 为差异具有统计学意义。采用组间差异性分析筛选出临床独立预测因子。采用 Logistic 回归分别构建临床模型、影像组学模型及联合预测模型。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线和曲线下面积(area under curve, AUC)评估各模型的诊断效能,采用 De-long 检验评估模型间的差异,采用校准曲线评估联合模型的拟合度。

## 结 果

### 1.一般临床资料

表 1 腮腺 PA 和 Warthin 瘤患者临床信息和超声特征比较

临床和超声特征	训练集(n=197)				验证集(n=85)			
	PA (n=125)	Warthin (n=72)	$\chi^2/t$	P	PA (n=49)	Warthin (n=36)	$\chi^2/t$	P
年龄/例			54.581	<0.001			32.392	<0.001
≤50岁	80(64.0%)	7(9.7%)			36(61.2%)	4(8.3%)		
>50岁	45(36.0%)	65(90.3%)			13(38.8%)	32(91.7%)		
性别/例			67.336	<0.001			24.444	<0.001
男	47(62.4%)	70(97.2%)			30(61.2%)	33(91.7%)		
女	78(37.6%)	2(2.8%)			19(38.8%)	3(8.3%)		
最大径/cm	26.4±10.7	29.20±9.4	-1.81	0.072	26.9±9.6	31.20±10.9	-1.898	0.517
位置			9.086	0.03			3.406	0.065
左侧	105(84%)	47(65.3%)			40(81.6%)	23(63.9%)		
右侧	20(16%)	25(34.7%)			9(18.4%)	13(36.1%)		
病灶数量/例			18.123	<0.001			3.548	0.060
单发	121(96.8%)	56(77.8%)			46(93.9%)	29(80.6%)		
多发	4(3.2%)	16(22.2%)			3(6.1%)	7(19.4%)		
形态/例			3.028	0.082			0.544	0.461
圆形或卵圆形	73(58.4%)	51(70.8%)			35(71.4%)	23(63.9%)		
不规则	52(41.6%)	21(29.2%)			14(28.6%)	13(36.1%)		
边界/例			0.654	0.419			0.376	0.540
清晰	104(83.2%)	63(87.5%)			40(81.6%)	32(88.9%)		
不清晰	21(16.8%)	9(15.2%)			9(18.4%)	4(11.1%)		
内部回声/例			15.053	<0.001			31.891	<0.001
均匀	103(82.4%)	41(56.9%)			44(89.8%)	11(30.6%)		
不均匀	22(17.6%)	31(43.1%)			5(10.2%)	25(69.4%)		
囊性变/例			1.514	0.214			3.302	0.069
有	116(92.8%)	63(87.5%)			44(89.8%)	27(75.0%)		
无	9(7.2%)	9(12.5%)			5(10.2%)	9(25.0%)		
后方回声/例			1.343	0.247			3.406	0.065
无增强	93(74.4%)	48(66.7%)			40(81.6%)	23(64.1%)		
有增强	32(25.6%)	24(33.3%)			9(18.4%)	13(35.9%)		
钙化/例			0.000	1.000				
有	5(4%)	3(4.2%)			0	0		
无	120(96%)	69(95.8%)			49(100%)	36(100%)		
血流分级/例			29.686	<0.001			6.413	0.093
无血流	73(58.4%)	23(31.9%)			25(51.0%)	11(30.6%)		
Alder I	36(28.8%)	16(22.2%)			18(38.8%)	13(36.1%)		
Alder II	12(9.6%)	17(23.6%)			4(8.2%)	8(22.2%)		
Alder II	4(3.2%)	16(22.2%)			2(2.0%)	4(11.1%)		
Rad-score	0.1725±0.2274	0.7089±0.2636	-17.49	<0.001	0.1823±0.2162	0.7309±0.2271	-11.314	<0.001

本研究纳入 282 例患者,共 282 个病灶纳入研究。腮腺 PA 患者 174 例,男 77 例,女 97 例,年龄 11~81 岁,平均(51.5±16.0)岁,病灶最大径 8~69 mm,平均(27.5±10.3)mm;Warthin 瘤患者 108 例,男 103 例,女 5 例,年龄 12~82 岁,平均(50.8±16.5)岁,病灶最大径 11~68 mm,平均(28.7±10.4)mm。

为了严格筛选出鉴别腮腺 PA 和 Warthin 瘤的临床特征,选取训练集和验证集两组差异均具有统计学意义的资料纳入研究。发现性别、年龄、内部回声不均特征在两组中差异均有统计学意义(*P*<0.05);腮腺 PA 和 Warthin 瘤患者在训练集和验证集病灶最大径、位置、后方回声、囊性变等差异均无统计学意义(表 1)。

### 2.超声影像组学模型构建

基于 Pyradimiccs 软件共提取 1561 个超声影像组学特征,包括一阶特征(反映单一像素或体素)、形状特征(反映肿瘤形状和大小)、二阶特征(纹理特征)。

二阶特征包括灰度共生矩阵(gray level co-occurrence matrix, GLCM)、灰度运行长度矩阵(gray level run length matrix, GLRLM)、灰度大小区域矩阵(gray level size zone matrix, GLSZM)、相邻灰度音调差分矩阵(neighbouring gray tone difference matrix, NGTDM)和灰度相关矩阵(gray level dependence matrix, GLDM)及小波特征。采用 Pearson 相关性分析和 LASSO 回归筛选出 15 个超声组学特征用于超声组学模型的构建。超声组学评分(Rad-score)为纳入的特征与其对应的系数相乘(图 1)。

### 3. 各模型鉴别诊断效能

单纯的超声组学模型构建后,用于评腮腺 PA 和 Warthin 瘤的鉴别效能,训练集的 AUC 为 0.919 (95% CI: 0.872~0.953),验证集的 AUC 为 0.948 (95% CI: 0.907~0.990),见表 2。随后纳入

性别、年龄、内部回声特征三个独立影像影响因素,构建联合模型,训练集和验证集的 AUC 分别为 0.972 (95% CI: 0.953~0.999)、0.986 (95% CI: 0.968~1.000),见表 2。构建两组列线图,列线图显示影像组学评分权重在评价腮腺 PA 和 Warthin 肿瘤诊断中占有优势(图 2)。校准曲线显示联合模型在训练集和验证集均有较好的校准效果(图 3)。

### 4. 各模型诊断效能的比较

在训练集中,基于超声组学模型结合性别、年龄、内部回声特征构建联合诊断模型 AUC 高于临床诊断模型和超声组学模型且差异均具有统计学意义( $Z=3.919, P<0.001$ ;  $Z=3.179, P=0.0015$ ),超声影像组学模型的 AUC 与临床模型的 AUC 差异无统计学意义( $Z=0.079, P=0.936$ )。验证集中,联合模型 AUC

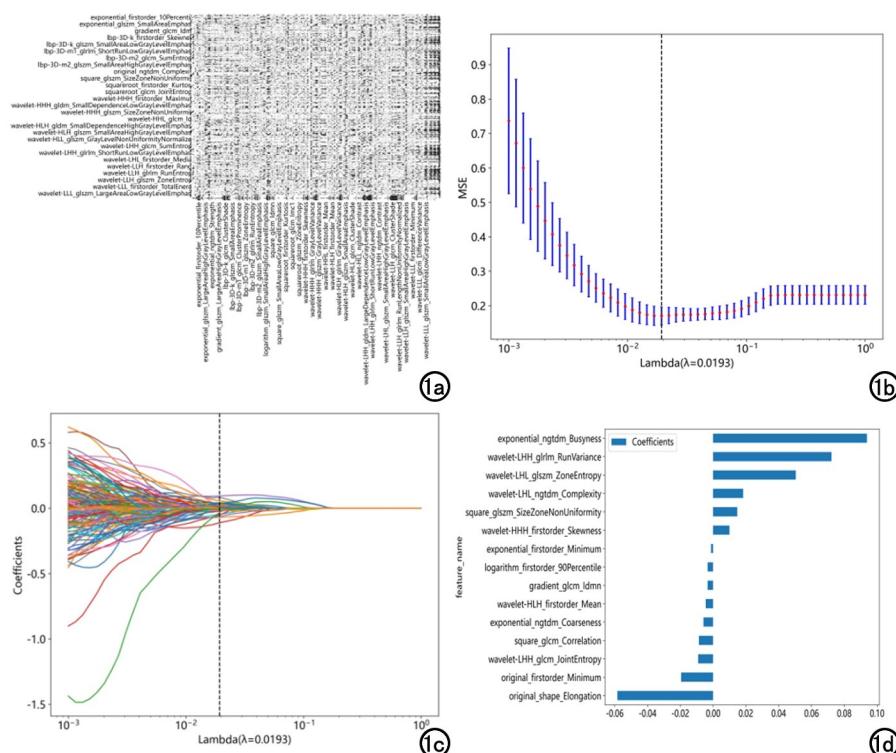


图 1 超声影像组学的特征筛选。a)Pearson 相关系数计算特征之间的相关性;b)LASSO 回归中使用 10 折交叉验证方法选择最优参数;c)LASSO 回归的特征系数收敛图;d)超声特征权重分布。

高于临床模型和超声影像组学模型,差异均具有统计学意义( $Z=2.424, P=0.015$ ;  $Z=2.212, P=0.027$ );超声影像组学模型的 AUC 高于临床模型,差异不具有统计学意义( $Z=0.881, P=0.379$ ),见图 4。

## 讨 论

PA 和 Warthin 瘤是腮腺最常见的良性肿瘤,PA 的恶变率高达 2%~25%,即使手术切除,其复发率为 15%<sup>[6,7]</sup>;而 Warthin 瘤恶变和复发极少,临床可以选择定期复查或手术切除<sup>[8]</sup>。术前获得准确的病理结果,可一定程度帮助临床制定合理的治疗方案,提高患者预后。穿刺活检是一种有创操作,容易破坏包膜,引起细胞种植、诱发腮腺炎症、面神经受损、取材有限等缺点,临床不推荐活检<sup>[9]</sup>。因此,术前寻找一个快速、

表 2 临床模型、超声影像组学模型和联合模型鉴别诊断腮腺 PA 和 Warthin 瘤的鉴别效能

模型	AUC(95%CI)	准确率	敏感度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
<b>训练集</b>						
临床模型	0.921(0.874~0.955)	0.893	0.875	0.904	0.840	0.926
超声组学模型	0.919(0.872~0.953)	0.853	0.903	0.824	0.747	0.936
联合模型	0.972(0.953~0.999)	0.924	0.861	0.960	0.925	0.923
<b>验证集</b>						
临床模型	0.915 (0.853~0.977)	0.835	0.861	0.816	0.775	0.889
超声组学模型	0.948(0.907~0.990)	0.882	0.972	0.816	0.795	0.976
联合模型	0.986(0.968~1.000)	0.953	0.917	0.980	0.971	0.941

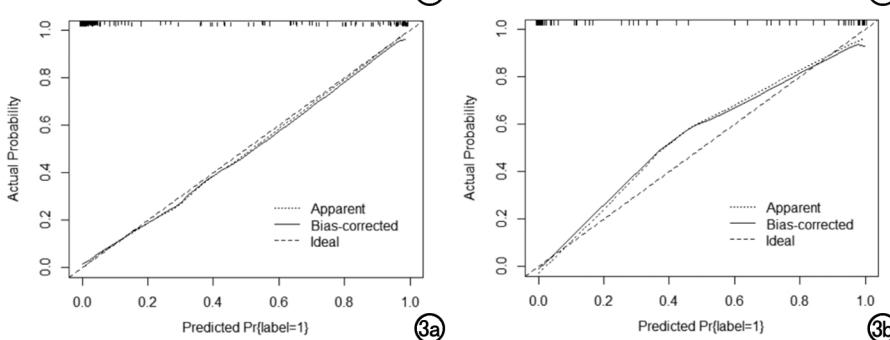
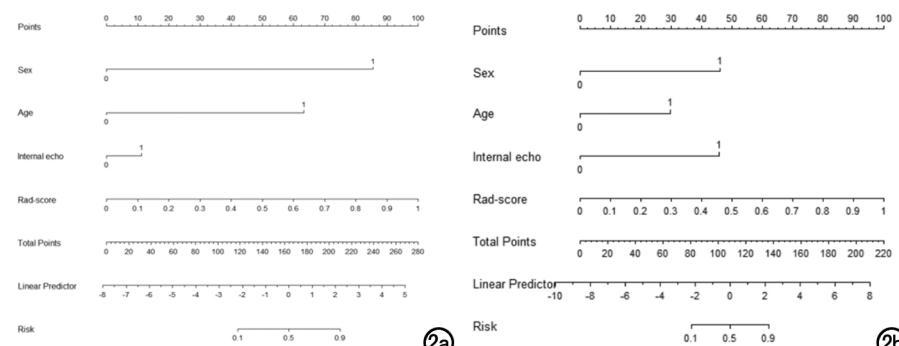


图 2 基于临床特征和超声组学建立的列线图。a)训练集;b)验证集。性别 0:女性,1:男性;年龄 0:50岁,1:50岁;内部回声 0:均匀低回声,1:回声不均匀。  
图 3 联合模型预测效能的校准曲线。a)训练集;b)验证集。

准确的鉴别方法,对临床治疗及预后有一定指导意义。常规高频超声对浅表器官检查有优势,已成为临床首选<sup>[10]</sup>。然而,国内外学者利用超声特征鉴别 PA 和 Warthin 瘤二者临床应用价值仍存在一定争议。放射组学从医学影像资料中提取肉眼无法识别的大量定量特征,这些特征反映肿瘤内部信息,对肿瘤的鉴别诊断有一定优势。因此,本研究开发和验证基于超声影像组学的一种联合模型,探讨其在腮腺 PA 和 Warthin 瘤的临床鉴别价值。

研究发现,108 例 Warthin 瘤患者中,男性 103 例,50 岁的患者共 97 例;174 例 PA 患者中,女性 97 例,50 岁的患者共 116 例,与既往报道一致<sup>[8,11]</sup>。在

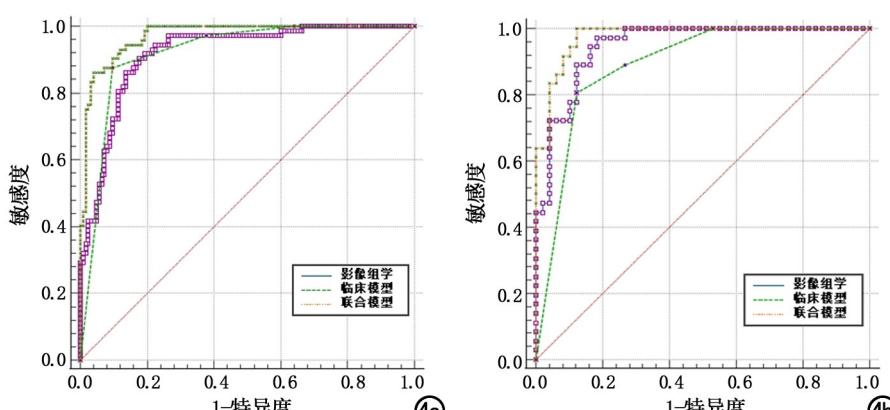


图 4 三种模型鉴别诊断效能的 ROC 曲线。a)训练集;b)验证集。

两组中均发现,腮腺 Warthin 瘤共有 21.3%(16/72,7/36)的病例多发,高于 PA 的 4%(4/125,3/49),且在训练集中发现有统计学意义( $P < 0.05$ ),与既往研究<sup>[7,12]</sup>文献研究一致,原因可能与组织胚胎学相关,上皮与淋巴组织在胚胎早期紧密相连<sup>[8]</sup>。在训练集中,Warthin 瘤超声特征多表现囊性病变,可能与病灶内部含有腺管或囊腔样结构,导致病灶液化出现的概率较高( $P < 0.05$ )。在训练组及验证组中 Warthin 瘤病灶内部回声不均匀均高于同组的多形性腺瘤,原因是病灶囊腔的间质成分多形成条索样高回声,部分可呈现网格样改变,且差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ),与既往研究<sup>[7,8,13,14]</sup>结果类似。本研究回顾性分析了 PA 和 Warthin 瘤共计 282 例患者,两组资料最大径、后方回声、形态、边界等资料在训练集和验证集

差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。为了充分保证临床和超声特征的对二者的鉴别影响因素,笔者严格筛选出鉴别腮腺 PA 和 Warthin 瘤的临床和超声信息特征,选取训练集和验证集两组中差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ )时才纳入研究,最终纳入性别、年龄及内部回声特征构建模型,与既往研究<sup>[8,13,14]</sup>结果一致。

超声影像组学提取肉眼无法观察到的影像学特征,通过分析反映肿瘤形态及生物学特征<sup>[15]</sup>,是一种计算机辅助决策技术<sup>[16]</sup>。有研究发现超声影像组学已经在肿瘤性质、病理类型、分子生物学行为方面展示了良好的诊断性能,如新辅助化疗、腋窝淋巴结转移预测等<sup>[17,18]</sup>。影像组学特征利用高通量数据提供病灶图像肉眼无法观察到的内部纹理信息,近年来逐步开始应用于腮腺肿瘤鉴别诊断研究。本研究建立影像组学评分可以预测腮腺 PA 和 Warthin 瘤,间接反映了肿瘤的异质性,与既往研究<sup>[19]</sup>类似。吴艳等<sup>[12]</sup>研究发现基于 T<sub>2</sub> WI 图像的联合模型,在训练集和验证集的 AUC 值分别为 0.90(95% CI: 0.83~0.97)、0.96(95% CI: 0.88~1.0),均高于单纯的影像组学模型。文荣等<sup>[20]</sup>建立

单纯的影像组学评分在训练组和验证组的 AUC 分别为 0.91、0.88, 具有良好的鉴别诊断效能<sup>[20]</sup>。PA 来源于唾液腺上皮组织, 由多种上皮组织、黏液样间质、软骨基质构成, 内部成分复杂<sup>[21]</sup>。Warthin 瘤发生率仅次于 PA, 其起源腮腺内淋巴结, 内含丰富的嗜酸上皮组织(含腺管、囊腔, 具有分泌功能)和淋巴样组织, 二者组织病理学不同, 因此在超声影像组学提供了鉴别的基础, 本研究发现超声影像组学模型诊断效能[训练集和验证集 AUC 分别为 0.919(95% CI: 0.872~0.953)、0.948(95% CI: 0.907~0.990)]均高于临床模型。此次研究所构建的三种模型在训练集和验证集中鉴别腮腺 PA 和 Warthin 瘤的效能比较, 联合模型诊断效能(AUC: 0.972、0.986)均优于单纯的临床特征且差异具有统计学意义( $Z = 3.919, P < 0.001$ ;  $Z = 2.424, P = 0.015$ ), 与既往研究<sup>[12, 20, 22]</sup>一致, 进一步提高了鉴别诊断效能, 有利于指导临床制定合理方案, 值得应用推广。

本研究仍存在一定局限性:①为回顾性研究, 存在选择偏移, 对结果产生一定影响;②虽选取最大切面作为组学特征的提取, 病灶的整体信息纳入不全;③未考虑超声造影和弹性成像等新技术;④未考虑患者吸烟史。

综上所述, 基于超声影像组学结合临床相关数据所构建的联合模型可以为临床鉴别腮腺 PA 和 Warthin 瘤提供新思路, 从而协助制定临床决策, 值得应用推广。

#### 参考文献:

- [1] Gao M, Hao Y, Huang MX, et al. Salivary gland tumours in a northern Chinese population: A 50-year retrospective study of 7190 cases[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2017, 46(3): 343-349.
- [2] Tian Z, Li L, Wang L, et al. Salivary gland neoplasms in oral and maxillofacial regions: A 23-year retrospective study of 6982 cases in an eastern Chinese population[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2010, 39(3): 235-242.
- [3] Kato H, Kawaguchi M, Ando T, et al. Pleomorphic adenoma of salivary glands: Common and uncommon CT and MR imaging features[J]. Jpn J Radiol, 2018, 36(8): 463-471.
- [4] Park YM, Kang MS, Kim DH, et al. Surgical extent and role of adjuvant radiotherapy of surgically resectable, low-grade parotid cancer[J]. Oral Oncol, 2020, 107: 104780.
- [5] 江晓勇, 杨志辉, 陈希希, 等. 不同类型腮腺肿瘤的临床特点及远期复发情况分析[J]. 中华全科医学, 2019, 17(5): 790-792, 796.
- [6] Yuan WH, Hsu HC, Chou YH, et al. Gray-scale and color Doppler ultrasonographic features of pleomorphic adenoma and Warthin's tumor in major salivary glands[J]. Clin Imaging, 2009, 33(5): 348-353.
- [7] Rong X, Zhu Q, Ji H, et al. Differentiation of pleomorphic adenoma and Warthin's tumor of the parotid gland: ultrasonographic features[J]. Acta Radiol, 2014, 55(10): 1203-1209.
- [8] 韩明丽, 王栋华, 史秋生, 等. 基于超声特征的评分法在腮腺 Warthin 瘤与混合瘤鉴别诊断中的应用研究 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31(6): 385-389.
- [9] Motoori K, Yamamoto S, Ueda T, et al. Inter- and intratumoral variability in magnetic resonance imaging of pleomorphic adenoma: An attempt to interpret the variable magnetic resonance findings[J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28(2): 233-246.
- [10] 蒋丽萍, 周爱云, 吴开志. SWE 及 CEUS 对腮腺肿瘤和恶性肿瘤的鉴别诊断价值[J]. 中国超声医学杂志, 2020, 36(7): 603-605.
- [11] Luers JC, Guntinas-Lichius O, Klussmann JP, et al. The incidence of Warthin tumours and pleomorphic adenomas in the parotid gland over a 25-year period[J]. Clin Otolaryngol, 2016, 41(6): 793-797.
- [12] 吴艳, 谢元亮, 张树桐, 等. 基于  $T_2$  WI 影像组学及联合诊断模型鉴别腮腺多形性腺瘤与腺淋巴瘤[J]. 放射学实践, 2020, 35(12): 1525-1531.
- [13] 游珊珊, 张波, 戴晴, 等. 腮腺 Warthin's 瘤与多形性腺瘤的超声和临床特征[J]. 中国医学影像技术, 2014, 30(9): 1296-1299.
- [14] 李亚洲, 孟凡荣, 向维, 等. 涎腺多形性腺瘤与 Warthin 瘤的流行病学资料及彩色多普勒超声声像图对比分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2017, 37(12): 1657-1659.
- [15] Zheng YM, Li J, Liu S, et al. MRI-Based radiomics nomogram for differentiation of benign and malignant lesions of the parotid gland[J]. Eur Radiol, 2021, 31(6): 4042-4052.
- [16] Li W, Huang Y, Zhuang BW, et al. Multiparametric ultrasomics of significant liver fibrosis: A machine learning-based analysis [J]. Eur Radiol, 2019, 29(3): 1496-1506.
- [17] Zheng X, Yao Z, Huang Y, et al. Deep learning radiomics can predict axillary lymph node status in early-stage breast cancer[J]. Nat Commun, 2020, 11(1): 1236.
- [18] Jiang M, Li CL, Luo XM, et al. Ultrasound-based deep learning radiomics in the assessment of pathological complete response to neoadjuvant chemotherapy in locally advanced breast cancer[J]. Eur J Cancer, 2021, 147: 95-105.
- [19] 李鑫焱, 刘菲菲, 焦玉婷, 等. 基于超声组学特征构建列线图预测早期乳腺癌前哨淋巴结转移[J]. 现代肿瘤医学, 2023, 31(14): 2682-2686.
- [20] 文荣, 高瑞智, 林鹏, 等. 超声组学在腮腺混合瘤和 Warthin 瘤鉴别诊断的应用研究[J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(7): 733-736.
- [21] 詹浩辉, 杨静. 常规 MRI 联合最小 ADC 值鉴别腮腺混合瘤与腺淋巴瘤的价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2020, 18(3): 260-262.
- [22] 胡涛, 刘琼, 邹玉坚, 等. 扩散峰度成像及动态增强 MRI 鉴别腮腺多形性腺瘤与 Warthin 瘤[J]. 放射学实践, 2021, 36(9): 1089-1094.

(收稿日期: 2023-06-19 修回日期: 2023-12-20)