

机器学习多参数 MRI 放射组学用于区分 HER2-零、-低和 -阳性乳腺癌：模型开发、测试和可解释性分析

背景： MRI 影像组学已被用于探索乳腺癌 HER2 表达的三级分类（即 HER2 零、HER2 低或 HER2 阳性），然而，尚缺乏理解此类模型如何达到其预测效能。

目的： 开发和测试多参数 MRI 放射组学机器学习模型，用于区分乳腺癌患者的三分类 HER2 表达水平，并使用 SHAP 分析通过局部和全局解释来明确模型特征的贡献。

方法： 这项回顾性研究包括来自两个中心的 737 例乳腺癌患者（平均年龄， 54.1 ± 10.6 岁）（中心 1：n=578；中心 2：n=159），他们接受了乳腺 MRI 检查并在切除活检后确定了 HER2 表达。分析包括两项任务：区分 HER2 阴性（即 HER2 零或 HER2 低）与 HER2 阳性肿瘤（任务 1），以及区分 HER2 零和 HER2 低肿瘤（任务 2）。对于每个任务，来自中心 1 的患者以 7：3 的比例随机分配到训练组（任务 1：n=405；任务 2：n=284）或内部测试组（任务 1：n=173；任务 2：n=122）组；来自中心 2 的那些人形成了一个外部测试集（任务 1：n=159；任务 2：n=105）。影像组学特征是从早期动态对比增强图像、T2 加权图像和弥散加权图像中提取的。对于每个任务，使用支持向量机进行特征选择；利用支持向量机相关系数的特征权重计算多参数影像组学评分（radscore）；构建常规 MRI 和联合模型，并评估模型性能。SHAP 分析用于为模型输出提供局部和全局解释。

结果： 在外部测试集中，对于任务 1，常规 MRI 模型、radscore 和组合模型的曲线下面积分别为 0.624、0.757 和 0.762；对于任务 2，radscore 的曲线下面积为 0.754，无法构建常规 MRI 模型或组合模型。SHAP 分析发现早期动态对比增强图像特征对这两项任务的影响最强；T2 加权图像影像特征在任务 2 中也起着重要作用。

结论： 研究结果表明 MRI 放射组学模型在 HER2 表达的无创表征方面的性能尚可。

临床影响： 该研究提供了一个使用 SHAP 解释分析来更好地了解基于影像的机器学习模型来进行预测的示例。