

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ ЭКСПРЕСС-ТЕСТ НА ОСНОВЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ИМПРИНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Скороход А.Р.¹, Кравец Р.И.¹, Воронцов А. А.¹

Научный руководитель – канд. хим. наук, доцент Курушкин М.В.¹

¹Университет ИТМО

nastenaskorohod@gmail.com

Введение

Успех лечения злокачественных новообразований во многом зависит от того, насколько рано они были диагностированы. При выявлении опухоли на ранних стадиях (I–II) пятилетняя выживаемость составляет 70–90%, в то время как на поздних стадиях этот показатель снижается до 20–30%. Современные методы диагностики, такие как визуализация, иммуноферментный анализ и ПЦР, имеют ряд недостатков. Они инвазивны, дорогостоящи, недостаточно чувствительны при небольших размерах опухоли и ориентированы на обнаружение отдельных маркеров, что не учитывает разнообразие опухолей и может привести к ложным результатам. Развитие методов жидкостной биопсии открывает новые перспективы для неинвазивной диагностики, однако большинство существующих решений анализируют только один тип биомолекул (белки или нуклеиновые кислоты), что снижает их эффективность. Таким образом, необходимо создать интегрированную систему, которая позволит быстро и недорого определять панель разнообразных онкомаркеров.

Основная часть

В данной работе предлагается концепция портативного мультимодального экспресс-теста, основанного на использовании микрофлюидной платформы, известной как «лаборатория на чипе». Ключевым элементом данного теста являются молекулярно-импринтированные полимеры (MIP), представляющие собой синтетические материалы с определёнными пространственными полостями, которые идеально подходят для взаимодействия с различными онкомаркерами, такими как PSA, CEA, CA-125, HER2 и другими [1]. MIP-полимеры обладают высокой стабильностью, низкой стоимостью и возможностью синтеза для широкого спектра молекул, включая белки и фрагменты нуклеиновых кислот. Массив MIP-сенсоров интегрирован в микрофлюидный чип, где капиллярные силы обеспечивают движение пробы (капли капиллярной крови) без использования внешних насосов. При связывании маркера с импринтированным полимером происходят локальные изменения электрохимических характеристик (проводимости и ёмкости), которые регистрируются встроенными микроэлектродами. Для достижения мультиплексирования применяется метод параллельного анализа множества каналов, каждый из которых настроен на определённый маркер. Это позволяет получить более точную и актуальную информацию о состоянии здоровья. Полученные электрические сигналы передаются во встроенный вычислительный модуль, где обрабатываются с использованием алгоритмов машинного обучения. Благодаря применению искусственного интеллекта становится возможным объединить различные данные, такие как концентрация белков, наличие мутаций в циркулирующей ДНК и профиль микроРНК, и сформировать общий показатель риска развития онкологических заболеваний [2]. Такой подход позволяет компенсировать индивидуальные различия и случайные колебания, что, в свою очередь, повышает чувствительность и специфичность диагностики. Для усиления сигнала предлагается использовать наночастицы, например,

золото или графен, которые модифицируют поверхность электродов [1]. Анализ занимает около 30 - 40 минут, а объём образца составляет 50 - 100 микролитров.

Выводы

Разрабатываемая система предназначена для широкого применения в учреждениях первичной медико-санитарной помощи и центрах профилактики. Она также может быть адаптирована для самостоятельного мониторинга состояния здоровья людей из групп риска в домашних условиях. Для практического применения системы планируется создать линейку одноразовых картриджей с определённым набором маркеров, которые будут использоваться для диагностики конкретных заболеваний. Кроме того, будет разработан портативный анализатор с автономным источником питания. Для перехода к клиническому использованию необходимо оптимизировать протоколы синтеза МIP для обеспечения воспроизводимости результатов и подтвердить диагностическую точность системы на репрезентативных выборках пациентов. Также планируется провести многоцентровые испытания и зарегистрировать изделие в качестве медицинского оборудования. Успешная реализация проекта позволит внедрить принципы превентивной персонализированной онкологии, что, в свою очередь, позволит значительно снизить смертность за счёт раннего выявления заболеваний и уменьшить нагрузку на стационарные медицинские учреждения.

Литература

1. Евтушенко Е. Г., Преснова Г. В., Рубцова М. Ю. Молекулярно-импринтированные полимеры как синтетические рецепторы для биосенсоров // Успехи биологической химии. 2021. Т. 61. С. 343–384 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fbras.ru/wp-content/uploads/2021/12/Evtushenko.pdf> (Дата обращения 20.02.2026).
2. Шляхто Е. В., Конради Ю. В., Конради А. О. Искусственный интеллект в медицине: современные возможности и перспективы // Вестник Российской академии медицинских наук. 2020. Т. 75, № 4. С. 272–278.