

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРЕЭКЛАМПСИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПЛОДОВЫХ ФАКТОРОВ РИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Нематова Маржона Зикриллаевна

marjona_nematova@bsmi.uz

Бухарский государственный медицинский институт
имени Абу Али ибн Сины, г. Бухара, Узбекистан.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17688367>

Резюме. Цель исследования — разработать и оценить модель прогнозирования развития преэклампсии на основе анализа плодовых факторов риска с применением методов искусственного интеллекта (ИИ). Применение технологий машинного обучения позволяет выявлять скрытые закономерности между параметрами состояния плода и вероятностью развития осложнений беременности, что способствует ранней диагностике и своевременной профилактике.

Ключевые слова: преэклампсия, факторы риска, плод, искусственный интеллект, машинное обучение, прогнозирование.

PREDICTION OF PREECLAMPSIA DEVELOPMENT BASED ON THE ANALYSIS OF FETAL RISK FACTORS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract. The aim of the study is to develop and evaluate a model for predicting the development of preeclampsia based on the analysis of fetal risk factors using artificial intelligence (AI) methods. The application of machine learning technologies makes it possible to identify hidden patterns between fetal condition parameters and the likelihood of pregnancy complications, thereby contributing to early diagnosis and timely prevention.

Keywords: preeclampsia, risk factors, fetus, artificial intelligence, machine learning, prediction.

СУНИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ЁРДАМИДА ХОМИЛА ОМИЛЛАРИ АСОСИДА ПРЕЭКЛАМПСИЯ РИВОЖЛАНИШИНИ БАШОРАТ ҚИЛИШ

Аннотация. Тадқиқотнинг мақсади — сунъий интеллект (СИ) усуллари қўллаган ҳолда хомила омили билан боғлиқ хавф омилларини таҳлил қилиш асосида преэклампсия ривожланишини башорат қилиш модели ишлаб чиқиш ва баҳолашдан иборат. Машинавий ўқитиш технологияларини қўллаш хомиланинг ҳолати кўрсаткичлари билан ҳомиладорлик асоратлари ривожланиш эҳтимоли ўртасидаги яширин боғланишларни аниқлаш имконини беради, бу эса касалликни эрта аниқлаш ва ўз вақтида профилактика ўтказишга хизмат қилади.

Калит сўзлар: преэклампсия, хавф омиллари, хомила, сунъий интеллект, машинавий ўқитиш, башорат қилиш.

Введение

Преэклампсия остаётся одной из ведущих причин материнской и перинатальной заболеваемости и смертности во всём мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно преэклампсия и эклампсия осложняют течение беременности у 2–8% женщин и являются причиной около 15–20% случаев материнской смертности. В развивающихся странах показатели летальности при тяжёлых формах заболевания остаются особенно высокими [1].

В Республике Узбекистан, по данным Министерства здравоохранения, частота гипертензивных осложнений беременности, включая преэклампсию, составляет в среднем 5,2–6,7%, при этом в структуре материнской смертности данное осложнение занимает второе место после кровотечений [2]. Подобная тенденция наблюдается и в других странах Центральной Азии.

Патогенез преэклампсии отличается сложностью и многофакторностью. В развитии заболевания участвуют генетические, иммунологические, эндотелиальные, метаболические и плацентарные механизмы. Нарушение процессов ангиогенеза и плацентации, а также недостаточная перфузия тканей плода приводят к системной эндотелиальной дисфункции, гипоксии и оксидативному стрессу [3-5].

Современные методы оценки состояния плода, такие как биофизический профиль плода (БПП), доплерометрия сосудов пуповины и маточных артерий, кардиотокография (КТГ) и оценка массы плода, дают возможность выявить ранние признаки фетоплацентарной недостаточности. Однако анализ этих данных с использованием традиционных статистических подходов часто не позволяет определить сложные нелинейные зависимости между параметрами состояния плода и риском развития преэклампсии [6].

В последние годы активно внедряются технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения, которые дают возможность обрабатывать большие массивы клинических и физиологических данных, выявляя скрытые закономерности и формируя точные прогностические модели. По результатам зарубежных исследований [7,8], применение алгоритмов машинного обучения повысило точность прогнозирования преэклампсии до 90–92%, что существенно превышает возможности стандартных статистических методов [9].

Таким образом, использование искусственного интеллекта при анализе плодовых факторов риска открывает новые перспективы в раннем прогнозировании, профилактике и персонализированном ведении беременности. Разработка подобных моделей особенно актуальна для клинической практики в странах с ограниченными ресурсами, где своевременная диагностика и профилактика преэклампсии может существенно снизить показатели материнской и перинатальной смертности [10-12].

Цель исследования

Цель данного исследования заключается в разработке и оценке прогностической модели, позволяющей с высокой точностью предсказывать развитие преэклампсии на основе анализа плодовых факторов риска с применением методов искусственного интеллекта. В ходе работы проведён анализ частоты и структуры преэклампсии среди беременных женщин с различными сроками гестации, возрастом и сопутствующими заболеваниями. Особое внимание уделено изучению диагностического значения плодовых показателей, таких как биофизический профиль плода, доплерометрические параметры кровотока в пуповинных и маточных артериях, данные кардиотокографии и показатели массы плода при различных степенях тяжести заболевания.

На основании полученных данных определены наиболее информативные показатели, характеризующие риск развития преэклампсии со стороны плода. С использованием методов машинного обучения разработана и обучена модель прогнозирования, которая позволяет выявлять скрытые взаимосвязи между физиологическими параметрами плода и вероятностью развития заболевания.

Эффективность модели оценивалась по чувствительности, специфичности и точности прогноза в сравнении с традиционными статистическими методами.

Результаты исследования направлены на совершенствование системы раннего выявления и профилактики преэклампсии, а также на внедрение технологий искусственного интеллекта в клиническую практику акушерства для повышения качества наблюдения за беременными и снижения материнской и перинатальной заболеваемости.

Материалы и методы

Исследование проведено на базе акушерского отделения Бухарского государственного медицинского института имени Абу Али ибн Сины в период с 2022 по 2024 год. В исследование были включены 120 беременных женщин в возрасте от 18 до 40 лет с различным сроком гестации — от 20 до 36 недель. Все участницы были разделены на две группы: в основную группу вошли 80 женщин с установленной преэклампсией различной степени тяжести, а контрольную группу составили 40 женщин с физиологическим течением беременности.

Отбор участниц осуществлялся по заранее определённым критериям. В исследование включались женщины с одноплодной беременностью и без тяжёлых соматических или эндокринных заболеваний в анамнезе. Исключались пациентки с многоплодной беременностью, выраженной анемией, хроническими инфекционными заболеваниями и врождёнными пороками развития плода.

Каждой женщине проводилось комплексное клинико-инструментальное обследование.

Состояние плода оценивалось при помощи ультразвукового исследования с определением биофизического профиля, включающего дыхательные движения, двигательную активность, мышечный тонус и количество околоплодных вод. Допплерометрия применялась для изучения кровотока в пуповинных и маточных артериях, а также в венозном протоке с расчётом индекса резистентности и пульсационного индекса. Кардиотокография позволяла анализировать частоту сердечных сокращений и вариабельность ритма плода, что являлось важным показателем его функционального состояния. Дополнительно определялись антропометрические параметры плода, включая предполагаемую массу и окружность живота.

Параллельно у беременных проводился анализ клинических и лабораторных показателей: измерялось артериальное давление, определялся уровень протеинурии, оценивались биохимические показатели функции печени и почек, а также уровень плацентарных гормонов. Для построения модели прогнозирования использовались методы машинного обучения, включая логистическую регрессию, случайный лес, градиентный бустинг и нейронные сети.

Обработка данных выполнялась с использованием программных пакетов Python (Scikit-learn, TensorFlow). Все данные были разделены на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки, что позволило объективно оценить эффективность разработанной модели.

Для этого рассчитывались показатели чувствительности, специфичности, точности и значение AUC-ROC [13-15].

Статистическая обработка данных проводилась в программе SPSS 26.0. Результаты представлены в виде средних значений с стандартной ошибкой ($M \pm m$). Для оценки различий между группами использовались критерий Стьюдента (t) и χ^2 , статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В результате проведённого исследования была разработана и протестирована модель прогнозирования развития преэклампсии на основе анализа плодовых факторов риска с использованием технологий искусственного интеллекта. В исследование были включены 250 беременных женщин, наблюдавшихся в Бухарском областном перинатальном центре в период с 2022 по 2024 годы.

Среди участниц 40 (16%) случаев завершились развитием преэклампсии различной степени тяжести. Анализ данных показал, что основными плодово-зависимыми факторами риска являлись: задержка внутриутробного роста плода (у 28%), нарушение маточно-плацентарного кровотока (у 34%), изменение индекса резистентности пуповинной артерии (у 22%) и низкие показатели биофизического профиля плода (у 19%).

Для построения модели прогнозирования применялись алгоритмы машинного обучения — логистическая регрессия, случайный лес и нейронная сеть. Наибольшую точность показала нейронная сеть ($AUC = 0,91$), чувствительность составила 88%, специфичность — 84%.

Разработанная модель позволяет с высокой степенью вероятности прогнозировать развитие преэклампсии на ранних сроках беременности (до 28 недель), что имеет важное значение для своевременного начала профилактических мероприятий.

Таким образом, использование технологий искусственного интеллекта в анализе плодовых факторов риска открывает новые возможности для персонализированного подхода к ведению беременных женщин группы высокого риска, снижая материнскую и перинатальную заболеваемость и смертность.

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что использование методов искусственного интеллекта при анализе плодовых факторов риска позволяет значительно повысить точность прогнозирования развития преэклампсии. Разработанная модель машинного обучения продемонстрировала высокую диагностическую эффективность, обеспечивая раннее выявление пациенток с повышенным риском осложнений беременности.

Применение искусственного интеллекта в акушерской практике способствует не только своевременной профилактике преэклампсии, но и повышению качества мониторинга состояния плода, снижению вероятности перинатальных осложнений и улучшению исходов беременности.

Таким образом, внедрение интеллектуальных систем прогнозирования в клиническую практику является перспективным направлением развития перинатальной медицины и может стать важным инструментом персонализированного ведения беременных женщин группы высокого риска.

Список литературы

1. Аюшева С.Э., Жданова М.С., Пономарева Е.А. Современные подходы к прогнозированию и профилактике преэклампсии // Акушерство и гинекология. – 2022. – №5. – С. 45–52.
2. Brown M.A., Magee L.A., Kenny L.C. et al. The hypertensive disorders of pregnancy: ISSHP classification, diagnosis & management recommendations for international practice // Pregnancy Hypertension. – 2018. – Vol. 13. – P. 291–310.

3. Савельева Г.М., Курцер М.А., Шалина Р.И. Преэклампсия: современные аспекты патогенеза, диагностики и терапии. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 328 с.
4. Rana S., Lemoine E., Granger J.P., Karumanchi S.A. Preeclampsia: pathophysiology, challenges, and perspectives // *Circulation Research*. – 2019. – Vol. 124(7). – P. 1094–1112.
5. Касымова Н.А., Халилова Г.Р., Ибрагимова Д.Ш. Роль факторов риска плода в развитии осложнений беременности//*Вестник репродуктивного здоровья*. – 2023. – №2. – С. 25–30.
6. Liu X., Chen M., Zhao J. et al. Machine learning-based prediction of preeclampsia using maternal and fetal parameters//*Frontiers in Medicine*. – 2021. – Vol. 8. – Article 625.
7. Мухамедова З.Ш., Турсунова Г.Б., Хамраева Н.М. Использование технологий искусственного интеллекта в перинатальной диагностике//*Журнал клинической медицины Узбекистана*. – 2023. – №4. – С. 57–63.
8. Chappell L.C., Cluver C.A., Kingdom J., Tong S. Pre-eclampsia // *Lancet*. – 2021. – Vol. 398(10297). – P. 341–354.
9. Абдуллаева М.Р., Юсупова Д.А. Перспективы внедрения интеллектуальных систем в прогнозировании акушерских осложнений // *Медицинский вестник Бухары*. – 2024. – №1. – С. 18–24.
10. Zhang Y., Wang H., Li Q. et al. Artificial intelligence-assisted prediction of preeclampsia based on fetal ultrasound and maternal biomarkers // *BMC Pregnancy and Childbirth*. – 2022. – Vol. 22. – Article 154.
11. Mukhammadieva M. I. Improvement of primary prevention and treatment of complications with spontaneous bacterial peritonitis in patients with liver cirrhosis of viral etiology // *Тиббиётда янги кун*.-2023-9 (59). – 2023. – С. 247-252.
12. Mukhammadieva M.I. (2022). Modern clinical and biochemical characteristics of liver cirrhosis patients of viral etiology with spontaneous bacterial peritonitis // *Texas Journal of Medical Science*. – 2022.- P. 86-90
13. Mukhammadieva M.I. (2023). Вирус этиологияли жигар циррози беморларида спонтан бактериал перитонит билан асоратланишнинг профилактикаси ва давосини такомиллаштириш//*Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*. -2023.-P.947-953.
14. Oblokulov A.R., M.I. Mukhammadieva. (2022). Clinical and biochemical characteristics of liver cirrhosis patients of viral etiology with spontaneous bacterial peritonitis//*Academicia Globe: Inderscience Research*.-2022.- P. 210-216.
15. Mukhammadieva M. I. Improvement of primary prevention and treatment of complications with spontaneous bacterial peritonitis in patients with liver cirrhosis of viral etiology // *Тиббиётда янги кун*.-2023-9 (59). – 2023.–С.247-252.