

网络出版时间: 2023-03-07 14:42:14 网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20230307.1350.027.html>

基于 MRI 影像组学模型鉴别鼻腔鼻窦内翻乳头状瘤与息肉

刘梦秋¹, 曾飞雁¹, 丁虎², 刘影¹

摘要 目的 探讨基于磁共振 T2WI 及增强 T1WI 影像组学模型在鉴别鼻腔鼻窦内翻乳头状瘤与息肉的应用价值。方法 搜集病理证实且具有完整 T2WI 及增强 T1WI 图像的内翻乳头状瘤 (NIP) 病例 54 例, 单侧鼻息肉 (NP) 病例 51 例。采用 ITK-Snap 勾画病灶的所有层面。采用 pyradiomics 提取影像组学特征, 首先使用最小冗余最大相关 (mRMR) 进行特征提取, 进一步使用 rfe-SVM 特征消除, 去掉最小得分的特征, 建立预测模型。使用 ROC 曲线敏感性和特异性评价模型的性能, 并在验证集中验证。结果 总共提取影像组学特征 1 133 个, 经 mRMR 降维后筛选保留 30 个特征用于建立预测模型。T1WI 增强预测模型的 AUC 值为: 训练集 0.98, 验证集 0.95, 训练集的敏感度和特异度分别为 89.7% 和 100%, 验证集的敏感度和特异度分别为 93.8% 和 93.3%。

T2WI 预测模型的 AUC 值为: 训练集 0.95, 验证集 0.91, 训练集的敏感度和特异度分别为 82.1% 和 95.6%, 验证集的敏感度和特异度分别为 93.8% 和 84.2%。结论 基于磁共振影像组学 T1WI 增强预测模型及 T2WI 预测模型对鉴别鼻腔鼻窦内翻乳头状瘤及息肉有一定的价值。

关键词 鼻腔鼻窦; 内翻乳头状瘤; 息肉; 磁共振成像; 影像组学

中图分类号 R 765.4; R 447

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2023)03-0505-05

doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2023.03.027

鼻腔鼻窦肿瘤类型复杂, 良性肿瘤性病变以息肉为主^[1], 内翻性乳头状瘤是鼻腔鼻窦最为常见的上皮源性良性肿瘤^[2], 临床表现缺乏特异性, 鼻内镜大体外观与鼻息肉相似, 临床容易误诊为鼻息肉。虽然二者在鼻内镜下表现类似, 但内翻乳头状瘤是具有侵袭性的良性肿瘤^[3], 治疗方式最主要是手术切除。根据 Krouse 分级系统选择不同的手术式^[4], 且要在术中找到肿瘤的根部予以彻底清除, 是预防内翻性乳头状瘤复发最重要的手段。而鼻息肉常在慢性鼻窦炎的基础上伴发^[5], 药物治疗和鼻内镜

2023-01-17 接收

基金项目: 国家重点研发计划资助(编号: 2021YFA000900)

作者单位: ¹ 中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院) 影像科, 合肥 230001

² 中国科学技术大学计算机科学与技术学院, 合肥 230026

作者简介: 刘梦秋, 女, 硕士, 主治医师;

刘影, 女, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 责任作者, E-mail: felice828@126.com

of obstructive sleep apnea hypopnea syndrome (OSAHS) and in determining the location of upper airway obstruction. **Methods** MDCT was used to scan the upper airways of 85 clinically confirmed adult patients with different degrees of OSAHS (73 males and 12 females) in calm breathing phase and forced inhalation phase and 60 normal adults (50 males and 10 females) in calm breathing phase to obtain nasal cavity, nasopharynx, palatopharynx and oglosopharynx volumes. Parapharyngeal fat volume was measured in OSAHS patients and normal subjects. In addition, three groups of clinical data related to OSAHS patients were recorded, including sleep apnea hypopnea index (AHI), body mass index (BMI) and lowest blood oxygen saturation (LaSO₂). Finally, the measured data and clinical data of each group were statistically analyzed. **Results** The volume of nasopharynx and palatopharynx in the calm breathing group was significantly smaller than that in the control group, with statistical significance. Palatopharyngeal volume forced inspiratory phase was significantly smaller than calm breathing phase in the experimental group. The parapharyngeal fat volume in the experimental group was significantly higher than that in the control group. AHI was positively correlated with BMI and parapharyngeal fat volume. LaSO₂ was negatively correlated with AHI and BMI, respectively. **Conclusion** MDCT upper airway imaging has good clinical application value in the diagnosis, treatment and postoperative evaluation of OSAHS disease due to the significant anatomical difference between OSAHS patients and normal subjects.

Key words multi-detector CT; obstructive sleep apnea hypopnea syndrome; upper airway volume; parapharyngeal space; obesity

手术是临床治疗鼻息肉的常见方法^[6]。鉴于内翻性乳头状和鼻息肉的影像存在重叠以及二者治疗方式的差异,因此在术前精确的影像诊断对治疗方案的选择及肿瘤预后意义重大。影像组学是通过提取、分析和解释定量成像参数,反映肿瘤的显微特征,进而对肿瘤的鉴别诊断提供帮助的一种新型工具^[7]。既往有关于CT增强纹理分析对鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的鉴别诊断的研究中,基于CT增强图像的纹理分析可有效鉴别鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤与其他良性肿物,其鉴别效能高于CT增强图像的诊断效能^[8],尚未见关于内翻性乳头状瘤的MRI组学研究。该研究利用磁共振T2WI及T1WI增强图像影像组学特征建立模型,在术前鉴别鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤及息肉。

1 材料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析2015年7月—2021年5月中国科学技术大学附属第一医院手术治疗的54例内翻乳头状瘤及51例息肉患者,病灶均单发。内翻乳头状瘤组男、女分别为40例、14例,22~78(54.5 ± 12.4)岁。息肉组男、女分别为27例、24例,5~81(48.7 ± 18.6)岁。内翻乳头状瘤组病例的主要症状为加重性鼻塞、流涕、无嗅觉减退。息肉组病例的主要症状为鼻塞,24例合并嗅觉减退。内翻性乳头状瘤组出现典型“脑回样强化”影像学表现者占54.5%。病例纳入标准:单侧鼻息肉及首发的内翻乳头状瘤病例,经手术及免疫组织化学染色明确诊断;术前行MRI检查,图像清晰。排除标准为:术后复发的内翻乳头状瘤;伴有恶变的内翻乳头状瘤以及出血坏死性鼻息肉;因病灶过小而无法勾画ROI的病例。

1.2 图像采集 采用3.0 T GE Discovery 磁共振扫描仪进行扫描,扫描范围包含整个鼻腔鼻窦,即上颌骨牙槽突至额窦顶部。扫描序列及参数:轴位T2WI序列,反转角 120° ,激励次数2次,TR 5 130 ms,TE 93 ms。轴位T1WI序列,反转角 70° ,激励次数2次,TR 230 ms,TE 2.86 ms。轴位T2WI抑脂序列。T1WI抑脂增强轴位、矢状位及冠状位。上述序列扫描层厚均为4.0 mm,层间距为0.4 mm,图像分割及特征提取。由一名主治医师、一名副高级主任医师共同完成ROI的勾画,采用组内及组间相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评估测量者内和测量者间一致性(ICC介于0~1之间,小于0.4表示一致性较差,大于0.75表示一致性较好),其组

内ICC为0.93,组间为0.88。使用ITK-Snap软件进行勾画,勾画时避开鼻腔鼻窦骨质及气体,勾画肿块的所有层面,获得肿块的三维容积感兴趣区(VOI),如图1、2所示。将病灶按照7:3随机分为训练集和验证集,在Python 3.8.5版本环境中使用pyradiomics库3.0.1版本对图像进行影像学特征提取,在训练集中共1 133个,其中包括一阶直方图特征、形态学特征、灰度共生矩阵(gray level cooccurrence matrix, GLCM)、灰度游程矩阵(gray level run length matrix, GLRLM)、灰度区域大小矩阵(gray level size zone matrix, GLSZM),以及小波变化(wavelet)和拉普拉斯(log)变化特征。

1.3 特征筛选与模型建立 在训练集中首先使用最小冗余最大相关(minimum redundancy maximum correlation, mRMR)进行特征筛选,保留与鼻腔鼻窦内翻乳头状瘤与息肉相关性较高的特征同时剔除冗余特征,最终保留30个特征,进一步使用支持向量机递归特征消除(support vector machine feature elimination, SVM-RFE)进行特征筛选,去掉最小得分的特征并建立影像组学模型。

1.4 统计学处理 所有实验数据均采用R统计软件(v. 3.5.1)完成,计量资料的组间比较采用独立样本 t 检验或Mann-Whitney U 检验,计数资料的组间比较采用卡方或fisher精确检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(area under the curve, AUC)评价Radscore性能,并根据约登指数计算敏感度、特异度和模型准确率、阴性预测值、阳性预测值。采用Delong检验比较各模型间的诊断效能。

2 结果

2.1 临床资料 本研究收集了54例内翻乳头状瘤病例,51例鼻息肉病例,平均年龄分别为(54.5 ± 12.4)岁和(48.7 ± 18.6)岁。两组患者年龄间差异有统计学意义($P = 0.049$)。

2.2 模型诊断效能 T1WI增强预测模型、T2WI预测模型在鉴别内翻乳头状瘤与息肉时均表现出较好的预测能力,见表1及图3、4。

2.3 影像组学特征 每枚病灶所有层面3D图像提取出1 131项特征,包含一阶直方图特征、形态学特征、GLCM、GLRLM、GLSZM以及wavelet和log变化特征。由mRMR和T1WI增强中过滤出13个特征(图3)建立预测模型。在T2WI中过滤出13个

表 1 2 个预测模型对内翻乳头状瘤与息肉的鉴别诊断效能(%)

组别/模型	敏感度	特异度	准确性	PPV	NPV
训练组					
T1WI 增强	89.7	100.0	0.95	100.0	89.7
T2WI	82.1	95.6	0.89	94.1	86.0
验证组					
T1WI 增强	93.8	93.3	0.94	93.8	93.3
T2WI	93.8	84.2	0.89	83.3	94.1

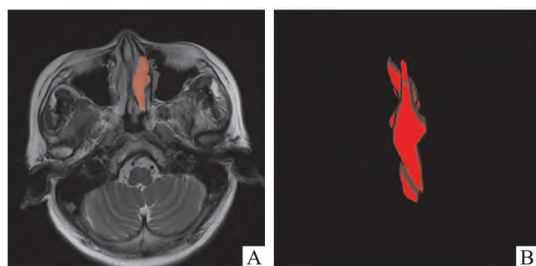


图 1 左侧鼻腔鼻窦息肉病例

A: 沿病灶轮廓手动勾画 ROI; B: 融合全层 ROI 获得 VOI

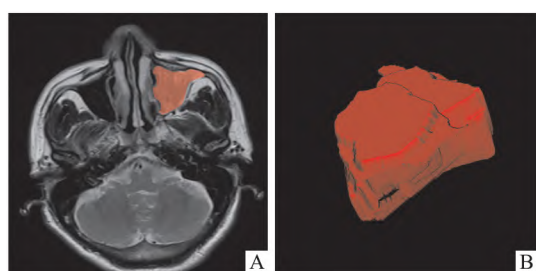


图 2 左侧上颌窦内翻性乳头状瘤病例

A: 沿病灶轮廓手动勾画 ROI; B: 融合全层 ROI 获得 VOI

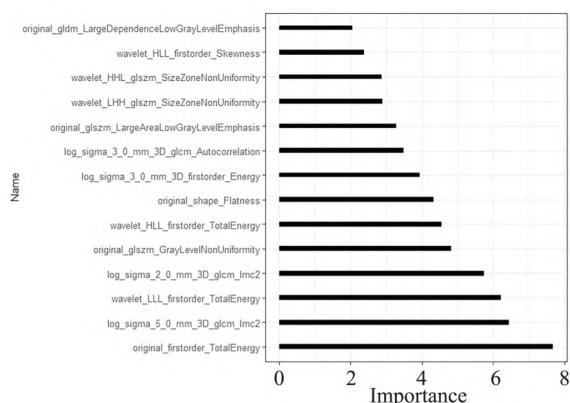


图 3 13 个影像组学参数在 T1WI 增强影像组学模型中的权重

横轴: 不同影像组学参数所占权重; 纵轴: 不同影像组学参数

特征建立预测模型,见图 4。结果显示,T1WI 和 T2WI 预测模型在鉴别鼻腔鼻窦内翻乳头状瘤与息肉均具有较好的预测性能,在 T1WI 中 AUC 在训练集和验证集中分别达到 0.98、0.95,在 T2WI 预测模型中 AUC 在训练集和验证集中分别达到 0.95 和

0.91。模型的准确性、敏感性和特异性如表 1 所示,可以看出在敏感性、特异性、阳性预测值上,T1WI 模型的性能都优于 T2WI。结果显示,T1WI 增强预测模型中,original_firstorder_TotalEnergy、log_sigma_5_mm_3D_glszm_Imc2 及 wavelet_LLL_firstorder_TotalEnergy 是最有预测意义的 3 项特征。T2WI 预测模型中,log_sigma_2_0mm_3D_firstorder_TotalEnergy、log_sigma_3_0_mm_3D_glszm_Id 及 wavelet_LLH_firstorder_Maximum 是最有预测意义的 3 项特征。

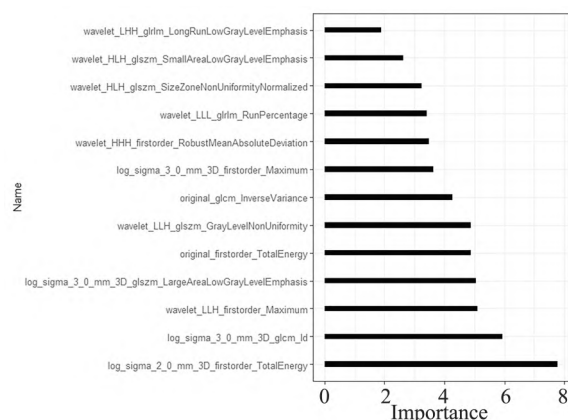


图 4 13 个影像组学参数在 T2WI 影像组学

模型中的权重示意图

横轴: 不同影像组学参数所占权重; 纵轴: 不同影像组学参数

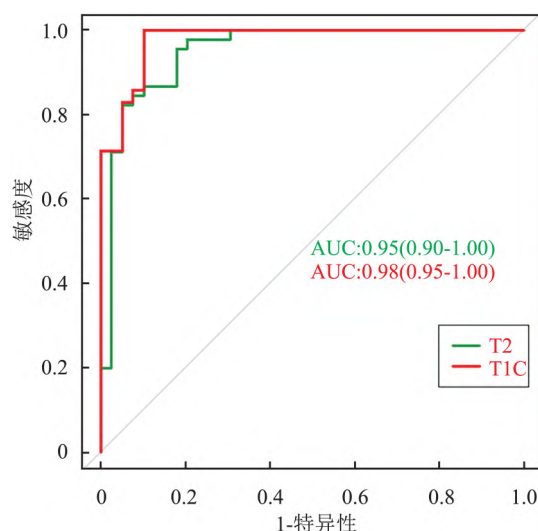


图 5 训练集鉴别内翻性乳头状瘤及鼻窦息肉的 ROC 曲线

红色: T1WI 增强预测模型; 绿色: T2WI 预测模型

3 讨论

MRI 对内翻性乳头状瘤诊断准确性高,但不典型者影像诊断存在困难。以往研究^[9-10]显示,“脑

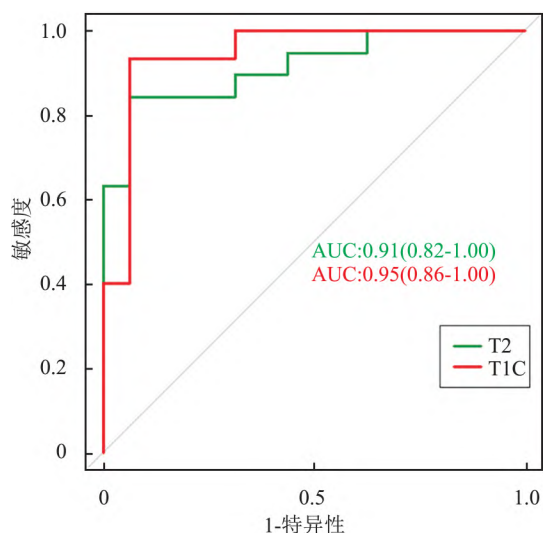


图6 验证集鉴别内翻性乳头状瘤及鼻息肉的 ROC 曲线
红色: T1WI 增强预测模型; 绿色: T2WI 预测模型

回征”是一个稳定、可以信赖的 MRI 影像特征,出现率超过 95%。本研究中,内翻性乳头状瘤典型 MRI 表现者仅占 54.5%,因此运用常规 MRI 图像及经验很难诊断不典型的内翻性乳头状瘤。加之,内翻性乳头状瘤术后复发率较高,为 15%~20%^[11],因此在术前精确诊断对手术方式的选择以及预后有重要的意义。

影像组学主要是从肿瘤中定量提取与病理生理学相关的特征,以显示肿瘤的异质性^[12-13],是一种新型的医学影像定量分析预测方法。相比于常规影像,其不依赖放射科医师的主观经验,可以提供图像中肉眼无法观察到的信息。本研究采用 MRI 影像组学模型鉴别鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤和常见良性肿瘤鼻息肉,T1WI 增强预测模型及 T2WI 预测模型均可以有效区分鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤和息肉,T1WI 增强序列在敏感性和特异性的结果上均优于 T2WI 序列,这与常规影像学 T1WI 增强序列观察内翻性乳头状瘤的“卷曲脑回样”强化特征较为敏感相一致。姜慕等^[14]通过对鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的磁共振成像特征的病理学基础研究表明,内翻性乳头状瘤的“卷曲脑回”征象在 T1WI 增强图像上较 T2WI 图像上更明显。而鼻息肉在 T2WI 图像上一般表现为均匀的高信号,与鼻腔鼻窦其他良性肿瘤存在较多的类似影像学表现,但鼻息肉在增强扫描后表现为沿病灶边缘的轻度强化,较有特征性。

本研究中,在影像组学各参数所占权重结果显示,T1WI 增强图像中鉴别内翻性乳头状瘤和息肉最有

意义的组学特征是 original_firstorder_TotalEnergy,即从原始图像中提取的一阶统计量中的总能量特征,说明内翻性乳头状瘤与息肉在 T1WI 增强序列上二者瘤体的图像亮度信息变化剧烈程度有明显差异,这与林斌等^[15]在肺黏膜相关淋巴组织淋巴瘤与肺腺癌的鉴别中得出类似的结论。既往关于内翻性乳头状瘤 MRI 成像特征的研究表明该肿瘤的外周部在 MRI 增强图像形成交替强化的“卷曲脑回样”强化,而肿瘤的根蒂部则表现为较为均一的影像且强化不明显。而鼻息肉的强化程度较弱,因此在 T1WI 增强图像变化剧烈程度上不及内翻性乳头状瘤,上述阐述可以解释二者在 T1WI 增强原始图像中对鉴别所占权重最大的总能量的结果。

在 T2WI 模型中对鉴别二者所占权重最大的参数是 log_sigma_2_0mm_3D_firstorder_Total Energy,即使用滤波器处理的派生图像中的一阶统计量中的总能量。如前所述,总能量反映的是图像亮度变化剧烈的程度,内翻性乳头状瘤在 T2WI 上表现出高-等信号相间的特点,而息肉则表现为较为均质的 T2WI 高信号,因此内翻性乳头状瘤的图像亮度变化程度与息肉有明显的差异,故而在组学的特征中得以体现。

本研究存在一定的局限性,由于剔除了较难勾画的病例,导致样本量偏少,将在以后的研究收集更多的病例及其他中心病例,使诊断模型更有说服力。

综上所述,本研究结果初步表明基于磁共振 T1WI 增强预测模型及 T2WI 预测模型影像组学对鉴别鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤及息肉有一定的价值,以期在鼻腔鼻窦肿瘤鉴别诊断领域有更广泛的应用。

参考文献

- [1] 周艺默,唐维,任玲,等.磁共振 IVIM 对鼻腔鼻窦肿瘤恶性的鉴别诊断价值[J].放射学实践,2018,33(7):674-8.
- [2] 钟景云,李昶荣,苏佳娜.鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤 CT 征象及诊断[J].广东医学院学报,2018,36(4):414-6.
- [3] Kim D Y, Hong S L, Lee C H, et al. Inverted papilloma of the nasal cavity and paranasal sinuses: a Korean multicenter study[J]. Laryngoscope, 2012, 122(3): 487-94.
- [4] 张罗,王成硕.鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤的术式选择[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2020,55(1):8-13.
- [5] 杨玉成,张玥.慢性鼻窦炎伴鼻息肉的整体评估与个体化精准治疗[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2022,57(2):217-21.
- [6] 杨钦泰,孙悦奇,吴庆武,等.2020 年欧洲鼻窦炎和鼻息肉意见书解读[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2020,55(3):304-

- 8.
- [7] Lambin P, Leijenaar R T, Deist T M, et al. Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine [J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2017, 14(12): 749–62.
- [8] 徐苓梅, 韩福刚. CT 增强纹理分析对鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤与其他良性肿物的鉴别诊断价值 [J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40(1): 26–9.
- [9] Ojiri H, Ujita M, Tada S, et al. Potentially distinctive features of sinonasal inverted papilloma on MR imaging [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2000, 175(2): 465–8.
- [10] Jeon T Y, Kim H J, Chung S K, et al. Sinonasal inverted papilloma: value of convoluted cerebriform pattern on MR imaging [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29(29): 1556–60.
- [11] Busquets J M, Hwang P H. Endoscopic resection of sinonasal inverted papilloma: a meta-analysis [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2006, 32(3): 476–82.
- [12] Aerts H J, Velazquez E R, Leijenaar R T, et al. Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach [J]. *Nat Commun*, 2014, 5(3): 4664–73.
- [13] Ferreira J R, Koenigkam-Santos M, Cipriano F E G, et al. Radiomics-based features for pattern recognition of lung cancer histopathology and metastases [J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2018, 159(1): 23–30.
- [14] 姜慕, 马思远, 王阳, 等. 鼻腔鼻窦内翻性乳头状瘤磁共振成像特征的病理学基础 [J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2019, 8(26): 445–8.
- [15] 林斌, 王韬, 沈可人, 等. 肺黏膜相关淋巴组织淋巴瘤与肺腺癌鉴别的影像组学研究 [J]. *中华放射学杂志*, 2018, 52(10): 766–9.

Differential diagnosis of inverted papilloma and polyp of nasal cavity and paranasal sinus based on MRI imaging model

Liu Mengqiu¹, Zeng Feiyan¹, Ding Hu², Liu Ying¹

(¹Dept of Radiology, The First Affiliated Hospital of USTC, Anhui Provincial Hospital, Hefei 230001;

²School of Computer Science and Technology of USTC, Hefei 230026)

Abstract Objective To explore the value of T2WI and enhanced T1WI magnetic resonance imaging models in differentiating inverted papilloma and polyp of nasal cavity and paranasal sinus. **Methods** 54 cases of inverted papilloma (NIP) and 51 cases of polyp (NP) with complete T2WI and enhanced T1WI images confirmed by pathology were collected. ITK snap was used to outline all levels of the lesion. Pyromics was used to extract image omics features. Firstly, the mRMR) was used for feature extraction, and then rfe-SVM was used to remove the feature of minimum score and establish a prediction model. The sensitivity and specificity of ROC curve were used to evaluate the performance of the model, and were verified in the validation set. **Results** A total of 1 133 image omics features were extracted, and 30 features were retained after mrmr dimensionality reduction for the establishment of prediction models. The AUC value of T1WI enhanced prediction model was: training set 0.98, validation set 0.95, the sensitivity and specificity of training set were 89.7% and 100% respectively, and the sensitivity and specificity of validation set were 93.8% and 93.3% respectively. The AUC value of T2WI prediction model was: training set 0.95, validation set 0.91, the sensitivity and specificity of training set were 82.1% and 95.6% respectively, and the sensitivity and specificity of validation set were 93.8% and 84.2% respectively. **Conclusion** MRI based on T1WI enhancement prediction model and T2WI prediction model have certain value in differentiating inverted papilloma and polyp of nasal cavity and paranasal sinus.

Key words nasal cavity and sinuses; inverted papilloma; polyps; magnetic resonance imaging; imaging omics