

·论 著·

放射组学特征预测乳腺癌中医辨证分型的可行性研究

邵月红 徐阿巧 何凯 翁小波 张盛箭

[摘要] **目的** 探讨基于动态增强磁共振成像(DCE-MRI)放射组学特征综合临床病理特征预测乳腺癌中医辨证分型的可行性,尝试为不同中医辨证亚型乳腺癌提供定量的客观影像指标。**方法** 收集303例乳腺癌患者,依据中医辨证分型标准分为肝郁痰凝证、冲任失调证、正虚毒炽证。将患者DCE-MRI原始图像导入科研软件Deepwise scientific research platform,半自动分割乳腺癌病灶并提取788个放射组学特征进行降维后建立最稳健组学特征,结合独立临床危险因素共同构建乳腺癌辨证分型的综合预测模型。使用受试者工作特征曲线、校准曲线、临床决策曲线评估预测模型的效能及临床效益。**结果** 303例乳腺癌患者中肝郁痰凝证型160例、冲任失调证型92例、正虚毒炽证型51例,使用LASSO算法和logistic回归筛选出5个最稳健组学特征和2个独立临床病理特征,分别为3个Shape features,2个gray-level co-occurrence matrix(glc)、Ki-67指数以及病理组织学分级,形成放射组学综合模型预测乳腺癌辨证分型的曲线下面积在训练组、内部测试组、外部测试组分别为0.89、0.86、0.79。**结论** DCE-MRI的放射组学综合模型有助于无创性鉴别乳腺癌辨证分型,并具有临床应用价值。

[关键词] 动态增强磁共振成像; 乳腺癌; 中医分型; 放射组学

Feasibility study on radiomics signatures in predicting traditional Chinese medicine syndrome differentiation of breast cancer SHAO Yuehong, XU A'qiao, HE Kai, et al. Department of Radiology, Shaoxing Central Hospital, Shaoxing 312030, China.

[Abstract] **Objective** To explore the feasibility of predicting the syndrome differentiation of traditional Chinese Medicine (TCM) of breast carcinoma based on the radiomics signatures of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) combined with the clinicopathological features, and try to provide quantitative and objective imaging indexes for evaluating different TCM subtypes of breast cancer. **Methods** A total of 303 cases of breast carcinoma confirmed by surgery and pathology were collected. According to the TCM syndrome differentiation standard, the patients were defined as pattern of liver depression and phlegm coagulation, pattern of thoroughfare-controlling vessels disharmony, and pattern of healthy Qi deficiency and blazing toxin. The original DCE-MRI images were imported into Deepwise scientific research platform and the whole volume of breast cancer lesions was segmented semi-automatically. A total of 788 radiomics signatures were extracted for dimensionality reduction to establish the most robust histological features. Combined with independent clinical risk factors, there constructed a comprehensive prediction model of syndrome differentiation of breast cancer. The receiver operating characteristic curve (ROC), calibration curve and clinical decision curve were used to evaluate the effectiveness and clinical benefit of the prediction model. **Results** Among 303 cases of breast carcinoma, 160 cases were the pattern of liver depression and phlegm coagulation, 92 cases were the pattern of thoroughfare-controlling vessels disharmony, and 51 cases were the pattern of healthy Qi deficiency and blazing toxin. Us-

ing the LASSO algorithm and logistic regression, 5 most robust radiomics signatures and 2 independent clinicopathological features were screened out. The seven indexes were 3 Shape features, 2 gray level co-occurrence matrix (GLCM), Ki-67 index and histopathological grading respectively. The area under the curve (AUC) of radiomics signatures-clinicopathological features model for predicting the syn-

DOI:10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2025.006.003

基金项目:浙江省医药卫生科技计划(2021KY1161; 2023KY375);浙江省中医药科学研究基金项目科技A类(2021ZA138);绍兴市卫生健康科技计划项目(2022SY007)

作者单位:312030 浙江绍兴,绍兴市中心医院医共体总院放射科(邵月红、徐阿巧、何凯、翁小波);复旦大学附属肿瘤医院放射科(张盛箭)

drome differentiation of breast carcinoma were 0.89, 0.86 and 0.79 in the training group, internal verification group and external verification group respectively. **Conclusion** The DCE-MRI comprehensive radiomic model is helpful in the non-invasive classification of breast carcinoma syndrome differentiation, which is more of clinical value.

[Key words] dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging; breast cancer; traditional Chinese medicine classification; radiomics

据2020年统计,乳腺癌已跃居于全球女性恶性肿瘤发病率首位^[1]。临床上结合多种治疗方式才能取得良好的治疗效果,中医在患者手术前后不同阶段都有重要作用。然而,乳腺癌辩证分型缺乏客观定量评估手段。放射组学利用医学影像数据提取隐藏在影像图像中深层次信息,有效地将医学图像转化为多维度数据来解释肿瘤异质性^[2,3]。目前基于放射组学分析与乳腺癌辩证分型的研究未见明确报道,故本研究旨在探讨乳腺DCE-MRI放射组学结合临床病理特征在鉴别乳腺癌辩证分型方面的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集复旦大学附属肿瘤医院和绍兴市中心医院自2020年1月至2023年12月经临床检查、超声发现的拟行手术治疗乳腺肿瘤患者,纳入标准为:①病理学证实为乳腺浸润型导管癌,非特殊类型;②乳腺MRI影像资料、病理及免疫组化资料完整;③可长期随访。排除标准为:①处于妊娠或哺乳期,或6个月内计划怀孕;②有假体植入;③有乳腺疾病手术史且影响影像诊断;④存在图像伪影影响肿瘤勾画;⑤术前有新辅助治疗;⑥双侧多发或乳腺癌复发。两家医院最终303例患者入组。如果为单侧多中心病灶,则选取主要病灶入组。本研究方案获得两家医院医学伦理委员会批准,患者知情同意。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 从两家医院电子病例系统收集患者人口学资料,包括年龄、绝经状态、肿瘤位置等;病理学特征资料包括病理学类型、组织学分级、Ki-67指数及转移情况。

1.2.2 放射检查方法 复旦大学附属肿瘤医院:采用1.5 T乳腺专用MR扫描仪(由美国Aurora影像技术公司生产)。先行常规平扫序列,增强前预先扫描T1WI脂肪抑制序列作为蒙片,对比剂采用钆喷酸普胺(由广州康臣药业有限公司生产),剂量为0.2 mmol/kg,采用压力注射器以流率为2.0 mL/s经肘静脉注入,动态增强为横断面T1WI脂肪抑制序

列(TR 5 ms, TE 2.5 ms),层厚1.5 mm,无间隔连续采集5个时相(层数为160层)并进行减影处理,每期扫描时间约120 s。以横断面为基础增加矢状位扫描。

绍兴市中心医院:采用1.5 T MR扫描仪及乳腺专用线圈(由荷兰Philips公司生产)。先行常规平扫序列和I期蒙片后,对比剂名称、剂量和流率与复旦大学附属肿瘤医院相同。动态增强为横断面T1WI脂肪抑制抑制序列(TR 5 ms, TE 2.2 ms),层厚1.0 mm,层间距0.5 mm,注入对比剂后连续采集6个时相(层数为150层)并机器自动减影处理,每期扫描时间约90 s。再以横断面为基础增加矢状位扫描。

1.3 图像分析

1.3.1 图像分割 获取患者乳腺DCE-MRI的DICOM文件,并导入Deepwise scientific research platform (<http://keyan.deepwise.com/>; version 1.6)进行乳腺癌病灶半自动勾画感兴趣区(region of interest, ROI)。由1名放射科中级医师(对辩证分型情况盲法)相隔1个月前后对肿瘤进行两次勾画来评估组内差异。由另1名高年资主任医师(对乳腺癌辩证分型情况盲法)对相同批次肿瘤进行勾画提取组学特征来评估组间差异。MRI图像选取注射对比剂后第6分钟(即动态增强第3个序列)的增强扫描图像,此时病灶区一般已达到强化峰值,病灶与周围正常强化的乳腺腺体形成清晰对比,两者有利于更加准确勾画肿瘤ROI。ROI勾画包括肿瘤囊变、坏死及晕征,有不明确之处可参照其他序列或请上级医师校准。经科研软件分割后得到乳腺癌肿瘤三维感兴趣区容积(volume of interest, VOI)图进行特征提取及量化。

1.3.2 组学特征提取和筛选 首先对乳腺癌病灶提取的组学特征参数采用零-均值(Z-score)方法进行标准化(均数为0,标准差为1)处理,特征提取和标准化的实施符合成像生物标志物标准化倡议。通过深睿多模态科研软件从勾画的数据中提取100个原始纹理特征和688小波纹理特征,小波滤

波每级产生8次裂解,最终每枚乳腺肿瘤共提取788个纹理特征。通过独立样本 t 检验或Mann-Whitney U 检验及Spearman相关性分析(本实验阈值为0.9)进行特征选择,应用最小绝对收缩和选择算子(least absolute shrinkage and selection operator, LASSO)回归进行特征降维,最后筛选出最稳健DCE-MRI组学特征。

1.4 中医辨证分型标准 ①肝郁痰凝证:精神抑郁,胁肋胀痛,随月经周期变化的乳腺胀痛,肿块处皮肤颜色正常,脉细,舌质淡红,舌苔薄白。②冲任失调证:面色晦暗伴黄褐斑,高雌激素水平。乳房不定时胀疼,脉无力,舌质浅红,舌苔薄白。③正虚毒炽证:乳房肿块迅速增大,乳房局部皮肤发红发热,乳房疼痛明显,精神不振,面色晦暗或苍白,脉细无力,舌质紫红或有瘀斑,苔黄厚。

1.5 统计学方法 统计学分析采用R 3.6.1软件,中医辨证多分类模型的建模过程采用R语言“glmnet”,模型ROC曲线分析采用R语言“pROC”包。采用Shapiro-Wilk检验定量资料的正态性,正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,非正态分布用中位数和四分位数表示,计数资料用百分率表示。对正态分布的计量和计数资料分别采用单因素方差分析和 χ^2 检验,对非正态分布的计量资料和等级

资料采用非参数检验。采用相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评价高低年龄组诊断医师提取放射组学特征的组内及组间差异。

采用单因素logistic回归筛选出独立临床病理特征,再通过多因素logistic回归构建放射组学-临床病理特征综合模型,并通过来自另一个三级医疗机构绍兴市中心医院患者作为测试组进行外部验证。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评判预测模型的诊断效能,用校准曲线预测模型分型与实际中医分型的偏离程度。采用决策曲线分析计算综合预测模型在训练组和测试组不同阈值概率下的患者净效益情况,以评价其临床应用价值。设 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料和病理结果 303例浸润性乳腺癌病例,其中223例患者(来自复旦大学上海肿瘤医院)随机按照7:3比例分为训练组和内部测试组,80例患者(来自绍兴市中心医院)作为独立外部测试组。依据中医证型分类结果,肝郁痰凝证型160例(52.81%)、冲任失调证型92例(30.36%)及正虚毒炽证型51例(16.83%)。不同患者间年龄、绝经状态、病灶位置、Ki-67指数、病理组织学分级、淋巴结转移情况比较见表1。

表1 三组患者临床病理指标情况比较

指标		肝郁痰凝证组($n=160$)	冲任失调证组($n=92$)	正虚毒炽证组($n=51$)
年龄/岁		50.75 $\pm$ 10.67	51.65 $\pm$ 9.79	49.18 $\pm$ 8.86
绝经状态/例(%)	否	93(58.13)	45(48.91)	34(66.67)
	是	67(41.87)	47(51.09)	17(33.34)
病灶位置/例(%)	左上象限	47(29.37)	20(21.74)	9(17.65)
	左下象限	41(25.63)	25(27.17)	11(21.57)
	右下象限	35(21.87)	32(34.78)	15(29.41)
	右上象限	37(23.13)	15(16.31)	16(31.37)
Ki-67指数		25.00(12.75, 40.00)	40.00(30.00, 60.00)	65.00(40.00, 80.00)
病理组织学分级/例(%)	1级	16(10.00)	1(1.09)	4(7.84)
	2级	111(69.38)	31(33.69)	17(33.33)
	3级	33(20.62)	60(65.22)	30(58.83)
淋巴结转移/例(%)	0	91(56.88)	52(56.52)	27(52.94)
	1	45(28.12)	19(20.65)	14(27.45)
	2	20(12.50)	13(14.13)	4(7.84)
	3	4(2.50)	8(8.70)	6(11.77)

由表1可见,三组年龄、绝经状态、病灶位置、淋巴结转移比较,差异均无统计学意义($F=0.98$, χ^2 分别=4.46、10.23、9.81, P 均 >0.05),三组Ki-67指数、

病理组织学分级比较,差异均有统计学意义($Z=79.88$, $\chi^2=58.20$, P 均 <0.05)。两两比较显示:肝郁痰凝证组与冲任失调证组Ki-67指数、病理组织学

分级比较差异有统计学意义($P<0.05$),肝郁痰凝证组与正虚毒炽证组 Ki-67 指数、病理组织学分级比较,差异有统计学意义($P<0.05$),冲任失调证组与正虚毒炽证组 Ki-67 指数比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 组学特征和临床特征选择 通过深睿科研软件从勾画的 MR 增强 VOI 中提取 788 个纹理特征,移除 144 个两位测量医师组内和组间 ICC 小于 0.75 的组学特征,再通过方差分析及 *Spearman* 相关性分析(相关系数 ≤ 0.9)移除 503 个组学特征,剩余 141 个建模特征用 LASSO 回归筛选出非零特征,特征降维后最后剩余 5 个最稳健纹理特征参数,放射组学及临床特征系数及相对权重见表 2。

由表 2 可见,形态特征有 3 个,分别为 original_shape_Sphericity(球形度),范围在 0~1 之间,值越接近 1,表示肿瘤形态越接近球体。original_shape_Least Axis Length(最小轴长度)表示肿瘤肿瘤的最小长度。original_shape_Maximum 3D Diameter(形态学特征 3D-最大 3D 直径)表示肿瘤最大体积直径,用于衡量肿瘤的三维大小。灰度共生矩阵 2 个:wavelet-LHH_glcml(信息相关度量 1),用于量化纹理复杂性;original_glcml_Correlation(灰度共生矩阵-相关性),用来度量图像灰度级在行和

列方向上的相似程度,值越大反映局部灰度相关性越大。单因素 *logistic* 回归筛选出年龄、是否绝经、肿瘤位置、病理组织学分级、Ki-67 指数及淋巴结转移水平 6 个临床特征,最终保留 2 个独立临床特征,分别为病理组织学分级、Ki-67 指数。

表 2 乳腺 DCE-MRI 最稳健放射组学和独立临床病理特征

特征	特征系数	相对权重
original_shape_Sphericity	0.1523	0.1174
病理组织学分级	0.0795	-0.0613
original_shape_Least Axis Length	-0.1460	-0.1130
wavelet-LHH_glcml	0.0124	0.0146
original_glcml_Correlation	-0.4890	-0.3770
original_shape_Maximum 3D Diameter	-1.2119	-0.9342
Ki-67 指数	-1.2972	-1.0000

2.3 构建预测乳腺癌不同辨证分型综合模型及其效能评估

2.3.1 通过多因素 *logistic* 回归构建放射组学和临床病理特征的综合模型,放射组学综合模型在乳腺癌患者训练组、测试组的预测效能见表 3。放射组学综合模型在乳腺癌患者训练组、测试组的混淆矩阵见封二图 1,放射组学综合模型预测乳腺癌不同辨证亚型的 ROC 曲线见封二图 2。

表 3 放射组学综合模型在患者训练组、内外部测试组的预测效能

组别	AUC	灵敏度	特异度	准确度	F1 分数	PPV	NPV
训练组	0.89	0.63	0.86	0.75	0.64	0.68	0.89
内部测试组	0.86	0.68	0.85	0.73	0.65	0.68	0.87
外部测试组	0.79	0.55	0.82	0.69	0.48	0.43	0.85

注:AUC 为曲线下面积;F1 分数为精度和召回率的调和平均值;PPV 为阳性预测值;NPV 为阴性预测值。

由表 3、封二图 1~2 可见,综合模型预测乳腺癌辨证分型的曲线下面积(area under curve, AUC)在训练组、内部测试组中分别为 0.89(95% CI 0.86~0.96)、0.86(95% CI 0.82~0.89),外部测试组 AUC 略低于训练组、内部测试,为 0.79(95% CI 0.58~0.91)。

2.3.2 用校准曲线预测乳腺癌不同辨证亚型概率与实际发生率之间的关系,见封二图 3。

由封二图 3 可见,两组均显示模型具有良好的校准度,其中训练组校准度更佳。

2.3.4 放射组学综合模型临床效益决策曲线见封三图 4

由封三图 4 可见,当风险阈值范围在 0~0.8 左

右时,训练组和测试组预测乳腺癌不同辨证分型浸润性乳腺癌的净收益高。

3 讨论

3.1 乳腺癌辨证分型综合模型的效能分析 放射组学是目前定量影像医学研究的热点,具有易获取、无创性及深度学习等优点,通过提取肿瘤组织微观结构生物学信息特征,更直接、更深层次地预测整个肿瘤的异质性,从而提高乳腺癌诊断准确断及分类^[2,3]、识别淋巴结转移^[4,5]、预测新辅助化疗效果等^[6-8]。本课题组通过提取 303 例乳腺癌患者的 DCE-MRI 组学分析,发现放射组学在乳腺癌中医证型预测方面亦具有较好的预测性能,基于放射组学-临床病理综合模型在训练组和内部测试组鉴别

乳腺癌 AUC 分别为 0.89、0.86, 本研究决策曲线分析在较大阈值范围内获得较高净效益。此外, 本研究并通过另一家三级综合医院 80 例乳腺癌患者作为外部验证, 本模型的外部测试集 AUC 为 0.79, 说明该模型具有较好的稳定性, 增加了对后续预测新发乳腺癌中医证型的可信度。

3.2 MRI 评估乳腺癌中医证型的对比分析 多项研究表明基于 MRI 图像的放射影像学特征、血流动力学特点与乳腺癌辩证亚型明确相关^[9,10]: 正虚毒炽证型肿块形态以分叶状、不规则状多见, 边缘有毛刺, 预后差, 多发生早期转移, 流出型强化曲线所占比率最高。袁钢等^[11]探讨乳腺癌中医证型和分子分型之间相关性, 郁结组中 Luminal A 型占比最高, 预后好。还有研究提出 Luminal A、Luminal B 更倾向于中医辨证为肝郁痰凝和冲任失调型, 三阴性与中医辨证的正虚毒炽型表现类似, 而 HER2 过表达型则在三种中医辨证类型中分布无显著差异^[12,13]。以上研究乳腺癌患者分子分型与辩证分型相关性表明中医和西医对乳腺癌预后判断基本一致。王晨等^[14]学者对 128 例乳腺癌患者联合分型与新辅助化疗疗效相关性分析表明, Luminal A 中正虚毒炽分型与 HER2 过表达型中肝郁痰凝分型较其他辩证分型有更高的病理和完全缓解率($P<0.05$), 总结提出中医辩证分型联合西医分子分型能精确地预测乳腺癌治疗疗效。本研究进一步提取 MRI 图像的放射组学特征与乳腺癌辩证亚型紧密相关, 结果获得了较高的准确性, 原因可能有: ①DCE-MRI 强化最明显的序列更能反映肿瘤细胞空间异质性^[15], 而且该序列肿瘤对比度良好可减少软件半自动勾画发生误差。②采用深睿多模态科研平台半自动切割方法提取 MRI 原始图像的三维感兴趣区, 对比同领域研究的二维分析、最大层面分析病变更具可信度。③研究在原始特征基础上增加了小波变换高阶特征, 基于整体病变的多维度特征提取和选择更能全面反映乳腺肿瘤的异质性。

3.3 最稳健放射组学特征和独立临床病理特征解释分析 本研究为了构建放射组学特征, 通过使用 LASSO 方法缩小回归系数来检验预测结果之间的关联, 最终筛选出 5 个最稳健定量放射组学特征, 包括形态学特征和 GLCM 特征, 这些特征主要与肿瘤的形态和异质性有关。hape_Maximum 3D Diameter (形态学特征 3D-最大 3D 直径) 特征值提示肿瘤

的三维直径与乳腺癌的辩证分型显著相关, 该结论与之前文献报道一致: 乳腺癌中正虚毒炽型比肝气郁结型往往体积更大。此外, 在本次研究中观察到 original_shape_Sphericity (球形度) 和 original_shape_Least Axis Length (最小轴长度), 这些特征提示肿瘤形态倾向于大且形态不规则。GLCM 特征中的 Correlation (相关性) 和 Imc1 (信息相关度量 1) 是通过原始数据和小波变换得到的二阶统计特征, 用于量化纹理复杂性, 两者反映了纹理细度、粗糙度以及肿瘤图像纹理的一致性, 能较好地预测肿瘤内部的异质性以及灰度和纹理特征的细微差异^[16], 也被认为是医学图像纹理分析的重要生物标志物。以 Ki-67 为代表的增殖活性反映了乳腺癌的侵袭性行为^[17], 有研究发现正虚毒炽证出现 Ki-67 指数的值最高, 冲任失调证次之, 肝郁痰凝证最低^[18]。组织学分级亦是预测乳腺癌重要的病理预后指标, 国际通用 Nottingham 组织学分级系统^[19]将乳腺癌分为低度 (I 级)、中度 (II 级)、高度恶性 (III 级), 对乳腺癌预后有着明确的指导意义。本次研究与上述观点方向一致, Ki-67 指数和病理组织学分级可以作为乳腺癌辩证分型的临床病理独立预测因子。

本研究尚存在一些不足之处: MRI 图像仅选用选取注射对比剂后动态增强第 3 个序列的图像进行分析, 未加入其余动态增强序列及平扫序列, 后续实验将纳入完整序列进一步探讨预测价值。其次, 乳腺癌中医证型分布不均衡, 以肝郁痰凝证型为主, 其余类型占比少, 统计结果可能受到影响。

综上所述, 基于 DCE-MRI 的放射组学在预测中医乳腺癌辩证分型中具有较好的应用价值, 这将有助于临床医师术前做出更有益于患者的治疗决策。

参考文献

- 1 Sung H, Ferlay J, Siegel RL, 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: 209-249.
- 2 Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H, et al. Radiomics: Images are more than pictures, they are data[J]. Radiology, 2016, 278(2): 563-577.
- 3 Tagliafico AS, Piana M, Schenone D, et al. Overview of radiomics in breast cancer diagnosis and prognostication[J]. Breast (Edinburgh, Scotland), 2020, 10: 74-80.

(下转第 504 页)

- 6 孔青,朱薇薇,潘迎春.麻醉恢复室低体温发生的危险因素及风险预测模型分析[J].护士进修杂志,2021,36(6):563-566.
- 7 Allene MD.Postoperative hypothermia and associate factors at Debre Berhan comprehensive specialized hospital 2019: A cross sectional study[J].Int J Surg Open, 2020, 24(6):112-116.
- 8 Simegn GD, Bayable SD, Fetene MB.Prevention and management of perioperative hypothermia in adult elective surgical patients: A systematic review[J].Ann Med Surg (Lond), 2021, 72(10):103059.
- 9 国家麻醉专业质量控制中心.围术期患者低体温防治专家共识(2023版)[J].协和医学杂志,2023,14(4):734-743.
- 10 毛小燕,凌嘉发,朱晓彤.麻醉复苏室低体温风险列线图预测模型的建立与验证[J].岭南急诊医学杂志,2024,29(4):340-346.
- 11 Li Y, Liang H, Feng Y.Prevalence and multivariable factors associated with inadvertent intraoperative hypothermia in video-assisted thoracoscopic surgery: A single-center retrospective study[J].BMC Anesthesiol, 2020, 20(1):25-29.
- 12 陈昱,刘秋丽,徐文青,等.胸腔镜肺叶手术患者苏醒室低体温现状及影响因素[J].护理学杂志,2022,37(10):42-45.
- 13 Desgranges FP, Baptiste L, Riffard C, et al.Predictive factors of maternal hypothermia during cesarean delivery: A prospective cohort study[J].Can J Anaesth, 2017, 64(9):919-927.
- 14 Zhang H, Wang J, Zhu S, et al.The prevalence of and predictors for perioperative hypothermia in postanaesthesia care unit[J].J Clin Nurs, 2021, 31(17):2584-2592.

(收稿日期 2025-01-18)

(本文编辑 葛芳君)

(上接第490页)

- 4 Tan H, Gan F, Wu Y, et al.Preoperative prediction of axillary lymph node metastasis in breast carcinoma using radiomics features based on the fat-suppressed T2 sequence[J].Acad Radiol, 2020, 27(9):1217-1225.
- 5 Han L, Zhu Y, Liu Z, et al.Radiomic nomogram for prediction of axillary lymph node metastasis in breast cancer[J].Eur Radiol, 2019, 29(7):3820-3829.
- 6 Fan M, Chen H, You C, et al.Radiomics of tumor heterogeneity during longitudinal dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging for predicting response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer[J].Front Mol Biosci, 2021, 5(8):622219.
- 7 Cain EH, Saha A, Harowicz MR, et al.Multivariate machine learning models for prediction of pathologic response to neoadjuvant therapy in breast cancer using MRI features: A study using an independent validation set[J].Breast Cancer Res Treat, 2019, 173(2):455-463.
- 8 邵月红,何凯,翁小波,等.影像组学在基因突变恶性肿瘤靶向治疗评估中的研究进展[J].全科医学临床与教育, 2024, 22(8):735-738.
- 9 刘悦,刘汀,赵天佐,等.乳腺癌中医辨证分型与MRI征象及动态增强扫描特点的相关性分析[J].中国中西医结合影像学杂志,2017,15(6):694-696.
- 10 孟雪飞,孙子渊.乳腺癌辨证分型的客观化指标研究进展[J].世界最新医学信息文摘,2019,16:102-103.
- 11 袁钢,杨光照,刘中正,等.乳腺癌术前中医证型与分子分型的相关性研究[J].中国临床实用医学,2019,10(3):38.
- 12 贡丽娅,陈红凤.乳腺癌巩固期中中医证型与分子分型的相关性研究[J].中国中西医结合杂志,2017,37(2):174-178.
- 13 周莉,高红芳,张红卫,等.乳腺癌中医辨证分型与分子分型关系的临床研究[J].江苏中医药,2015,47(1):32-34.
- 14 王晨,梁晨露,俞星飞,等.乳腺癌中医辨证分型联合分子分型预测新辅助化疗疗效的应用研究[J].中华中医药学刊,2017,35(2):283-286.
- 15 Xu A, Chu X, Zhang S, et al.Prediction breast molecular typing of invasive ductal carcinoma based on dynamic contrast enhancement magnetic resonance imaging radiomics characteristics: A feasibility study[J].Front Oncol, 2022, 5(12):799232.
- 16 Granata V, Fusco R, De Muzio F, et al.Radiomics textural features by MR imaging to assess clinical outcomes following liver resection in colorectal liver metastases[J].Radiol Med, 2022, 127(5):461-470.
- 17 Zhang Y, Zhu Y, Zhang K, et al.Invasive ductal breast cancer: Preoperative predict Ki-67 index based on radiomics of ADC maps[J].Radiol Med, 2020, 125(2):109-116.
- 18 傅春燕,陈述政,潘颖,等.乳腺癌中医证候分型与细胞增殖核抗原表达的相关性研究[J].中国卫生检验杂志, 2017, 27(4):502-504.
- 19 Gandhi H, Maru A, Shah N, et al.Correlation of robinson's cytological grading with elston and ellis' nottingham modification of bloom richardson score of histopathology for breast carcinoma[J].Maedica (Bucur), 2023, 18(1):55-60.

(收稿日期 2024-08-28)

(本文编辑 葛芳君)