

Персоналізована стратифікація ризику пreeкламсії у першовагітних: аналіз ретроспективних даних та математичне моделювання

В. О. Бенюк, В. М. Комар

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ

Пренатальне прогнозування є важливим етапом ведення вагітності, спрямованим на персоналізовану стратифікацію ризику ускладнень і покращення перинатальних наслідків. Використання багатофакторного аналізу та математичного моделювання дозволяє створити ефективні алгоритми прогнозування пreeкламсії у першовагітних, що сприяє покращенню диференційованого підходу до ведення вагітності.

Мета дослідження: розробка математичної прогностичної моделі персоналізованого розрахунку ризику розвитку пreeкламсії у першовагітних жінок шляхом аналізу ретроспективних даних і визначення найбільш значущих анамнестичних та біофізичних предикторів.

Матеріали та методи. Ретроспективне когортне дослідження проведено на клінічній базі кафедри акушерства і гінекології № 3 Національного медичного університету імені О. О. Богомольця – КНП «Київський міський пологовий будинок № 3» – у період 2018–2023 рр. В аналіз включено дані 140 першовагітних жінок, з яких у 88 (62,9%) зареєстровано випадки пreeкламсії, а у 52 (37,1%) – відсутність цього ускладнення.

Результати. Проведено персоналізований аналіз зв'язку між розвитком пreeкламсії та потенційними факторами ризику. Виявлено 13 ознак, що асоціюються з підвищеним ризиком розвитку пreeкламсії: вік менархе, надлишкова маса тіла, захворювання серцево-судинної системи, цукровий діабет, перенесений COVID-19, варикозне розширення вен, порушення менструального циклу, запальні захворювання органів малого таза, кісти яєчників, загрозове невиношування, гіперплазія плаценти, кісти плаценти та високорезистентний кровотік у маткових артеріях. На основі багатофакторного аналізу методом логістичної регресії розроблено прогностичну модель ризику пreeкламсії.

Висновки. Визначено персоналізовані фактори ризику розвитку пreeкламсії у першовагітних. Побудована модель дає змогу прогнозувати ризик виникнення пreeкламсії з чутливістю 71,6% (95% довірчий інтервал (ДІ) [61,0–80,7]) та специфічністю 78,8% (95% ДІ [65,3–88,9]).

Ключові слова: пreeкламсія, персоналізована стратифікація ризику, математичне прогнозування, багатофакторний аналіз, анамнестичні та біофізичні предиктори.

Personalized risk stratification of preeclampsia in nulliparous women: retrospective data analysis and mathematical modeling

V. O. Beniuk, V. M. Komar

Prenatal prediction is a crucial stage in pregnancy management, which is aimed at personalized risk stratification of complications and improvement of perinatal outcomes. The use of multifactorial analysis and mathematical modeling enables to develop the effective algorithms for predicting preeclampsia in nulliparous women, contributing to a more differentiated approach to pregnancy management.

The objective: to develop a mathematical prognostic model for personalized risk assessment of preeclampsia in nulliparous women by analyzing retrospective data and identifying the most significant anamnestic and biophysical predictors.

Materials and methods. A retrospective cohort study was conducted at the clinical base of the Department of Obstetrics and Gynecology No. 3 of Bogomolets National Medical University – MNPE “Kyiv City Maternity Hospital No. 3” from 2018 to 2023. The analysis included data from 140 nulliparous women, among whom 88 (62.9%) patients were diagnosed with preeclampsia, while 52 (37.1%) women had no this complication.

Results. A personalized analysis of the relationship between preeclampsia development and potential risk factors was performed. Thirteen factors which were associated with an increased risk of preeclampsia were identified, including age at menarche, excessive body weight, cardiovascular diseases, diabetes mellitus, prior COVID-19 infection, varicose veins, menstrual cycle disorders, inflammatory diseases of the pelvic organs, ovarian cysts, threatened pregnancy loss, placental hyperplasia, placental cysts, and high-resistance blood flow in the uterine arteries. Based on a multifactorial analysis using logistic regression, a prognostic model for preeclampsia risk was developed.

Conclusions. Personalized risk factors for preeclampsia in nulliparous women have been identified. The developed model allows to predict preeclampsia risk with a sensitivity of 71.6% (95% confidence interval (CI) [61.0–80.7]) and a specificity of 78.8% (95% CI [65.3–88.9]).

Keywords: preeclampsia, personalized risk stratification, mathematical prediction, multifactorial analysis, anamnestic and biophysical predictors.

Прееклампсія є однією з провідних причин материнської та перинатальної захворюваності й смертності, що зумовлює необхідність розробки надійних методів прогнозування її розвитку [1, 2]. Виявлення факторів ризику цього ускладнення є критично важливим для своєчасного впровадження ефективних профілактичних заходів [3–5]. Оскільки на розвиток прееклампсії впливає широкий спектр факторів, зокрема соматичні, гінекологічні та інші характеристики, актуальним є створення математичної моделі, що дасть змогу оцінювати ризик на індивідуальному рівні. Інтеграція цих факторів в єдиний алгоритм може значно підвищити ефективність прогнозування та сприяти покращенню результатів вагітності [6].

Мета дослідження: розробка математичної прогностичної моделі персоналізованого розрахунку ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок шляхом аналізу ретроспективних даних та визначення найбільш значущих анамnestичних і біофізичних предикторів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Ретроспективне когортне дослідження проведено на клінічній базі кафедри акушерства і гінекології № 3 Національного медичного університету імені О. О. Богомольця – КНП «Київський міський пологовий будинок № 3» (КНП «КМПБ № 3»). В аналіз включено 140 історій вагітностей і пологів першовагітних жінок, які проходили лікування та розродження у відділенні патології вагітності та фізіологічному акушерському відділенні КНП «КМПБ № 3» у період 2018–2023 рр.

До основної групи увійшли 88 історій вагітності й пологів першовагітних жінок, в яких діагностовано прееклампсію. Контрольну групу сформовано з 52 історій вагітності та пологів першовагітних жінок без гіпертензивного синдрому.

Критерії включення: перша вагітність, вік 18–35 років, одноплідна вагітність, етнічна однорідність.

Критерії виключення: повторна або багатоплідна вагітність; вагітність, що настала внаслідок застосуван-

ня допоміжних репродуктивних технологій; декомпенсована соматична патологія у вагітній.

У процесі виконання цієї частини дослідження використано етапний метод вивчення.

I етап – збір клініко-анамnestичної інформації, що включав аналіз обмінних карт (форма № 113/о) та історій вагітності й пологів (форма № 096/о), вивчення анамnestичних даних та особливостей перебігу вагітності в першій половині гестації. Отримані відомості заносили до електронної бази даних для подальшого аналізу.

II етап – вивчення ультразвукових (УЗ) параметрів першої половини гестації згідно з критеріями Fetal Medicine Foundation (FMF) та клінічними рекомендаціями International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (ISUOG), зокрема характеристик плацентації та стану матково-плацентарного кровообігу.

III етап – формування переліку потенційних факторів ризику розвитку прееклампсії на основі аналізу 33 показників, що включали дані соматичної та гінекологічної захворюваності, віку пацієнток, віку менархе, а також УЗ параметрів.

IV етап – розробка та впровадження математичної моделі прогнозування прееклампсії шляхом оцінювання взаємозв'язку між клініко-анамnestичними та УЗ характеристиками вагітних із подальшою статистичною обробкою даних.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проведений нами аналіз історій обстежених жінок продемонстрував, що вік пацієнток, включених до ретроспективної когорти, перебував у межах 18–35 років. Середній вік вагітних у групі I (прееклампсії) становив $27,8 \pm 5,3$ року, у групі II (контроль) – $27,6 \pm 4,1$ року ($p > 0,05$). Привертає увагу той факт, що в групі I (прееклампсії) переважали молоді жінки віком 20–25 років – 34 вагітні (38,6%) (рис. 1).

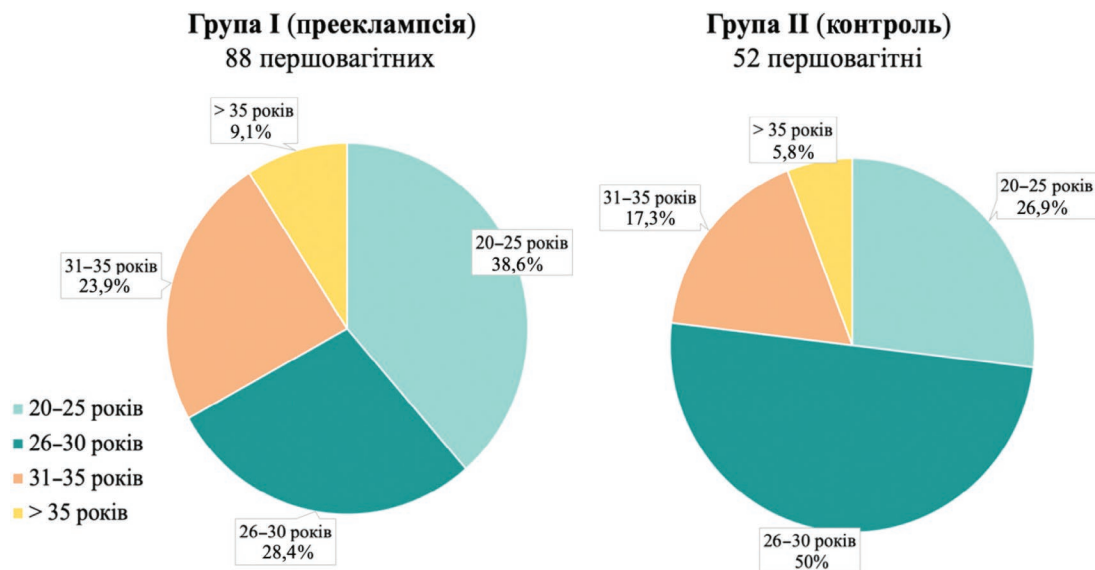


Рис. 1. Розподіл обстежених вагітних за віком

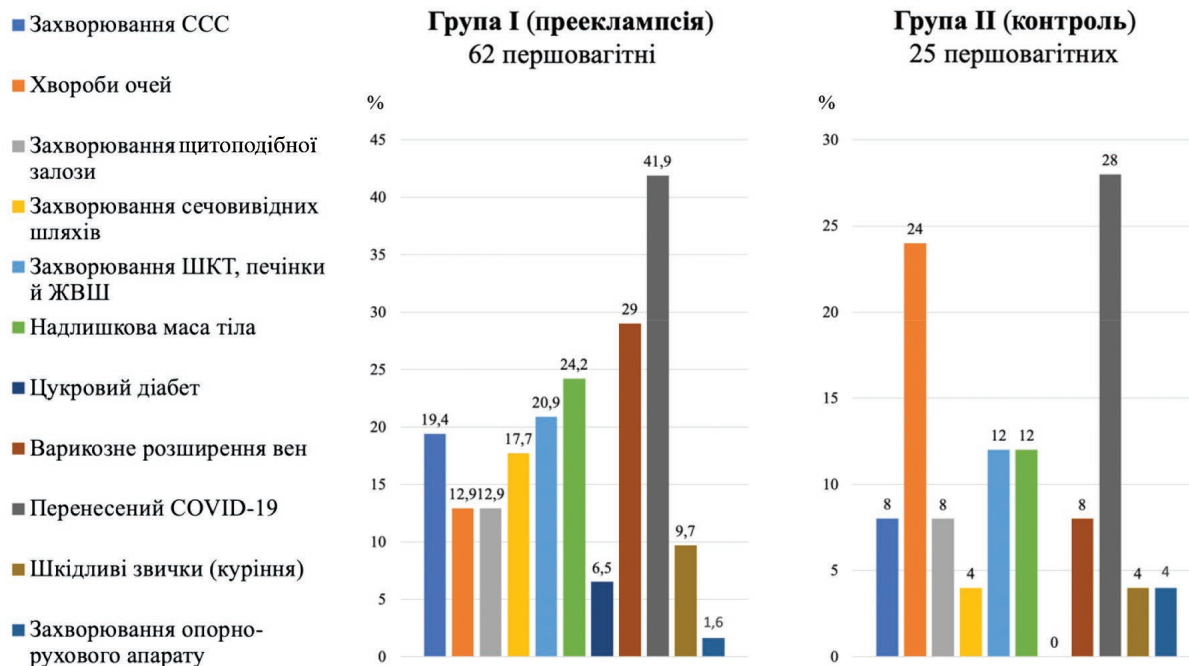


Рис. 2. Структура екстрагенітальної патології обстежених вагітних

Примітки: CCC – серцево-судинна система; ШКТ – шлунково-кишковий тракт; ЖВШ – жовчовивідні шляхи.

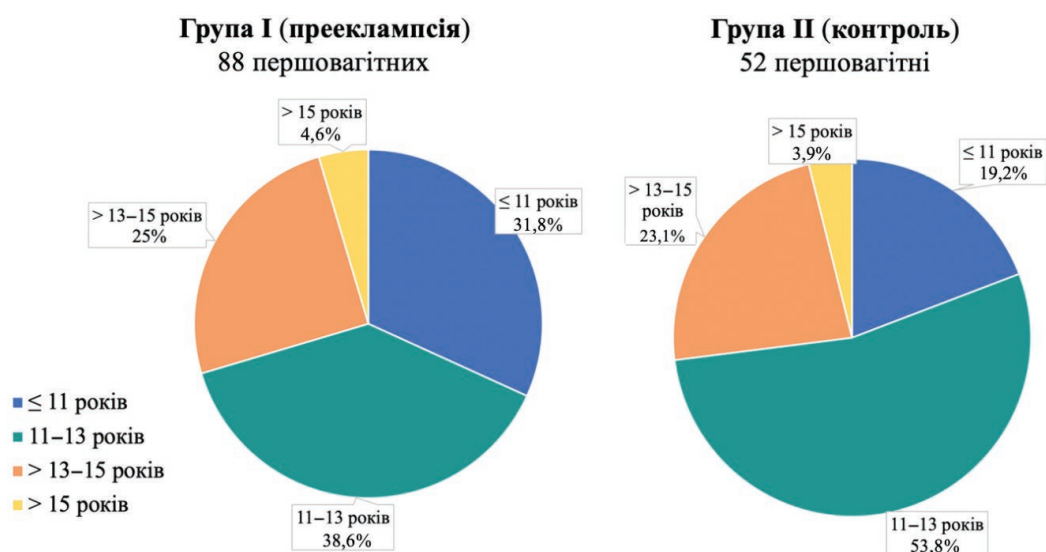


Рис. 3. Розподіл обстежених вагітних за віком менархе

Під час оцінювання соматичного анамнезу встановлено, що лише 26 (29,5%) жінок із групи I (пreeклампсії) вважали себе соматично здоровими, тоді як у групі II (контролю) відповідний показник достовірно відрізнявся – 27 (51,2%) вагітних ($p < 0,05$). Серед екстрагенітальної патології в групі I (пreeклампсії) частіше реєстрували варикозне розширення вен – 18 (29,0%), серцево-судинні захворювання – 12 (19,4%), патологію сечовивідних шляхів – 11 (17,7%) та щитоподібної залози – 8 (12,9%). У кожній четвертій вагітній групі I (пreeклампсії) відзначалися метаболічні порушення у вигляді надлишкової маси тіла – 15 (24,2%) та цукрового діабету – 4 (6,5%). Перенесений COVID-19 в анамнезі частіше спостерігався серед жінок із пре-

еклампсією – 26 (41,9%), ніж у групі контролю – 7 (28,0%) ($p < 0,05$) (рис. 2).

Середній вік початку менструацій у групі I (пreeклампсії) становив $11,9 \pm 1,9$ року, тоді як у групі II (контролю) – $12,1 \pm 1,8$ року ($p > 0,05$). Установлено, що у 28 (31,8%) жінок із пreeклампсією відзначалося раннє менархе (до 11 років) ($p < 0,05$) (рис. 3).

Гінекологічно здоровими вважали себе лише 12 (13,6%) жінок у групі I (пreeклампсії), тоді як у групі II (контролю) цей показник був вищим – 21 (40,4%) ($p < 0,05$). Найчастішими гінекологічними захворюваннями серед вагітних із пreeклампсією визначено: запальні захворювання жіночих статевих органів – 32 (42,1%), порушення менструального циклу (МЦ) – 25 (32,9%),

кісти яєчників – 22 (28,9%), полікістоз яєчників – 14 (18,4%), а також гіперпроліферативні захворювання ендометрія, зокрема поліп ендометрія – 14 (18,4%) та гіперплазія ендометрія – 9 (11,8%) (рис. 4).

Аналізуючи перебіг першої половини вагітності (до 20-го тижня), у жінок із преєклампсією встановили, що частота загрозливого невиношування сягала 21 (23,8%), включно з відшаруванням плодового яйця – 11 (12,5%), ранніми гестозами (нудота та блювання вагітних) – 14 (15,9%) та вагінітами – 23 (26,1%). У другій половині гестації частіше відзначали загрозу передчасних пологів – 26 (29,5%), затримку росту плода – 23 (26,1%), анемію вагітних – 38 (43,2%) та вагініти – 27 (30,7%).

При УЗ дослідженні встановлено, що 17 (19,3%) жінок у групі I (преєклампсії) не мали відхилень в УЗ параметрах, тоді як у групі II (контролю) – 36 (69,2%). У групі I (преєклампсії) виявляли гіперплазію плаценти – 16 (18,2%), кісти плаценти – 12 (13,6%) та маловоддя – 10 (11,4%). Відзначено також порушення матково-плацентарної гемодинаміки (високорезистентний кровотік у маткових артеріях у 48 (54,5%) жінок) та фетоплацентарної гемодинаміки (порушення цереброваскулярного співвідношення у 18 (20,5%) і нульового/реверсного кровотоку в артерії пуповини в 11 (12,5%) жінок).

Під час аналізу перебігу пологів у першовагітних жінок обстежуваних груп ми встановили, що у групі I (преєклампсії) передчасні пологи до 37-го тижня відбулися у 15,9% (14/88) випадків, зокрема відзначено 1 (7,1%) випадок у терміні 26–27 тиж., пов'язаний із передчасним відшаруванням нормально розташованої плаценти та антенатальною загибеллю плода на тлі преєклампсії помірного ступеня, 2 (14,3%) випадки в терміні 30–33 тиж., зумовлені тяжкою преєклампсією, що не піддавалась медикаментозній корекції, та 11 (78,6%) випадків у терміні 33–36^{тж} тиж. У групі II (контролю) всі вагітні мали своєчасні (термінові) пологи.

Розродження шляхом кесаревого розтину у групі I (преєклампсії) проведено у 26,1% (23/88) випадків. Показання до оперативного розродження включали прогресування преєклампсії до тяжкого ступеня без ефекту від медикаментозного лікування – 34,7% (8/23), дистрес плода – 43,5% (10/23), передчасне відшарування нормально розташованої плаценти – 17,4% (4/23), слабкість пологової діяльності – 4,4% (1/23). У групі II (контролю) кесарів розтин проведено у 9,6% (5/52) випадків: у 40% (2/5) – через дистрес плода, зумовлений обвиттям пуповини навколо ший з компресією; у 20% (1/5) – клінічно вузький таз; у 40% (2/5) – аномалії пологової діяльності.

У групі I (преєклампсії) народилося 88 немовлят, з них 98,9% (87/88) – живими, 1,1% (1/88) – мертвонародженими (антенатальна асфіксія на тлі гострого дистресу плода при передчасному відшаруванні плаценти на 26–27-му тижні). Перинатальна смертність становила 11,4%. У групі II (контролю) народжено 52 (100%) живих немовлят.

Серед живонароджених групи I (преєклампсії) у стані гіпоксії народилося 25,0% (22/88) немовлят, що перевищувало показник групи контролю – 3,8% (2/52) ($p < 0,05$). Оцінка за шкалою Апгар 8–10 балів встановлена в 73,9% (65/88) новонароджених групи I (преєклампсії) та 96,2% (50/52) групи II (контролю). Середня маса доношених новонароджених у групі I (преєклампсії) сягала $2860,0 \pm 80,0$ г, у групі II (контролю) – $3480,0 \pm 120,0$ г. Частка немовлят із низькою масою тіла при народженні була достовірно вища в групі I (преєклампсії) – 27,2% (24/88) порівняно з групою II (контролю) – 3,8% (2/52) ($p < 0,05$). Затримку росту плода діагностовано у 20,5% (18/88) новонароджених групи I (преєклампсії), у групі II (контролю) таких випадків не зафіксовано ($p < 0,05$).

■ Захворювання шийки матки (CIN)

■ СПКЯ

■ Порушення МЦ

■ Альгодисменорея

■ Гіперплазія ендометрія

■ Поліп ендометрія

■ Лейоміома матки

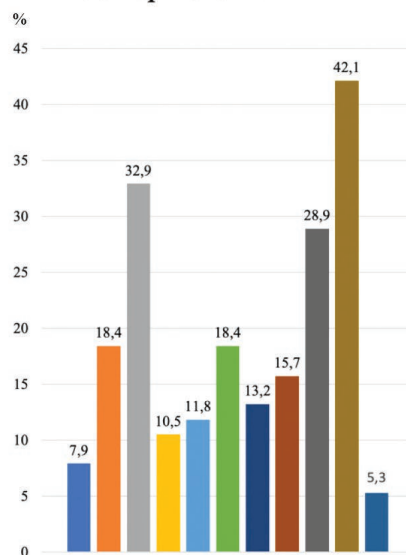
■ Ендометріоз

■ Кісти яєчників

■ Запальні захворювання ОМТ

■ ІПСШ

Група I (преєклампсія)
76 першовагітних



Група II (контроль)
31 першовагітна

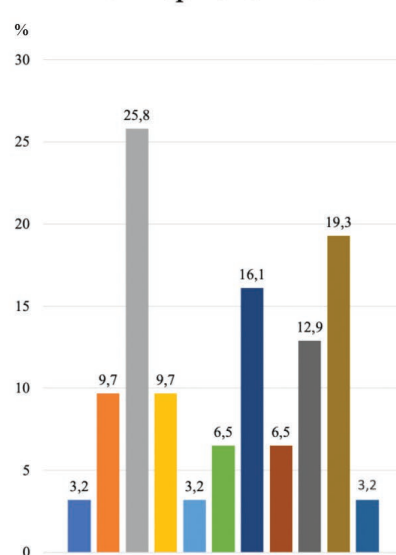


Рис. 4. Структура гінекологічної патології обстежених вагітних

Примітки: СПКЯ – синдром полікістозних яєчників; МЦ – менструальний цикл; ОМТ – органи малого таза; ІПСШ – інфекції, що передаються статевим шляхом.

Новонароджені групи II (контролю) народилися здоровими в 96,2% (50/52) випадків (група I (пре-еклампсії) – 61,4% (54/88), $p < 0,05$). У структурі перинатальної захворюваності новонароджених групи I (пreeклампсії) переважали пренатальна гіпотрофія – 52,9% (18/34), гіпоксично-ішемічне ураження центральної нервової системи – 17,6% (6/34), внутрішньоутробне інфікування – 8,9% (3/34), поєднана патологія – 20,6% (7/34).

Побудова математичної прогностичної моделі персоналізованого розрахунку ризику розвитку пре-еклампсії у першовагітних жінок

Під час аналізу факторів ризику розвитку пре-еклампсії використали метод побудови та аналізу багатогрупних моделей логістичної регресії. Аналіз проводили в групі 140 пацієнток, серед яких у 88 зареєстровано розвиток пре-еклампсії (результатна змінна $P = 1$), а у 52 учасниць пре-еклампсія не спостерігалася (результатна змінна $P = 0$).

Як потенційні фактори ризику розвитку пре-еклампсії розглянуто 33 показники, що охоплюють дані щодо соматичної та гінекологічної захворюваності, віку пацієнток, віку менархе, а також УЗ параметрів, визначених у першій половині вагітності:

- альгодисменорея;
- анемія вагітних;
- безсимптомна бактеріурія;
- вагініт;
- варикозне розширення вен;
- високорезистентний кровотік у маткових артеріях;
- вік > 25 років;
- вік < 25 років;
- вік менархе > 11 років;
- вік менархе < 11 років;
- гіперплазія ендометрія;
- гіперплазія плаценти;
- ендометріоз;
- загрознає невиношування;
- запальні захворювання органів малого таза (ОМТ);
- захворювання опорно-рухового апарату;
- захворювання сечовивідних шляхів;
- захворювання серцево-судинної системи (ССС);
- захворювання шийки матки (CIN);
- захворювання шлунково-кишкового тракту, печінки та жовчовивідних шляхів;
- захворювання щитоподібної залози;
- інфекції, що передаються статевим шляхом;
- кісти плаценти;
- кісти яєчників;
- лейоміома матки;
- надлишкова маса тіла;
- нудота та блювання вагітних;
- перенесений COVID-19;
- поліп ендометрія;
- порушення МЦ;
- ретрохоріальна гематома;
- синдром полікістозних яєчників;
- хвороби органів зору;
- цукровий діабет;
- шкідливі звички (куріння).

Для оцінювання впливу кожного окремого предиктора спочатку застосовано однофакторний аналіз, який дозволяє ідентифікувати потенційні асоціації між змінними. Однак цей підхід не враховує можливих кореляцій між факторами, що може призводити до викривлення оцінок та хибної інтерпретації результатів. З огляду на це, для підвищення точності прогнозування застосовано багатогрупну логістичну регресію, що дає змогу оцінити сукупний вплив кількох змінних, коригуючи їхній взаємний вплив.

Здійснивши аналіз змінних за допомогою однофакторного аналізу, ми виключили малозначущі предиктори.

На наступному етапі для відбору сукупності факторних ознак, пов'язаних із ризиком розвитку пре-еклампсії, застосовували покроковий метод включення/виключення (Stepwise selection) з рівнем значущості для включення $p < 0,05$ та виключення $p > 0,15$. Ця методика дозволила отримати оптимальну комбінацію факторів із найвищою прогностичною цінністю. Коефіцієнти регресії оцінювали з використанням стандартних статистичних методів, зокрема: тесту Вальда (Wald test), рівнів значущості (p -value) та 95% довірчих інтервалів (ДІ).

За результатами покрокового математичного аналізу відібрано 13 ознак: вік менархе, надлишкова маса тіла, захворювання ССС, цукровий діабет, перенесений COVID-19, варикозне розширення вен, порушення МЦ, запальні захворювання ОМТ, кісти яєчників, загрознає невиношування, гіперплазія плаценти, кісти плаценти та високорезистентний кровотік у маткових артеріях.

Значення коефіцієнтів мультифакторної моделі логістичної регресії прогнозування ризику розвитку пре-еклампсії у першовагітних жінок наведені в таблиці.

Модель, побудована на виділеному наборі ознак, є адекватною ($\chi^2 = 45,94$ при 13 ступенях свободи; $p < 0,001$) і може бути виражена формулою:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = 1,7533 + 2,57 \times X_1 + 1,40 \times X_2 + (-0,20) \times X_3 + 2,22 \times X_4 + (-0,55) \times X_5 + 1,03 \times X_6 + 1,09 \times X_7 + (-0,91) \times X_8 + 0,72 \times X_9 + 0,26 \times X_{10} + 1,14 \times X_{11} + (-0,57) \times X_{12} + 14,75 \times X_{13},$$

де X_1 – наявність варикозного розширення вен (1 – так, 0 – ні);

X_2 – наявність високорезистентного кровотоку в маткових артеріях (1 – так, 0 – ні);

X_3 – вік менархе (років);

X_4 – наявність гіперплазії плаценти (1 – так, 0 – ні);

X_5 – наявність загрознає невиношування (1 – так, 0 – ні);

X_6 – наявність запальних захворювань ОМТ (1 – так, 0 – ні);

X_7 – наявність захворювань ССС (1 – так, 0 – ні);

X_8 – наявність кіст плаценти (1 – так, 0 – ні);

X_9 – наявність кіст яєчників (1 – так, 0 – ні);

X_{10} – наявність надлишкової маси тіла (1 – так, 0 – ні);

X_{11} – наявність перенесеного COVID-19 (1 – так, 0 – ні);

X_{12} – наявність порушень МЦ (1 – так, 0 – ні);

X_{13} – наявність цукрового діабету (1 – так, 0 – ні).

Коефіцієнти моделі логістичної регресії прогнозування ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок

Факторна ознака	Значення коефіцієнта моделі, $b \pm m$	Рівень значущості відмінності коефіцієнта моделі від 0, p	Показник відношення шансів (95% ДІ)
Варикозне розширення вен	$2,57 \pm 1,35$	0,056	4,87 [0,91–26,00]
Високорезистентний кровотік у маткових артеріях	$1,40 \pm 0,49$	0,004	4,04 [1,55–10,50]
Вік менархе < 11 років	$-0,20 \pm 0,12$	0,081	0,81 [0,65–1,03]
Гіперплазія плаценти	$2,22 \pm 1,40$	0,113	9,21 [0,59–144,00]
Загрозливе невиношування	$-0,55 \pm 0,79$	0,491	0,58 [0,12–2,74]
Запальні захворювання ОМТ	$1,03 \pm 0,73$	0,162	2,79 [0,66–11,80]
Захворювання ССС	$1,09 \pm 0,91$	0,229	2,97 [0,50–17,60]
Кісти плаценти	$-0,91 \pm 1,16$	0,437	0,40 [0,04–3,96]
Кісти яєчників	$0,72 \pm 1,04$	0,486	2,06 [0,27–15,70]
Надлишкова маса тіла	$0,26 \pm 0,86$	0,760	1,30 [0,24–7,09]
Перенесений COVID-19	$1,14 \pm 0,59$	0,054	3,14 [0,98–10,10]
Порушення МЦ	$-0,57 \pm 0,80$	0,476	0,57 [0,12–2,71]
Цукровий діабет	$14,75 \pm 1012,18$	0,988	Inf (немає випадків у групі контролю)

На рис. 5 наведено криву (ROC – Receiver Operating Characteristic) операційних характеристик прогностичної моделі персоналізованого розрахунку ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок.

Площа під кривою операційних характеристик (Area Under the Curve) AUC = 0,821 (95% ДІ [0,75–0,893]), що свідчить про добру дискримінативну здатність моделі передбачати ризик розвитку прееклампсії на основі вищевказаних факторів ризику. Для вибору оптимального граничного значення тесту ми використали метод розрахунку Йодена (Yoden's J index).

Таким чином, оптимальне граничне значення для тесту визначено рівним $P_{\text{гр.}} = 0,507$. Згідно з критерієм: якщо ймовірність для вагітної $P \geq P_{\text{гр.}}$ – прогнозується ризик «випадку» (виникнення прееклампсії); при $P < P_{\text{гр.}}$ – прогнозується «не випадок» (див. рис. 5).

При обраному порозі прийняття рішення $P_{\text{гр.}} = 0,507$ прогнозування ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок за допомогою багатофакторної моделі логістичної регресії становить 71,6% (95% ДІ [61,0–80,7]), специфічність моделі – 78,8% (95% ДІ [65,3–88,9]), прогностична значущість позитивного результату моделі – 85,1% (95% ДІ [75,0–92,3]), прогностична значущість негативного результату моделі – 62,1% (95% ДІ [49,3–73,8]).

Процес реалізації моделі ми адаптували для зручності користувачів, зокрема медичних працівників, які мають можливість здійснювати прогнозування без необхідності володіти спеціальними програмними навичками чи мати доступ до складного програмного забезпечення. На основі математичних коефіцієнтів, отриманих у результаті логістичної регресії, ми створили формулу, яка враховує вплив кожного з факторів на загальний ризик розвитку прееклампсії, та інтегрували в середовище Microsoft Excel, що дає змогу швидко і точно обчислювати прогноз за допомогою простого введення відповідних даних.

У таблиці Excel кожен фактор ризику (наприклад, наявність варикозу, порушення МЦ, наявність запальних захворювань ОМТ тощо) представлений у

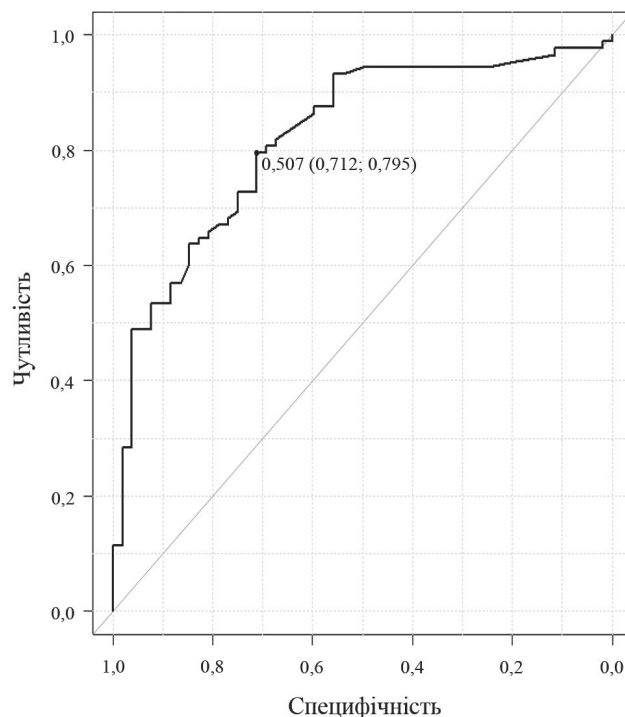


Рис. 5. ROC-крива багатофакторної моделі прогнозування ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок із визначенням оптимальної межі

вигляді комірки, де вводяться відповідні значення – для бінарних змінних (1 – так, 0 – ні) або фактичні значення для неперервних змінних, як-от вік менархе. Після введення даних система автоматично виконує обчислення на основі формули логістичної регресії та надає результат у вигляді ймовірності розвитку прееклампсії у конкретній вагітній. Оскільки обчислення здійснюються безпосередньо в Excel, користувач отримує прогноз миттєво, натискаючи лише одну клавішу Enter (рис. 6 та 7).

Фактор		Значення
1	Наявність варикозного розширення вен (1 – так, 0 – ні)	0
2	Наявність високорезистентного кровотоку в маткових артеріях (1 – так, 0 – ні)	1
3	Вік менархе (років)	11
4	Наявність гіперплазії плаценти (1 – так, 0 – ні)	0
5	Наявність загрозливого невиношування (1 – так, 0 – ні)	1
6	Наявність запальних захворювань ОМТ (1 – так, 0 – ні)	1
7	Наявність захворювань CCC (1 – так, 0 – ні)	0
8	Наявність кіст плаценти (1 – так, 0 – ні)	1
9	Наявність кіст яєчників (1 – так, 0 – ні)	0
10	Наявність надлишкової маси тіла (1 – так, 0 – ні)	1
11	Наявність перенесеного COVID-19 (1 – так, 0 – ні)	0
12	Наявність порушень МЦ (1 – так, 0 – ні)	1
13	Наявність цукрового діабету (1 – так, 0 – ні)	0
14	Ймовірність прееклампсії	0,55

Рис. 6. Інтерфейс системи прогнозування ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок (приклад розрахунку високого ризику)

Така реалізація моделі дозволяє лікарям акушерам-гінекологам і лікарям загальної практики – сімейної медицини швидко оцінити ризики для кожної пацієнтки без необхідності додаткових навчань або складних налаштувань. Для цього достатньо базових навичок роботи з Microsoft Excel, що робить інструмент доступним навіть для фахівців, які не мають глибоких знань у галузі статистики чи програмування.

ВИСНОВКИ

Визначено ознаки, пов'язані з ризиком розвитку прееклампсії: вік менархе, надлишкова маса тіла, захворювання CCC, цукровий діабет, перенесений COVID-19,

Фактор		Значення
1	Наявність варикозного розширення вен (1 – так, 0 – ні)	0
2	Наявність високорезистентного кровотоку в маткових артеріях (1 – так, 0 – ні)	0
3	Вік менархе (років)	12
4	Наявність гіперплазії плаценти (1 – так, 0 – ні)	0
5	Наявність загрозливого невиношування (1 – так, 0 – ні)	1
6	Наявність запальних захворювань ОМТ (1 – так, 0 – ні)	1
7	Наявність захворювань CCC (1 – так, 0 – ні)	0
8	Наявність кіст плаценти (1 – так, 0 – ні)	1
9	Наявність кіст яєчників (1 – так, 0 – ні)	1
10	Наявність надлишкової маси тіла (1 – так, 0 – ні)	1
11	Наявність перенесеного COVID-19 (1 – так, 0 – ні)	0
12	Наявність порушень МЦ (1 – так, 0 – ні)	1
13	Наявність цукрового діабету (1 – так, 0 – ні)	0
14	Ймовірність прееклампсії	0,34

Рис. 7. Інтерфейс системи прогнозування ризику розвитку прееклампсії у першовагітних жінок (приклад розрахунку низького ризику)

варикозне розширення вен, порушення МЦ, запальні захворювання ОМТ, кісти яєчників, загрозливе невиношування, гіперплазія плаценти, кісти плаценти та високорезистентний кровотік у маткових артеріях.

Модель, побудована на зазначених ознаках, дозволяє з чутливістю 71,6% (95% ДІ [61,0–80,7]) та специфічністю 78,8% (95% ДІ [65,3–88,9]) прогнозувати ризик розвитку прееклампсії у першовагітних жінок.

Отже, завдяки доступності та простоті використання, розроблена нами модель є важливим інструментом для підвищення ефективності медичного обслуговування та збереження здоров'я матері та дитини у складних умовах.

Відомості про авторів

Бенюк Василь Олексійович – Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ. *E-mail:* beniukdoc@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5984-3307

Комар Вікторія Миколаївна – Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ

ORCID: 0009-0008-7193-1984

Information about the authors

Beniuk Vasyli O. – Bogomolets National Medical University, Kyiv. *E-mail:* beniukdoc@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5984-3307

Komar Viktoriia M. – Bogomolets National Medical University, Kyiv

ORCID: 0009-0008-7193-1984

ПОСИЛАННЯ

- Abalos E, Cuesta C, Carroli G, Qureshi Z, Widmer M, Vogel JP, et al. Pre-eclampsia, eclampsia and adverse maternal and perinatal outcomes: A secondary analysis of the World Health Organization Multicountry Survey on Maternal and Newborn Health. *BJOG*. 2014;121(11):14-24. doi: 10.1111/1471-0528.12629.
- Hoffman MK. The great obstetrical syndromes and the placenta. *BJOG*. 2023;130(3):8-15. doi: 10.1111/1471-0528.17613.
- Ford JB, Schemann K, Patterson JA, Morris J, Herbert RD, Roberts CL. Triggers for preeclampsia onset: A case-crossover study. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2016;30(6):555-62. doi: 10.1111/ppe.12316.
- Paré E, Parry S, McElrath TF, Pucci D, Newton A, Lim KH. Clinical risk factors for preeclampsia in the 21st century. *Obstet Gynecol*. 2014;124(4):763-70. doi: 10.1097/AOG.0000000000000451.
- Reddy M, Rolnik DL. Preventing pre-eclampsia and its complications. The Continuous Textbook of Women's Medicine Series – Obstetrics Module, Volume 2: Health and risk in pregnancy and childbirth [Internet]. In: Hanson C, Vousden N, editors. *Glob Lib Women's Med*. 2022. doi: 10.3843/GLOWM.416343.
- World Health Organization. WHO recommendation: Prevention and treatment of pre-eclampsia and eclampsia [Internet]. Geneva: WHO; 2011. 38 p. Available from: <https://www.who.int/publications/item/9789241548335>.

Стаття надійшла до редакції 21.04.2025. – Дата першого рішення 25.04.2025. – Стаття подана до друку 29.05.2025