

УДК 616.98:579.882.11;616.9-07;616-036.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-2008-2026-1-3>

О. Л. Івахів <https://orcid.org/0000-0003-1917-1814>
А. С. Сверстюк <https://orcid.org/0000-0001-8644-0776>
Н. Ю. Вишнеvsька <https://orcid.org/0000-0002-6912-9481>
Ю. А. Вишнеvsька <https://orcid.org/0009-0007-5547-5029>

ДІАГНОСТИКА, ФАКТОРИ РИЗИКУ ТА БАГАТОФАКТОРНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЯЖКОГО ПЕРЕБІГУ ЛЕПТОСПІРОЗУ

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна

УДК 616.98:579.882.11;616.9-07;616-036.8

О. Л. Івахів, А. С. Сверстюк, Н. Ю. Вишнеvsька, Ю. А. Вишнеvsька
**ДІАГНОСТИКА, ФАКТОРИ РИЗИКУ ТА БАГАТОФАКТОРНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЯЖКОГО ПЕРЕБІГУ
ЛЕПТОСПІРОЗУ**

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, Тернопіль, Україна

Проаналізовано клінічні та лабораторні дані 60 пацієнтів із лептоспірозом. За допомогою багатофакторного регресійного підходу оцінено різні параметри хворих для виявлення незалежних предикторів тяжкості перебігу інфекції.

Ідентифіковано ключові предиктори тяжкого перебігу лептоспірозу. До них належать: сезонність, початковий діагноз, блювання, біль у литкових м'язах, серовар лептоспір, вік пацієнта, час початку антибіотикотерапії, розміри печінки та селезінки, кількість паличкоядерних лейкоцитів, величина ШОЕ, наявність олігоанурії, кількість еритроцитів і білка в сечі.

Розроблені алгоритм і математична модель дають можливість вчасно оцінити ризик розвитку тяжкого перебігу лептоспірозу, призначити адекватну терапію і запобігти несприятливим наслідкам, знизити летальність.

Ключові слова: лептоспіроз, діагностика, прогнозування, багатофакторна модель.

UDC 616.98:579.882.11;616.9-07;616-036.8

O. L. Ivakhiv, A. S. Sverstiuk, N. Yu. Vyshnevskaya, Yu. A. Vyshnevskaya
**DIAGNOSIS, RISK FACTORS, AND MULTIFACTORIAL MODEL FOR PREDICTING SEVERE
LEPTOSPIROSIS**

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine

Introduction. Leptospirosis is a common zoonotic infection with high mortality. Despite increasing incidence, diagnosis and severity assessment remain inadequate due to varied clinical signs and limitations of current diagnostic methods.

The aim of this study was to stratify the risk coefficient for an unfavorable course of leptospirosis based on a developed mathematical prediction model.

Materials and methods. Clinical and laboratory data from 60 leptospirosis patients were analyzed using multifactorial regression to identify independent predictors of severe disease.

Results. Significant predictors of severe leptospirosis included: seasonality, initial diagnosis, vomiting, calf pain, serovar type, age, delayed antibiotic therapy, hepatosplenomegaly, neutrophil count, ESR, and urinary changes (diuresis, erythrocytes, protein). The regression model showed high prognostic value for early detection of patients at risk of severe disease.

Conclusions. The proposed algorithm and model enable reliable early assessment of severe leptospirosis risk, support timely treatment, and help prevent complications and reduce mortality.

Keywords: leptospirosis, diagnosis, prediction, multifactorial model.

Вступ

Лептоспіроз – одна з найпоширеніших у світі зоонозних інфекцій, що становить загрозу здоров'ю та життю людей і є тягарем для глобальної охорони

здоров'я. Щорічно реєструється близько 1,03 млн випадків захворювання, з них 58 900 завершуються летально. Особливо висока захворюваність на лептоспіроз відзначається в країнах Латинської Америки та Південно-Східної Азії [1–3].

Натепер в Україні проблема лептоспірозу надзвичайно актуальна. Епідеміологічна ситуація в країні значно ускладнилася з початком широкомасштабної війни. Суттєво підвищився ризик інфікування лептоспірами не лише цивільних людей, а й військовослужбовців,

© О. Л. Івахів, А. С. Сверстюк, Н. Ю. Вишнеvsька та ін., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії



особливо в прифронтових регіонах через неможливість дотримуватися санітарних норм, потенційний контакт із гризунами, які є джерелом і резервуаром збудників, користування водою з відкритих водойм, забруднених сечею гризунів, тощо [4–6].

За перші вісім місяців 2024 року в Україні зареєстрували 230 випадків лептоспірозу, що на 63 % більше порівняно з аналогічним періодом 2023 року. Особливо високі показники захворюваності були в серпні (83 випадки). Регіонами з найбільшою кількістю хворих стали Чернігівська та Тернопільська області [7].

Клінічні прояви лептоспірозу надзвичайно різноманітні – від легкого катару верхніх дихальних шляхів до тяжких форм із гострою нирковою недостатністю, інтенсивною жовтяницею та вираженим геморагічним синдромом, що в 10–15 % випадків завершується летально [1; 8; 9]. В Україні захворювання має тяжкий перебіг у понад 70 % госпіталізованих хворих і може потребувати реанімаційного втручання. Летальність від лептоспірозу становить близько 20 % [7].

Сучасна лабораторна діагностика лептоспірозу ґрунтується на серологічних тестах, зокрема реакції аглютинації-лізису (РАЛ) із лептоспірами, і молекулярно-генетичних методах, як-от полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР) [10–11].

Швидке виявлення хворих із високим ризиком тяжкого перебігу лептоспірозу є надзвичайно важливим, оскільки такі пацієнти потребують негайної інтенсивної терапії та постійного моніторингу. Фактори, відповідальні за можливий розвиток тяжких форм лептоспірозу, наразі чітко не встановлені [12–13]. На думку багатьох клініцистів, вони пов'язані як із збудником (вірулентність штаму *Leptospira*, величина інфікувальної дози та ін.), так і з господарем (генетична схильність, супутні захворювання тощо).

Натепер, за даними багатьох зарубіжних науковців, машинне навчання (МН) і глибоке навчання (ГН) стали потужними інструментами у сфері виявлення та лікування різних захворювань [14]. МН передбачає навчання комп'ютерів застосовувати минулий досвід для вирішення нових проблем, використовуючи алгоритми, які дають можливість машині виявляти закономірності, на підставі отриманих даних прогнозувати й виробляти обґрунтовані рішення.

Щодо лептоспірозу, то МН може аналізувати епідеміологічну ситуацію щодо хвороби на певній території, великі об'єми клінічних і лабораторних даних, щоб виявити закономірності та взаємозв'язки, яких не знаходять за допомогою традиційних статистичних методів [14–16]. Ця можливість є особливо цінною в умовах обмеженого доступу до сучасних методів специфічної діагностики хвороби, оскільки дає змогу раніше й точніше встановити діагноз лептоспірозу, скорочуючи час до призначення адекватного лікування, що покращить його результати.

Моделювання можливості розвитку тяжких форм лептоспірозу є перспективним напрямом у клінічній інфектології. Розробка й застосування прогностичних моделей дають змогу ідентифікувати пацієнтів із високим ризиком розвитку ускладнень ще на ранніх стадіях захворювання, що має вирішальне значення для

своєчасної оптимізації терапії. Такі моделі зазвичай ґрунтуються на багатофакторному аналізі, що охоплює епідеміологічні дані, клінічні прояви, лабораторні показники та демографічні характеристики пацієнтів. Використання статистичних методів, як-от множинний регресійний аналіз, дає можливість кількісно оцінити вплив кожного фактора ризику на ймовірність розвитку несприятливого перебігу інфекції [16; 17]. Прогностичні моделі сприяють підвищенню точності діагностики лептоспірозу, індивідуалізації лікування та, як наслідок, зниженню показників захворюваності та смертності від цієї хвороби.

Мета. Метою дослідження була стратифікація коефіцієнта ризику несприятливого перебігу на ранніх стадіях лептоспірозу (КРНПЛ) на основі розробленої математичної моделі прогнозування.

Матеріали та методи дослідження

Проаналізовано 60 медичних карт стаціонарного хворого пацієнтів із лептоспірозом середнього та тяжкого ступенів, які з 2020 по 2025 рік перебували на стаціонарному лікуванні в інфекційних відділеннях КНП «Тернопільський регіональний фтизіопульмонологічний медичний центр» ТОР і КНП «Тернопільська міська клінічна лікарня швидкої допомоги», а також у нефрологічному та реанімаційному відділеннях КНП «Тернопільська обласна клінічна лікарня» ТОР. Включення пацієнтів у дослідження здійснювали за критеріями, що забезпечували однорідність вибірки за тяжкістю хвороби, підтвердженої специфічними лабораторними методами.

Це дослідження проведено після схвалення комітетом з етики людини ТНМУ імені І. Я. Горбачевського МОЗ України (протокол № 14 від 23 листопада 2021 р.). Пацієнти надали інформовану згоду на обробку їх персональних даних.

Статистичну обробку отриманих результатів дослідження здійснювали з використанням статистичного пакета Statistica 10.0 і табличного редактора Microsoft Excel 2007.

Як математичну модель було застосовано метод регресійного аналізу [16], який дає можливість за даними коефіцієнтів регресії та значень факторів ризику, що мають статистично достовірний вплив на несприятливий перебіг лептоспірозу, виявити залежність між ними та спрогнозувати ймовірності розвитку тяжких форм хвороби з можливим летальним наслідком.

Для оцінювання якості регресійної моделі було ретельно проаналізовано залишкові відхилення. Зокрема, для перевірки нормальності розподілу залишкових відхилень побудовані їх гістограма, а також нормально-ймовірнісний графік. Це є критично важливим для підтвердження коректності застосування регресійного аналізу. Для перевірки незалежності залишкових відхилень від прогнозованих значень і виявлення потенційних закономірностей, що могли б вказувати на порушення припущень моделі, створювали діаграму розсіювання. Додаткову оцінку якості математичної моделі проводили за допомогою аналізу коефіцієнта детермінації Нейджелкерка (R^2) [17]. Цей показник характеризує частку дисперсії залежної змінної і є важливим кри-

терієм пояснювальної здатності моделі. Прийнятність моделі для прогнозування КРНПЛ оцінювали за допомогою дисперсійного аналізу (ANOVA), який дає змогу визначити статистичну значущість моделі загалом та її здатність пояснювати варіабельність залежної змінної.

Результати дослідження та їх обговорення

Хворі були госпіталізовані здебільшого на 4–9-й день недуги – 32 пацієнти (53,3 %), 16(26,7 %) – до 4-го дня, а решта – 12 осіб (20,0 %) – після 10-го дня від початку захворювання.

Серед госпіталізованих чоловіки становили більшість – 48 осіб (80,0 %), жінок було 12(20,0 %). Цей гендерний розподіл відповідає епідеміологічним особливостям лептоспірозу, який частіше реєструється в чоловіків через їх професійну діяльність або хобі, пов'язані з контактом із забрудненою водою та ґрунтом. Розподіл за місцем проживання був майже рівномірним: 52,0 % пацієнтів проживали в сільській місцевості, а 48,0 % – у містах. Хворі були віком від 18 до 69 років, тобто належали до найбільш активної та працездатної частини населення, яка схильна до інфікування лептоспірами (рис. 1).

Випадки лептоспірозу реєстрували переважно в літньо-осінній період. Найвищу захворюваність відзначали від серпня по листопад – 60,0 % випадків. Це можна пояснити підвищеною активністю населення та більшою імовірністю контактувати з джерелами збудника, потенційно зараженими водоймами тощо.

У подальшому в пацієнтів з'ясовували можливі шляхи зараження лептоспірами. Часто в однієї особи таких шляхів було декілька. Встановлено, що основним можливим шляхом інфікування (80,0 % випадків) під час виконання господарських робіт був контакт із предметами, забрудненими сечею гризунів. Іншими можливими шляхами зараження були купання у водоймах і риболовля (по 20,0 % випадків), укуси гризунів і перебування в польових умовах, де були гризуни (по 8,0 %). Важливо відзначити, що у 36,0 % хворих виявлено пошкодження шкіри рук, які могли слугувати вхідними воротами для лептоспір.

Хворі (60,0 %) мали таку супутню патологію: метаболічна кардіоміопатія, хронічний панкреатит із порушенням секреторної функції, гіпохромна анемія, артеріальна гіпертензія, хронічний гепатит, цукровий діабет II типу.

Клінічний перебіг захворювання демонстрував значний поліморфізм. у 32,0 % випадків спостерігали типовий варіант – поєднання гарячки, диспепсичних проявів, болів у литкових м'язах та ознак ренального або гепаторенального синдрому. Натомість у 68,0 % пацієнтів захворювання імітувало інші патологічні стани, що ускладнювало своєчасну діагностику. Зокрема, у 28,0 % хворих лептоспіроз перебігав на кшталт гострого респіраторного захворювання (ГРЗ), у 20,0 % – пневмонії, у 12,0 % – вірусного гепатиту, у 4,0 % – нефропатії та у 4,0 % випадків – патології шлунково-кишкового тракту.

Найчастішими зареєстрованими в пацієнтів симптомами були: гарячка (92,0 %), загальна слабкість (88,0 %), болі в литкових м'язах (68,0 %), диспепсичні прояви (нудота, блювання, біль у животі, 44,0 %), темно-коричневий колір сечі (48,0 %), жовтяниця (30,0 %), сухість у роті (36,0 %) і головний біль (24,0 %). З боку сечовидільної системи у 60,0 % хворих відзначали олігоанурію, а у 8,0 % осіб під час госпіталізації спостерігали поліурію. Збільшення печінки діагностовано в усіх пацієнтів, селезінки – у 34(56,7 %). у 15(25 %) хворих були прояви геморагічного синдрому – петехії на шкірі та крововиливи в місцях ін'єкцій та кон'юнктиви, носові кровотечі, а також порушення згортання крові.

У загальному аналізі крові відзначали лейкоцитоз до $27,39 \times 10^{12}$ /л, паличкоядерний зсув – у 40 осіб (66,7 %), тромбоцитопенію – у 15(25 %), суттєво збільшену ШОЕ до 52 мм/год – у 50 %. Рівень сечовини в крові в обстежених був від 7,3 до 41,2 ммоль/л, креатиніну – від 117 до 892 мкмоль/л. у 18(30 %) пацієнтів діагностували жовтяничну форму лептоспірозу. Під час госпіталізації рівень білірубіну в крові пацієнтів становив від 40 до 429 мкмоль/л, переважно за рахунок прямої фракції, водночас активність АЛАТ і АсАТ

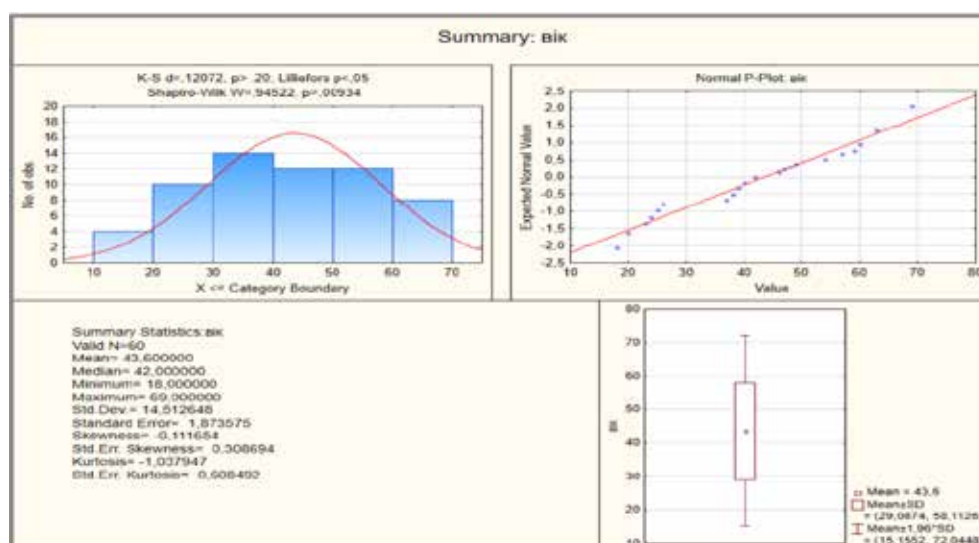


Рис. 1. Розподіл пацієнтів за віком

лише в 10,0 % осіб перевищувала норму в 10 разів, а в решті в середньому становила ($118,4 \pm 24,8$) і ($155,8 \pm 26,3$) Од/л відповідно. Зміни в сечі (діурез, наявність еритроцитів, лейкоцитів, кількість білка) відзначено у всіх пацієнтів.

Діагноз лептоспірозу підтверджено лабораторно, здебільшого (93,3 %) за допомогою РАЛ із лептоспірами. Крім того, на ранніх стадіях захворювання, коли антитіла ще можуть не утворитися, використовували ПЛР крові для виявлення ДНК лептоспір (у 56,7 % випадків).

Усім пацієнтам одразу призначали антибіотики – цефалоспори (цефепім, цефазолін; цефотрим, цефтизидим); патогенетичну терапію (дезінтоксикаційні засоби, глюкокортикоїди, сечогінні, антигеморагічні засоби).

Метод багатофакторного математичного аналізу дав змогу створити модель прогнозування КРНПЛ на основі спільного впливу низки епідеміологічних, клінічних і лабораторних показників, ідентифікованих у пацієнтів.

Для побудови математичної моделі прогнозування відібрано ймовірні чинники, що впливають на КРНПЛ. у групу незалежних предикторів включили якісні фак-

тори ризику прогресування і встановили їх градацію із числових значень: стать, місцевість проживання, сезонність, наявність супутньої патології, початковий діагноз; скарги під час госпіталізації: гарячка, нудота, блювання, біль у литкових м'язах, головний біль, загальна слабкість, колір шкіри та сечі, серovar лептоспір; і кількісні: вік, тривалість симптомів до госпіталізації та призначення антибіотикотерапії, розміри печінки та селезінки, кількість лейкоцитів (окремо паличкоядерних), тромбоцитів, ШОЕ, рівень креатиніну та сечовини в крові; зміни в сечі – діурез, наявність еритроцитів, лейкоцитів, кількість білка.

За допомогою багатофакторного регресійного аналізу виділено 14 найбільш значущих факторів ризику, за якими можна провести прогностичний аналіз ймовірності КРНПЛ (табл. 1).

Наступним етапом було встановлення відносної важливості факторів у прогнозуванні КРНПЛ із визначенням коефіцієнтів регресії Beta, які відображають для кожного включеного в аналіз фактора відношення щодо шансів впливу на розвиток несприятливого перебігу лептоспірозу в обстежених пацієнтів (табл. 2).

Таблиця 1

Фактори ризику виникнення КРНПЛ, їх індексація

Фактори	Умовні позначення факторів у математичній моделі прогнозування	Факторні діапазони та назви їх можливих варіантів	Числові значення факторних діапазонів
1	2	3	4
Вік, роки	X1	18–25	1
		26–44	2
		45–60	3
		61–75	4
Тривалість симптомів до госпіталізації, дні	X2	до 3	1
		4–9	2
		10 і більше	3
Попередній діагноз	X3	лептоспіроз	0
		ГРЗ	1
		пневмонія	2
		гепатит	3
		нефрит	4
		інші хвороби	5
Блювання	X4	немає	0
		є	1
Болі в литкових м'язах	X5	немає	0
		є	1
Олігоанурія	X6	діурез достатній	0
		олігурія	1
		анурія	2
Розміри печінки	X7	не збільшена	0
		збільшена	1
Розміри селезінки	X8	не збільшена	0
		збільшена	1
Збудник	X9	<i>L. icterohaemorrhagiae</i>	1
		<i>L. canicola</i>	2
		<i>L. grippotyphosa</i>	3
		<i>L. hebdomadis</i>	4
		<i>L. australis</i>	5
		<i>L. pomona</i>	6

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Пора року	X10	літо	1
		осінь	2
		зима	3
		весна	4
Відсоток паличкоядерних лейкоцитів	X11	до 5	0
		6–10	1
		11–20	2
		понад 20	3
ШОЕ, мм/год	X12	норма	0
		до 30 мм/год	1
		понад 30 мм/год	2
Кількість еритроцитів у сечі в полі зору	X13	до 3	0
		понад 3	1
Наявність білка в сечі	X14	немає	0
		є	1

Таблиця 2

Результати отримання значущих факторів для прогнозування КРНПЛ під час проведення багатфакторного регресійного аналізу в програмі Statistica 10.0

N = 60	Regression Summary for Dependent Variable: КРНПЛ (1 in 11) R= ,96124760 R²= ,92399694 Adjusted R²= ,89808681 F(15,44)=35,662 p<0,0000 Std.Error of estimate: ,26822					
	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(44)	p-value
Предиктори			1,14430	0,306425	3,73435	0,000538
X1	0,511273	0,075663	0,02960	0,004380	6,75726	0,000000
X2	-0,214423	0,066120	-0,02767	0,008534	-3,24292	0,002260
X3	0,246339	0,054609	0,11851	0,026272	4,51094	0,000048
X4	0,304314	0,065819	0,68033	0,147146	4,62349	0,000033
X5	-0,607257	0,079747	-1,03276	0,135625	-7,61483	0,000000
X6	-0,393687	0,061093	-0,35955	0,055796	-6,44407	0,000000
X7	0,863418	0,106223	0,83688	0,102958	8,12836	0,000000
X8	-0,386631	0,078429	-0,59904	0,121516	-4,92969	0,000012
X9	-0,317005	0,055383	-0,16370	0,028600	-5,72387	0,000001
X10	-0,282839	0,061589	-0,22758	0,049556	-4,59236	0,000037
X11	-0,117214	0,048207	-0,00714	0,002936	-2,43149	0,019177
X12	0,297664	0,053309	0,01139	0,002039	5,58375	0,000001
X13	0,271796	0,051352	0,02897	0,005473	5,29286	0,000004
X14	0,329269	0,058080	1,10412	0,194755	5,66925	0,000001

Примітки: b – коефіцієнт регресії, Std. Err. of b – стандартна похибка, p-value – значення p.

Фактори ризику, в яких рівень значущості p-value > 0,05, були виключені з аналізу. Рівень значущості у 184 факторів ризику становив p < 0,05, тому їх було включено в нашу математичну модель.

На основі отриманих результатів (табл. 2) побудовано математичну модель для визначення КРНПЛ (1):

$$\text{КРНПЛ} = 0,02960 \times X1 - 0,02767 \times X2 + 0,11851 \times X3 + 0,68033 \times X4 - 1,03276 \times X5 - 0,35955 \times X6 + 0,83688 \times X7 - 0,59904 \times X8 - 0,16370 \times X9 - 0,22758 \times (X10) - 0,00714 \times (X11) + 0,01139 \times (X12) + 0,02897 \times (X13) + 1,10412 \times (X14) + 1,14430,$$
 (1)
де КРНПЛ – коефіцієнт ризику несприятливого перебігу лептоспірозу; X1–X14 – фактори ризику з коефіцієнтами регресії.

Для оцінювання якості регресійної моделі проаналізовано залишкові відхилення, зокрема отримано їх гістограму (рис. 2). Як видно з гістограми, залишкові відхилення розподілені симетрично й наближаються до кривої нормального розподілу. Отже, статистична гіпотеза про відповідність розподілу залишків нормальному закону не відхиляється.

З метою додаткового підтвердження залишкових відхилень нормальному закону розподілу було побудовано нормально-ймовірнісний графік (рис. 3). Аналізуючи його дані, зауважуємо відсутність систематичних відхилень від нормально-ймовірнісної прямої. Це дає підстави стверджувати, що залишкові відхилення розподілені за нормальним законом розподілу.

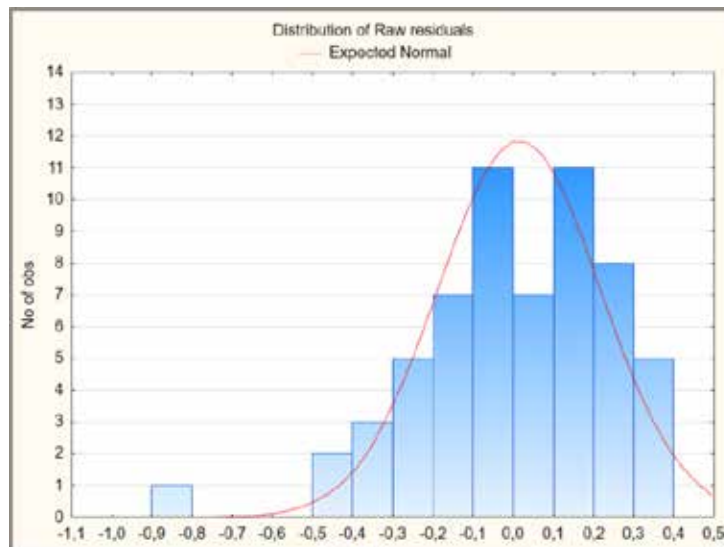


Рис. 2. Гістограма залишкових відхилень багатфакторної регресійної моделі прогнозування КРНПЛ

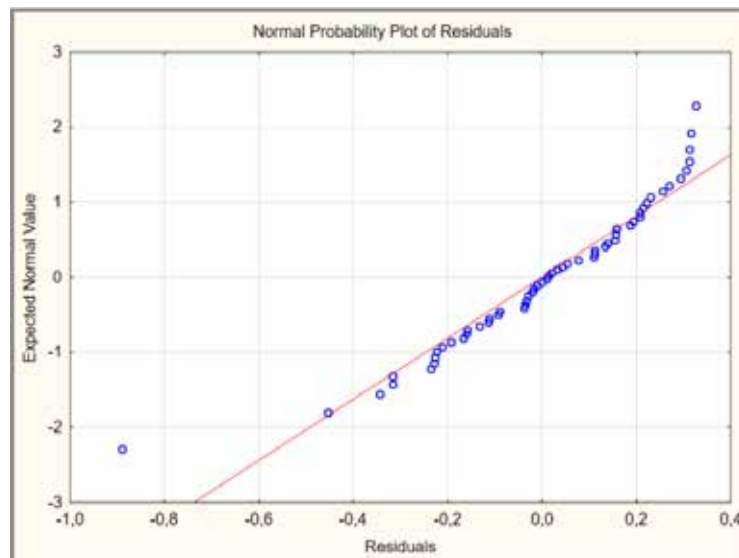


Рис. 3. Нормально-ймовірнісний графік залишкових відхилень багатфакторної регресійної моделі прогнозування КРНПЛ

Для оцінки прийняття моделі загалом провели аналіз ANOVA (табл. 3). Під час аналізу отриманих даних встановлено високий рівень прийняття моделі прогнозування КРНПЛ загалом, оскільки рівень значущості $p < 0,001$, а сама модель за використання середніх значень працюватиме краще за простий прогноз.

Таблиця 3

Результати аналізу ANOVA					
Analysis of Variance, DV: КРНПЛ (1 in 111)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	38.48447	15	2.565632	35.66161	0.000000
Residual	3.16553	44	0.071944		
Total	41.65000				

Для додаткового оцінювання якості математичної моделі КРНПЛ проаналізовано коефіцієнт детермінації Нейджелкерка (R^2), який показує, яка частина фак-

торів врахована в прогнозуванні. Коефіцієнт детермінації змінюється від 0 до 1. Чим більше його значення наближається до 1, тим якісніша багатфакторна регресійна модель. у запропонованій математичній моделі КРНПЛ коефіцієнт детермінації становить $R^2 = 0,924$ (у програмі Statistica 10.0 $R^2 = 0,92399694$, табл. 2). Отже, 92,4 % факторів враховано в моделі прогнозування ризику розвитку тяжкого перебігу лептоспірозу.

Отже, серогрупа лептоспір, зокрема *L. Icterohaemorrhagiae*, частіше асоціювалася з тяжкими формами лептоспірозу [8; 11]. Ключовим фактором тяжкого перебігу хвороби був ще й час початку антибактерійної терапії, що збігається з даними інших науковців [10; 18; 19]. Іншим важливим предиктором став вік хворого. Відзначено чітку тенденцію до тяжкого перебігу захворювання зі збільшенням віку пацієнта. Інші дослідники описували вік як предиктор вищої смертності від цієї

інфекції [1; 13; 18]. Ще одним предиктором була чоловіча стать пацієнта, що, мабуть, зумовлено гендерно-специфічною професійною та побутовою ризикованою діяльністю [18]. З лабораторних параметрів на момент госпіталізації хворого мали прогностичне значення високі рівні креатиніну та білірубину в крові, активність амінотрансфераз, кількість лейкоцитів у крові, у тому числі паличко-ядерних форм, тромбоцитів і наявність еритроцитів і білка в сечі. Результати наших досліджень узгоджуються з даними зарубіжних науковців [11; 12; 18]. Особливу прогностичну цінність мав розвиток олигоанурії. Раннє визначення зазначених параметрів слугуватиме лікарям сигналом для інтенсивнішого лікування хворого.

Висновки

Діагностика лептоспірозу є складним завданням, оскільки існуючі діагностичні тести не завжди доступні, можуть давати хибні результати, що призводить до призначення неналежного лікування хворим і розвитку в них несприятливих наслідків.

Розроблені алгоритм і математична модель прогнозування КРНПЛ є високоінформативними і дають можливість вчасно оцінити ризик розвитку тяжкого перебігу лептоспірозу, своєчасно призначити адекватну терапію та запобігти летальному наслідку.

Перспективи подальших досліджень. Необхідні дослідження для подальшого пошуку надійних, можливо, імунологічних предикторів тяжкості перебігу лептоспірозу та розвитку несприятливих наслідків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Azevedo IR, Amamura TA, Isaac L. Human leptospirosis: In search for a better vaccine. *Scand J Immunol*. 2023 Nov;98(5):e13316. DOI: 10.1111/sji.13316.
2. Beauté J, Innocenti F, Aristodimou A, et al. Epidemiology of reported cases of leptospirosis in the EU/EEA, 2010 to 2021. *Euro Surveill*. 2024 Feb;29(7):2300266. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2024.29.7.2300266.
3. Ogorodnychuk IV, Soroka NM, Ovcharuk VM, Ovcharuk NP. Epidemiologic features of leptospirosis among the population of Ukraine and in military collectives. *UJMM* [Internet]. 2023 Mar;31 [cited 2025 Feb;14];4(1):61–8 (In Ukrainian). Available from: <https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/329>.
4. Petakh P, Huber W, Kamysnyi O. Geographical factors and air raid alarms influence leptospirosis epidemiology in Ukraine (2018–2023). *One Health*. 2024 Jun;19:100944. DOI: 10.1016/j.onehlt.2024.100944.
5. Costa F, Hagan JE, Calcagno J, et al. Global morbidity and mortality of leptospirosis: a systematic review. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015 Sep 17;9(9):e0003898. DOI: 10.1371/journal.pntd.0003898.
6. Tsentr hromadskoho zdorovia Ukrainy [Public Health Center of Ukraine]. Elektronnyi resurs: Leptospiroz: shcho potribno znaty. <https://phc.org.ua/news/leptospiroz-scho-potribno-znati> (accessed 7.10.2024).
7. Ciurariu E, Prodan-Barbulescu C, Mateescu DM, et al. Diagnostic Advances in Leptospirosis: A Comparative Analysis of Paraclinical Tests with a Focus on PCR. *Microorganisms*. 2025 Mar 15;13(3):667. DOI: 10.3390/microorganisms13030667.
8. Ivakhiv O, Vyshnevskaya N, Iosyk I, et al. A Diagnostically Challenging Leptospirosis Case in a Serviceman in a Combat Zone. *Military Medicine*. 2025; usaf491. DOI: 10.1093/milmed/usaf491.
9. Rajapakse S, Fernando N, Dreyfus A, et al. Leptospirosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2025;11:32. <https://doi.org/10.1038/s41572-025-00614-5>.
10. Atherstone C, Galloway R, Schafer I, et al. Epidemiological, temporal, and geographic trends of leptospirosis in the United States, 2014–2020. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 2025; 19(8):e0013427. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0013427>.
11. Grassmann AA, da Cunha CEP, Bettin EB, McBride AJA. Overview of leptospirosis. In: *Neglected Tropical Diseases-South Asia*; 2017;245–275. DOI: 10.1007/978-3-319-68493-2_8.
12. Russell CD, Jones ME, O'Shea DT, Simpson KJ, Mitchell A, Laurenson IF. Challenges in the diagnosis of leptospirosis outwith endemic settings: a Scottish single centre experience. *J R Coll Physicians Edinb*. 2018 Mar;48(1):9–15. DOI: 10.4997/JRCPE.2018.102.
13. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019 Jan;25(1):44–56. DOI: 10.1038/s41591-018-0300-7.
14. Sawesi S, Jadhav A, Rashra B. Machine Learning and Deep Learning Techniques for Prediction and Diagnosis of Leptospirosis: Systematic Literature Review. *JMIR Med Inform*. 2025 May 21;13:e67859. DOI: 10.2196/67859.
15. Chatterjee S, Hadi AS. Regression analysis by example. Edition 5, illustrated, unabridged. John Wiley & Sons; 2013. 424 p.
16. Piepho HP. A coefficient of determination (R^2) for generalized linear mixed models. *Biom J*. 2019 Jul;61(4):860–872. DOI: 10.1002/bimj.201800270.
17. Parra Barrera EL, Bello Piruccini S, Rodríguez K, Duarte C, Torres M, Undurraga EA. Demographic and clinical risk factors associated with severity of lab-confirmed human leptospirosis in Colombia, 2015–2020. *PLoS Negl Trop Dis*. 2023 Jul 26;17(7):e0011454. DOI: 10.1371/journal.pntd.0011454.
18. CDC. Leptospirosis | Yellow Book. Centers for Disease Control and Prevention. Apr. 23, 2025. Available from: <https://www.cdc.gov/yellow-book/hcp/travel-associated-infections-diseases/leptospirosis.html>.

Надійшла до редакції 30.05.2025.

Прийнята до друку 26.02.2026.

Електронна адреса для листування ivakhiv@tdmu.edu.ua