Модели машинного обучения, интегрирующие 2D и 3D признаки внутриопухолевой гетерогенности из мультипоследовательной МРТ: точное предсказание периневрального инвазии при протоковом аденокарциноме поджелудочной железы

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1975752

МРТ | диагностика | машинное обучение | онкология | радиомия | хирургическое планирование

Введение

Перинеуральная инвазия (ПНИ) встречается в большинстве случаев панкреатической протоковой аденокарциномы (ППАК) и тесно связана с местным рецидивом, нейропатической болью и плохим прогнозом выживаемости; однако надежных методов ее предоперационной идентификации не существует. В данном исследовании мы разработали и провели внешнюю валидацию системы оценки внутриопухолевой гетерогенности (ITH), основанной на мультипоследовательной МРТ и интегрированной с методами машинного обучения, для неинвазивного прогнозирования ПНИ при ППАК.

Методы

С использованием предоперационных МРТ-исследований с взвешиванием по T2, диффузионно-взвешенных изображений и контрастно-усиленных изображений с взвешиванием по T1, полученных у 205 пациентов,

перенесших хирургическое удаление опухоли в четырех медицинских центрах (100 пациентов для обучения, 43 пациента для внутреннего тестирования и 28 и 34 пациента для внешней валидации), мы извлекли двумерные и трехмерные признаки ITH путем разделения субрегионов на основе кластеризации K-средних. Для построения комбинированных прогностических моделей также были включены независимые клинические предикторы: локализация опухоли и клиническая стадия T. Была систематически оценена эффективность одиннадцати алгоритмов машинного обучения.

Результаты

Комбинированная клинико-ITH модель достигла площади под кривой (AUC) 0,907 во внутреннем тестовом наборе данных и AUC 0,860 и 0,869 в двух когортах внешней валидации. Соответствующие значения AUC для модели ITH составили 0,881, 0,860 и 0,850, а для клинической модели логистической регрессии — 0,758, 0,342 и 0,700.

Обсуждение

Анализ SHAP показал, что три признака, полученные на основе изображений T2WI, внесли наибольший вклад в результат комбинированной модели; при этом влияние признаков варьировалось по направлению и не было монотонным. Эти результаты демонстрируют, что количественная оценка ITH на основе мультипоследовательной МРТ обеспечивает интерпретируемый подход к предоперационной оценке ПНИ с устойчивой дискриминационной способностью в двух внешних хирургических когортах, предлагая потенциальный инструмент для планирования хирургического вмешательства и выбора адъювантной терапии при раке поджелудочной железы.

Перевод выполнен: 31.10.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.