

Прогнозирование ответа на химиоиммунотерапию с помощью глубокого обучения на основе ультразвуковых изображений перфузии опухоли

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1805416>

глубокое обучение

диагностика

онкология

персонализированная медицина

ультразвуковая визуализация

Введение

Гетерогенность опухоли представляет собой серьезную проблему для прогнозирования ответа на противоопухолевую терапию, что подчеркивает необходимость разработки биомаркеров для управления персонализированным лечением. **Контрастно-усиленное ультразвуковое исследование (CEUS)** является установленным методом оценки перфузии опухоли, которая напрямую влияет на доставку лекарственных средств и терапевтическую эффективность, поскольку опухоли с плохой перфузией часто ограничивают проникновение химио- и иммунотерапевтических препаратов.

Методы

Мы разработали платформу глубокого обучения с использованием визуализации **CEUS** для прогнозирования ответа опухолей на химиоиммунотерапию на мышинных моделях рака молочной железы, фибросаркомы и меланомы. Сверточная нейронная сеть (**CEUS-CNN**) была обучена на наборе данных из 587 изображений **CEUS**, полученных до начала лечения, для классификации опухолей как отвечающих на терапию, со стабильными

или не отвечающими на терапию на основе критериев **RECIST** версии 1.1 (**Response Evaluation Criteria in Solid Tumors** — критерии оценки ответа солидных опухолей) (175 случаев ответа, 136 стабильных случаев и 276 случаев отсутствия ответа). Кроме того, для классов «отвечающих» и «стабильных» были созданы синтетические данные для устранения дисбаланса классов.

Результаты

Наша платформа достигла общей точности тестирования 0,877 (0,941 для отвечающих, 0,615 для стабильных и 0,963 для не отвечающих) при использовании только реальных данных. Добавление синтетических данных привело к улучшению производительности модели, оказав заметное влияние на ранее демонстрировавший низкие показатели класс стабильных опухолей. Наша стратегия повысила прогностическую способность модели, увеличив среднюю точность тестирования до 0,930 (1,000 для отвечающих, 0,769 для стабильных и 0,963 для не отвечающих).

Заключение

Данные результаты подтверждают, что визуализация **CEUS** может служить потенциальным визуализационным биомаркером ответа на противоопухолевую терапию, и дополнительно указывают на то, что включение синтетических данных может повысить эффективность модели, особенно для малопредставленных классов. В совокупности эти данные подчеркивают потенциальную ценность интеграции искусственного интеллекта (ИИ) с **CEUS** для стратегий персонализированного лечения рака.