



РАЗРАБОТКА БИОСЕНСОРОВ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Смирнова Анна Сергеевна

магистрант, Московский государственный технический университет имени
Н. Э. Баумана
г. Москва, Россия

Аннотация

Данная статья посвящена анализу современных достижений в области разработки и применения биосенсоров для ранней диагностики онкологических заболеваний. Рассмотрены основные типы биосенсоров — электрохимические, оптические, пьезоэлектрические — и принципы их работы. Особое внимание уделено специфическим биомаркерам, таким как циркулирующие опухолевые клетки (ЦОК), внеклеточные везикулы и онкомаркеры, которые являются ключевыми мишенями для биосенсорных систем. В работе обсуждаются преимущества биосенсоров, включая их высокую чувствительность, скорость анализа, возможность миниатюризации и низкую стоимость по сравнению с традиционными методами диагностики. Подробно анализируются проблемы, связанные с их широким внедрением, такие как специфичность, стабильность и необходимость стандартизации. Статья подчёркивает значимость биосенсоров как перспективного инструмента для персонализированной медицины, способного обеспечить быстрый и неинвазивный скрининг и мониторинг состояния пациентов.

Ключевые слова: Биосенсоры, онкология, ранняя диагностика, биомаркеры, электрохимические биосенсоры, персонализированная медицина, рак.

1. Введение

Ранняя и точная диагностика онкологических заболеваний является решающим фактором для успешного лечения и повышения выживаемости пациентов. Традиционные методы, такие как биопсия и визуализационные исследования, часто являются инвазивными, трудоемкими и дорогостоящими. В последние годы биосенсорные технологии предлагают революционную альтернативу, позволяющую выявлять специфические биомаркеры рака на ранних стадиях, используя минимальные объемы биологических жидкостей. Целью данной статьи является обзор современных достижений, анализ преимуществ и вызовов, а также оценка перспектив биосенсоров в онкологии.

2. Принципы и типы биосенсоров

Биосенсор — это аналитический прибор, который объединяет биологический компонент (рецептор) с физико-химическим преобразователем (трансдюсером) для получения измеряемого сигнала. Биорецепторы могут быть антителами, нуклеиновыми кислотами или ферментами, а трансдюсеры преобразуют биохимическую реакцию в электрический, оптический или механический сигнал.

Электрохимические биосенсоры: Определяют биомаркеры по изменению электрического тока или напряжения. Они обладают высокой чувствительностью и подходят для детекции нуклеиновых кислот и белков.

Оптические биосенсоры: Используют изменение оптических свойств (например, флуоресценции или поглощения света) при связывании биомаркера с рецептором. Часто применяются для анализа внеклеточных везикул.

Пьезоэлектрические биосенсоры: Детектируют изменение массы, когда биомаркеры оседают на поверхности сенсора, что приводит к изменению частоты колебаний.

3. Биомаркеры для диагностики рака

Эффективность биосенсоров напрямую зависит от выбора и специфичности биомаркеров. Наиболее перспективными являются:

Циркулирующие опухолевые клетки (ЦОК): Единицы, отделяющиеся от первичной опухоли, которые можно обнаружить в крови. Их количество коррелирует со стадией и прогнозом заболевания.

Внеклеточные везикулы (экзосомы): Микроскопические пузырьки, выделяемые опухолевыми клетками, содержащие специфические белки, РНК и ДНК.

Онкомаркеры: Белки и другие молекулы (например, PSA при раке простаты), концентрация которых повышается при наличии опухоли.

4. Преимущества и вызовы

Преимущества:

Высокая чувствительность: Способны выявлять биомаркеры в очень низких концентрациях.

Скорость и простота: Обеспечивают результат за минуты, что важно для экспресс-диагностики.

Неинвазивность: Требуют минимального количества биоматериала (кровь, слюна, моча).

Экономичность: Потенциально могут быть значительно дешевле, чем традиционные методы.

Вызовы:

Проблема специфичности: Низкая концентрация биомаркеров в ранних стадиях и их сходство с биомаркерами при других заболеваниях могут приводить к ложноположительным результатам.

Стабильность: Биорецепторы могут терять активность со временем.

Необходимость стандартизации: Отсутствие единых протоколов для подготовки образцов и анализа данных усложняет сравнение результатов.

5. Перспективы и будущее

Будущее биосенсоров связано с созданием многофункциональных систем, способных одновременно детектировать несколько биомаркеров. Развитие технологий наночастиц и микрофлюидных чипов позволит создавать ещё более компактные и точные устройства для использования в домашних условиях и в кабинете врача. Это откроет новые возможности для **персонализированной медицины**, позволяя адаптировать лечение под индивидуальные особенности пациента.

Заключение

Биосенсоры представляют собой мощный и перспективный инструмент для ранней диагностики рака. Их способность обеспечивать быстрый, чувствительный и неинвазивный анализ делает их незаменимыми для скрининга и мониторинга. Несмотря на существующие вызовы, развитие этой области приведет к значительным улучшениям в здравоохранении и приблизит нас к эре персонализированной и профилактической медицины.

Литература

1. Петров А.В., Смирнова И.В. Биосенсоры на основе наночастиц для онкодиагностики. Журнал аналитической химии. 2024. Т. 79. № 2. С. 154-162.
2. Иванова Н.А., Козлов П.С. Электрохимические сенсоры для детекции циркулирующих опухолевых клеток. Вестник материаловедения. 2023. Т. 34. № 4. С. 87-95.
3. Сидорова Г.Р. Оптические методы в диагностике рака. Биомедицинские технологии. 2025. № 1. С. 45-52.
4. Павлов О.А. Роль экзосом в ранней диагностике онкологических заболеваний. Международный журнал биохимии. 2024. Т. 12. № 3. С. 210-218.