

Гибридная платформа цифрового двойника на основе ML-PBPK для клинически интерпретируемой стратификации риска повторной госпитализации и воздействия лекарств при диабете

Источник: Frontiers in Digital Health

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2026.1867505>

PBPK

XGBoost

диабет

машинное обучение

персонализированная медицина

повторная госпитализация

цифровой двойник

Прогнозирование того, вернётся ли пациент с диабетом в больницу в течение 30 дней, является крайне сложной клинической задачей. Оценка вероятности повторной госпитализации в течение 30 дней зависит от широкого спектра факторов риска, специфичных для конкретного пациента, а также от вариабельности реакции отдельных пациентов на назначенные им лекарственные препараты. Традиционные модели машинного обучения способны выявлять закономерности в электронных медицинских картах, но, как правило, не могут дать чёткого представления о физиологических взаимодействиях между пациентом и назначенными ему лекарственными средствами. Одним из способов прогнозирования вероятности повторной госпитализации, связанной с диабетом, является комбинация факторов риска, выявленных с помощью машинного обучения, и физиологически обоснованной фармакокинетики (PBPK). Оптимизированная версия алгоритма машинного обучения XGBoost была обучена на большом наборе данных стационарных пациентов (примерно 100 000 случаев госпитализации) и позволила получить прогностическую модель с площадью под кривой ошибок

(AUC) 0,68 и полнотой (recall) 0,60 при клинически значимых пороговых значениях. Эти результаты сопоставимы с ранее опубликованными в литературе данными (0,60–0,70) о риске повторной госпитализации, связанной с диабетом, и подтверждают полезность алгоритма XGBoost в качестве надёжного клинического скринингового инструмента. Параллельно было проведено множество симуляций РВРК для оценки влияния хронических нарушений функции почек или печени на фармакокинетику; результаты показывают, что почечная недостаточность приводит к наиболее высоким системным концентрациям лекарственных средств. Прогнозируемый риск и смоделированная экспозиция будут интегрированы для получения фенотипа «риск/экспозиция», специфичного для конкретного пациента, и обеспечения клинически значимой стратификации на поддающиеся действию подгруппы. Благодаря этому новому методу становится возможным различать фармакологические и нефармакологические факторы, способствующие риску повторной госпитализации, что облегчает разработку целенаправленных стратегий вмешательства, таких как коррекция дозы, усиленный мониторинг и скоординированная помощь. Ценность данной работы заключается не в повышении точности прогнозирования на несколько процентных пунктов, а в новом подходе к преобразованию статического прогнозирования риска в клинически применимую систему поддержки принятия решений, основанную на физиологии. Предлагаемая концепция цифрового двойника (Digital Twin) открывает масштабируемый путь к персонализированному ведению пациентов после выписки и создаёт основу для дальнейшего внедрения персонализированной медицины в сфере цифрового здравоохранения.