

УДК 617.735-02:616.379-008.64]-07:004.8

## Виявлення діабетичної ретинопатії за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту (пілотне дослідження)

А. О. Невська<sup>1</sup>, мол. наук. співробітник, лікар; О. А. Погосян<sup>1</sup>, лікар; К. О. Гончарук<sup>2</sup>, Д. В. Софіна<sup>2</sup>, О. О. Черненко<sup>3</sup>, К. М. Тронько<sup>4</sup>, канд. мед. наук; Н. Є. Кожан<sup>5</sup>, канд. мед. наук; А. Р. Король<sup>1</sup>, д-р мед. наук

<sup>1</sup> ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»

Одеса (Україна)

<sup>2</sup> ТОВ «Чекай»

<sup>3</sup> ПП МедКапіталГруп,

<sup>4</sup> Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка

<sup>5</sup> Національний університет охорони здоров'я України ім. Платона Шупика НАМН України,

Київ (Україна)

### Ключові слова:

цукровий діабет, діабетична ретинопатія, штучний інтелект, діагностика

**Вступ.** Поширеність цукрового діабету (ЦД) у світі в середньому становить 1–8,6%, захворюваність у дітей і підлітків становить приблизно 0,1–0,3%. З урахуванням недіагностованих форм частка осіб із ЦД може в деяких країнах досягати 6%. На 2020 рік у світі на ЦД хворіло близько 120 мільйонів людей. За даними статистичних досліджень, кожні 10–15 років кількість осіб, які хворіють на діабет, подвоюється [1]. Таким чином, цукровий діабет стає соціальною проблемою. Варто зазначити неоднорідність частоти захворювань на ЦД залежно від раси. Цукровий діабет 2-го типу найбільш поширений серед монголоїдів. Так, у Великобританії серед осіб монголоїдної раси старших за 40 років 20% страждають на ЦД 2-го типу. Друге місце посідають люди негроїдної раси старші за 40 років, серед яких частка хворих на ЦД становить 17%. Інші випадки представлені європеїдною расою. Проблема поширення діабету є також надзвичайно актуальною для України. За останніми міжнародними даними та

**Мета** – вивчити можливість виявлення діабетичної ретинопатії (ДР) за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту (ШІ) Retina-AICheckEye<sup>®</sup>.

**Матеріал та методи.** Відкрите, проспективне, пілотне, контрольоване, обсерваційне дослідження щодо виявлення ДР за допомогою програмної платформи на основі ШІ проводили в стаціонарних пунктах на базі закладів охорони здоров'я Чернівецької області. У дослідженні брали участь 408 пацієнтів із цукровим діабетом і 256 осіб без цукрового діабету (контрольна група). У всіх випадках проаналізовано фотозображення очного дна за допомогою програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye<sup>®</sup>. За допомогою ROC-аналізу визначена точність методу діагностики ДР.

**Результати.** Ознаки ДР (на одному або на обох очах) за допомогою програмної платформи на основі ШІ встановлено в 143 осіб із цукровим діабетом (22% від загальної кількості учасників 664 особи (1328 очей) і 35% від хворих на цукровий діабет). Ознак ДР за допомогою ШІ не виявлено в 322 осіб (48% від загальної кількості учасників). У 199 осіб (30% від загальної кількості учасників) отримати результат не вдалося через особливості оптичних середовищ, наявність певних очних захворювань, насамперед катаракти на одному з досліджених очей. Точність методики (чутливість) становила 93% у виявленні наявності ДР, 86% точності (специфічності) у визначенні відсутності ДР, за даними ROC-аналізу.

**Висновки.** Уперше в Україні розроблена програмна платформа на основі штучного інтелекту Retina-AICheckEye<sup>®</sup>, яка дає змогу з високою точністю (93% – чутливість, 86% – специфічність тесту) діагностувати наявність ДР у пацієнтів із цукровим діабетом і може використовуватися для масового скринінгу захворювання.

даними МОЗ, станом на 2021 рік у 2,3 млн. українців офіційно діагностовано наявність цукрового діабету [2].

Одним із найбільш поширених ускладнень, що виникають у людей із ЦД, є діабетична ретинопатія (ДР) – захворювання, яке є основною причиною втрати зору [3], тому пошук нових методів ранньої діагностики ДР є дуже актуальним.

Штучний інтелект (ШІ) – це галузь інформатики, яка займається розробленням інтелектуальних машин, здатних виконувати завдання, що зазвичай потребують людського інтелекту. Системи штучного інтелекту створені для навчання на досвіді, розпізнавання закономірностей та ухвалення рішень на основі вхідних даних. Термін «штучний інтелект», запропонований у

1956 році вченим Дартута Джоном Маккарті, є загальним, означає «апаратне або програмне забезпечення, яке демонструє поведінку, що здається інтелектуальною» [4].

Штучний інтелект має декілька загальних механізмів:

1) машинне навчання (ML – machine learning) – метод підмножин штучного інтелекту, де машини покращують свою роботу без явного програмування;

2) глибоке навчання (DL – deep learning) – це більш досконалий метод підмножин ML, де машини можуть навчатися самі, виконуючи завдання з використання великих наборів вихідних даних із базової нейромережі [5, 6, 7].

Останніми роками в медицині поширюється застосування штучного інтелекту для діагностики захворювань. Численні дослідження виявили, що ШІ результативний у разі застосування до гістологічного аналізу захворювань молочної залози [8], класифікації раку шкіри [9], прогнозування ризику серцево-судинних захворювань [10] і виявлення раку легенів [11].

Тепер уже існує багато рішень із застосуванням ШІ для масової й ранньої діагностики очних захворювань, таких як катаракта [12], глаукома [13], вікова дегенерація макули [14], діабетична ретинопатія [15, 16, 17].

У 2013 році Абрамофф і Хансон опублікували результати застосування ШІ загалом безпосередньо для діагностики ДР [18]. С. Лі з колегами вперше подали аналіз застосування різних методів DL для діагностики діабетичної ретинопатії [19]; Рахімі зі співавторами зосередилися також на застосуванні методу DL в офтальмології [20].

**Мета** – вивчити можливість виявлення діабетичної ретинопатії за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту Retina-AICheckEye ©.

### Матеріал та методи

Подано відкрите, проспективне, пілотне, контрольоване, обсерваційне дослідження щодо виявлення ДР за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту. Дослідження проводили в стаціонарних пунктах, влаштованих на базі закладів охорони здоров'я Чернівецької області (Обласна комунальна установа «Чернівецький обласний ендокринологічний центр», Комунальне некомерційне підприємство «Міська поліклініка № 1», Лікарська амбулаторія «Міська лікарня № 4», «Комунальне некомерційне підприємство 1», відділення медичних профілактичних оглядів; Комунальне некомерційне підприємство «Кіцманська багатопрофільна лікарня інтенсивного лікування», Комунальне некомерційне підприємство «Хотинська багатопрофільна лікарня», Комунальне некомерційне підприємство «Сторожинецька багатопрофільна лікарня інтенсивного лікування», Первинна профілактична організація Комунальне некомерційне підприємство «Новоселицька лікарня»).

У дослідженні брали участь пацієнти із цукровим діабетом та особи без цукрового діабету (контрольна група) – загалом 664 особи (1328 очей).

Відбір пацієнтів проводили лікарі загальної практики.

Дослідження схвалено місцевим комітетом з біоетики. Усі особи підписували інформовану згоду. Дослідження проведено згідно з Гельсінською декларацією й зареєстровано на сайті ClinicalTrials.gov під номером IDNCT06112691.

Критерії включення до основної групи – пацієнти із цукровим діабетом:

1. Документально підтверджений діагноз цукрового діабету.

2. Розуміння сутності дослідження, готовність і здатність підписати інформовану згоду.

3. Вік пацієнта – 18 років і старші.

4. Діагноз цукрового діабету (408 пацієнтів):

а) діабет 1 типу з давністю не менше ніж 5 років;

б) діабет 2 типу (незалежно від стажу).

Критерії включення до контрольної групи (256 пацієнтів):

1. Вік пацієнта – 18 років і старші.

2. Розуміння сутності дослідження, готовність і здатність підписати інформовану згоду.

3. Відсутність цукрового діабету.

Критерії виключення:

1. Пацієнти молодші за 18 років.

2. Нездатність надати інформовану згоду.

3. Наявність очних захворювань: будь-які запальні захворювання ока та його придатків, порушення регуляції офтальмотонусу, спадкові дистрофії, вроджені вади, дегенеративні стани, судинні захворювання.

4. Пацієнт, якому вже проводили будь-яке лікування (хірургічне втручання в анамнезі, у тому числі лазерні операції) щодо будь-якого захворювання сітківки: ВМД, ОСС тощо.

Перший етап дослідження мав декілька кроків і полягав у навчанні власної нейронної мережі на 12000 кольорових зображеннях очного дна (наданих із бази даних CheckEye ©). Проводили валідацію зображень на дві групи (valid – дійсний, in valid – недійсний), тобто чи придатне зображення для подальшої обробки, чи візуалізуються деталі очного дна й діабетичні зміни. Після валідації наступним кроком була розмітка зображення очного дна щодо наявності проявів цукрового діабету (геморагії/крововиливи, ексудати, інтратинальні макроаневризми, новоутворені судини, частковий гемофтальм тощо). Розмітку виконувала дослідницька група офтальмологів (анотаторів). Кожен анотатор – це розмітник даних, фахівець, який займається розміткою інформації для розроблення алгоритмів машинного навчання за допомогою штучного інтелекту з використанням інструменту VGG Image Annotator (VIA) і безпосередньо виконував розмітку зображень очного дна. Так нейромережа навчилася роз-

різняти діабетичні зміни. Надалі анотатори визначали стадії, форми діабетичної ретинопатії. У свою чергу, нейромережа навчалася з'ясовувати стадію та форму ДР на прикладі оброблених анотаторами даних. Натомість нотатори контролювали визначені нейромережею дані щодо правильності встановлених форми та стадії ДР. Останні кроки повторювали декілька разів для остаточного навчання нейромережі.

Другий етап – скринінг пацієнтів із цукровим діабетом і перевірка контрольної групи піддослідних без цукрового діабету із застосуванням хмарного сховища зі штучним інтелектом. Аналіз фотозображень очного дна проводили за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye ©. На цьому етапі після оцінювання відповідності критеріям відбору (включення) й отримання письмової інформованої згоди набирали учасників у місцях, де працюють навчені фотографи, у ролі яких виступав медичний персонал (медична сестра, медичний реєстратор, інтерн), який не має досвіду професійної офтальмологічної зйомки і пройшов 4-годинне навчання. Фотографії очного дна виконували за допомогою амідриатичної фундускамери (фундускамера, що не потребує розширення зіниць) FundusScore Rodenstock без розширення зіниць. Знімки виконували відповідно до протоколу візуалізації Retina-AI CheckEye ©, наданого оператору немідріатичної фундускамери. Протокол фотографування складався з двох зображень очного дна (одне із центром на диску зорового нерва, інше із центром у фовеа), отриманих з обох очей досліджуваних. Після цього фотограф завантажував фотографії очного дна в систему для обробки нейронною мережею. Нейронна мережа спершу перевіряла якість (визначала валідність). Якщо фотографія визначалася як «якісна» (валідна), нейронна мережа визначала наявність діабетичної ретинопатії.

Потім дослідницька група офтальмологів виконувала верифікацію (перевірку) отриманих зображень очного дна, порівнюючи результати діагностики з унікальним діагнозом нейромережі, тим самим здійснюючи контроль якості й подальше навчання технології діагностики ДР. У разі присвоєння фотографії стану «неякісна/невалідна» пацієнта інформували щодо необхідності візиту до офтальмолога, тому що в такому разі незмога візуалізувати очне дно може бути зумовлена непрозорими оптичними середовищами, спричиненими патологічним станом рогівки, кришталика або скловидного тіла, що потребує дообстеження. Для статистичної обробки даних (визначення чутливості та специфічності методу) виконували ROC-аналіз за допомогою мови програмування Python та бібліотеки Matplotlib.

### Результати

Результати скринінгу за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye © розподілялися таким чином.

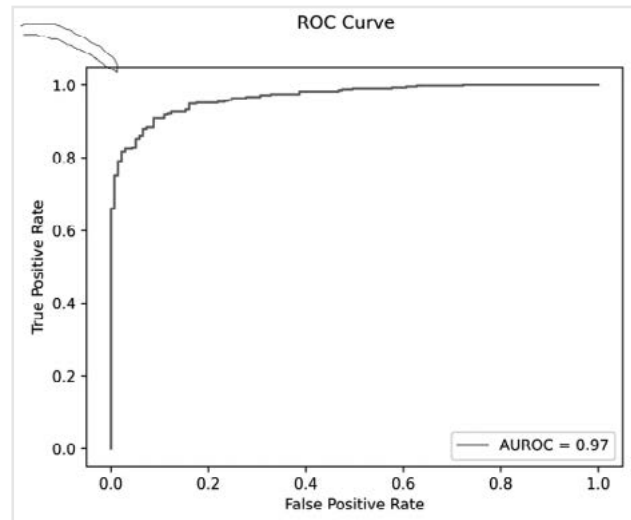


Рис. 1. ROC-крива визначення точності методу програмної платформи на основі штучного інтелекту (93% – чутливість, 86% – специфічність, площа під кривою становить 0,97)

Ознаки ДР (на одному або на обох очах) за допомогою програмної платформи на основі ШІ встановлено в 143 осіб із цукровим діабетом (22% від загальної кількості учасників 664 особи (1328 очей) і 35% від хворих на цукровий діабет – 408 пацієнтів). Ознак ДР за допомогою ШІ не виявлено в 322 осіб (48% від загальної кількості учасників) отримати результат не вдалося через особливості оптичних середовищ, наявність певних очних захворювань, насамперед катаракти та помутніння рогівки на одному з досліджених очей.

Точність методики виявлення ДР за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту, за ROC-аналізом, становила 93% – чутливість, 86% – специфічність. Площа під кривою становила 0,97 (рис. 1).

Таким чином, розроблена програмна платформа на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye © може бути використана для діагностики ДР у хворих на ЦД з високою точністю методу.

### Обговорення

Застосування ШІ в офтальмології не є новим. Він уперше згадується в літературі щодо діагностики глаукоми на основі CASNET у 1976 році. Тоді була продемонстрована доцільність застосування ML ШІ в клінічній практиці [21]. У 2013 році опубліковано результати застосування ШІ безпосередньо для діагностики ДР від Абрамофф і Хансон [22, 18]. Паралельно з іншими авторами М. Кайсінья, С. Нуньєс і Хасімото [23, 24, 17] висвітлили традиційні методи машинного навчання (ML) для діагностики та моніторингу загальних хвороб (гістопатологічного аналізу молочної залози, класифікації раку шкіри, прогнозування ризику серцево-судинних захворювань, виявлення раку легенів тощо). С. Лі й А. Лі зі співавторами вперше подали аналіз застосу-

вання різних методів DL для діагностики діабетичної ретинопатії [19, 16]; Рахімі зосередився також на застосуванні методу DL в офтальмології [20]. Кожен з інноваторів використовував той або інший механізм ШІ або підмножини цих механізмів для застосування у своїй галузі.

Останніми роками у світі розроблено багато моделей DL для автоматизованого виявлення ДР [25, 26]. DL допомогло вдосконалити діагностику проліферативної ДР, яка є більш складним діагнозом для ШІ порівняно з непроліферативною ДР. Більшість досліджень використовували для цього однопольне фотографування очного дна.

Зараз відомі розширені системи ШІ, такі як система ШІ IDP (IowaDetectionProgram), EyeArt, Google з навчальним набором EyePACS і Messidor [27, 28, 29, 30], які для обробки даних використовували глибоке навчання власної нейромережі з попередньою валідацією та відмічанням проявів різних стадій і форм ДР на 10 000–700 000 зображеннях. Кольорове фото завантажували повністю й у декількох полях, обробка тривала 2–3 секунди залежно від тяжкості діабетичних проявів. IDP/Messidor отримали в середньому такі результати діагностики ДР: чутливість – 96,8%, специфічність – 59,4%; Google/Messidor: чутливість – 87,0%, специфічність – 93,9%; Google/EyePACS: чутливість – 97,5%, специфічність – 98,5%; EyeArt/EyePACS: чутливість – 90%, специфічність – 63,2%.

У запропонованій нами системі Retina-AI CheckEye © для обробки даних використовували машинне навчання (machine learning/computer vision) власної нейромережі з попередньою валідацією та відмічанням артефактів, проявів різних стадій і форм ДР на понад 12 000 зображеннях. Точність методики (чутливість) становила 93% у виявленні наявності ДР, 86% точності у визначенні відсутності ДР (специфічності). Ці показники добре співвідносяться з чутливістю та специфічністю систем EyePACS і Messidor.

CheckEye, на відміну від інших стартапів із виявлення хвороб на очному дні, є єдиним рішенням, сфокусованим на масовому скринінгу на первинному етапі охорони здоров'я (інші інструменти розроблені для допомоги в офтальмологічних клініках). Це можливо завдяки тому, що діагностику може виконувати не лише офтальмолог, обстеження займає мінімум часу, дослідження проводиться з використанням неімдіяційної камери. CheckEye вже може виявляти ДР, її стадію і ступінь захворювання, а в перспективі буде розпочато навчання платформи встановлювати форму й важкість захворювання, що зробить методику унікальною. Чутливість виявлення ДР Retina-AI CheckEye © у 93% є достатньою для проведення масового скринінгу.

Сьогодні CheckEye працює над сертифікацією діагностичної системи в Україні й удосконалює її роботу, щоб забезпечити зручність використання додаткових переваг для фахівців первинної ланки охорони здоров'я. Крім того, оскільки все більше людей стають

внутрішньо переміщеними особами через війну, що триває, вони втрачають зв'язок зі своїм лікарем загальної практики, що означає затримку в діагностиці ускладнень діабету та, як наслідок, затримку перевірки очей.

Таким чином, з упровадженням масового скринінгу ДР за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye © з'являється можливість своєчасно виявити зниження зорових функцій, уникнути тяжких наслідків захворювання та зменшити інвалідність пацієнтів із цукровим діабетом.

**Заключення.** Вперше в Україні розроблена програмна платформа на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye ©, яка дає змогу з високою точністю (93% – чутливість, 86% – специфічність тесту) діагностувати наявність діабетичної ретинопатії в пацієнтів із цукровим діабетом і може використовуватися для масового скринінгу захворювання.

## Література

1. **Aschner P, Adler A, Bailey C et al.** New IDF clinical practice recommendations for managing type 2 diabetes in primary care. *Diabetes Res Clin Pract.* 2017;132:169-170.
2. **Alessi J, Yankiv M.** War in Ukraine and barriers to diabetes care. *Lancet.* 2022 Apr 16;399(10334):1465-1466.
3. **Gale R, Scanlon PH, Evans M et al.** Action on diabetic macular oedema: achieving optimal patient management in treating visual impairment due to diabetic eye disease. *Eye.* 2017;31(1):1–20.
4. **McCarthy J, Minsky ML, Rochester N, Shannon CE.** A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine.* 2006;27(4):12.
5. **Abràmoff MD, Folk JC, Han DP, Walker JD, Williams DF, Russell SR, et al.** Automated analysis of retinal images for detection of referable diabetic retinopathy. *JAMA Ophthalmol.* 2013;131(3):351–7.
6. **Hsieh YT, Chuang LM, Jiang YD, Chang T J., Chan LW, Kao TY, et al.** Application of deep learning image assessment software VeriSeeTM for diabetic retinopathy screening. *J Formos Med Assoc.* 2021;120(1):165–71.
7. **Hansen MB, Abràmoff MD, Folk JC, Mathenge W, Bastawrous A, Peto T.** Results of automated retinal image analysis for detection of diabetic retinopathy from the Nakuru study, Kenya. *PLoS One.* 2015;10(10):e0139148.
8. **Bejnordi BE, Zuidhof G, Balkenhol M et al.** Context-aware stacked convolutional neural networks for classification of breast carcinomas in whole-slide histopathology images. *Journal of Medical Imaging.* 2017;4(4):e44504.
9. **Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau H M, et al.** Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature.* 2017;542(7639):115–118.
10. **Weng SF, Reys J, Kai J, Garibaldi JM, Qureshi N.** Can machine-learning improve cardiovascular risk prediction using routine clinical data. *PLoS One.* 2017;12(4):e174944.
11. **Van Ginneken B.** Fifty years of computer analysis in chest imaging: rule-based, machine learning, deep learning. *Radiol Phys Technol.* 2017;10:23–32.

12. Shimizu, E., Tanji, M., Nakayama, S. et al. AI-based diagnosis of nuclear cataract from slit-lamp videos. *Sci Rep* 13, 22046 (2023).
13. Kapoor R, Whigham BT, Al-Aswad LA. The Role of Artificial Intelligence in the Diagnosis and Management of Glaucoma. *Curr Ophthalmol Rep*. 2019;7(2):136-142.
14. Cheung R, Chun J, Sheidow T et al. Diagnostic accuracy of current machine learning classifiers for age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. *Eye (Lond)*. 2022 May;36(5):994-1004.
15. Lee SY, Ting DSW, Cheung CYL et al. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images from Multiethnic Populations with Diabetes. *JAMA*. 2017;318(22):2211-2223.
16. Lee AY, Yanagihara RT, Lee CS, Jung HC, Chee YE, Gencarella MD, et al. Multicenter, Head-to-Head, Real-World Validation Study of Seven Automated Artificial Intelligence Diabetic Retinopathy Screening Systems. *Diabetes Care*. 2021;44(5):1168–75.
17. Caixinha M, Nunes S. Machine learning techniques in clinical vision sciences. *Current Eye Research*. 2017;42(1):1-15.
18. Abramoff MD, Lavin PT, Birch M, Shah N, Folk JC. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices. *NPJ Digit Med* 2018;1:39.
19. Lee AY, Yanagihara RT, Lee CS, Blazes M, Jung HC, Gencarella MD et al. Multicenter, Head-to-Head, Real-World Validation Study of Seven Automated Artificial Intelligence Diabetic Retinopathy Screening Systems. *Diabetes Care* 2021;44(5):1168–1175.
20. Rahimy E. Deep learning applications in ophthalmology. *Current Opinion in Ophthalmology*. 2018;29(3):254–60.
21. Weiss S, Kulikowski CA, Safir A. Glaucoma consultation by computer. *Computers in Biology and Medicine*. 1978;8(1):2540.
22. Abramoff MD, Lou Y, Erginay A, Clarida W, Amelon R, Folk JC, et al. Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016;57:5200–6.
23. Copeland J. Artificial intelligence: A philosophical introduction. John Wiley & Sons. 1993.
24. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. *Ann. Surg*. 2018;268(1):70.
25. Wewetzer L, Held LA, Steinhäuser J. Diagnostic performance of deep-learning-based screening methods for diabetic retinopathy in primary care – A meta-analysis. *PLoS One*. 2021;16(8):e0255034
26. Grzybowski A, Brona P. Approval and Certification of Ophthalmic AI Devices in the European Union. *Ophthalmology and Therapy*. 2023;12(2):1–6.
27. Cuadros J, Bresnick, G. EyePACS: an adaptable telemedicine system for diabetic retinopathy screening. *Journal of diabetes science and technology*. 2009;3(3):509-16.
28. Cuadros J, Sim I. EyePACS: an open source clinical communication system for eye care. *MEDINFO* 2004. 2004;107:207-11.
29. Gralek M, Niwald A. Application of artificial intelligence in pediatric ophthalmic practice. *Klinika Oczna*. 2021; 123 (2): 65–68.
30. Solanki K, Ramachandra C, Bhat S, Bhaskaranand M, Nittala MG, Sadda SR. EyeArt: automated, high-throughput, image analysis for diabetic retinopathy screening. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2015; 56(7):1429.

#### **Відомості про авторів та розкриття інформації**

**Автор листування:** Невська Алла Олександрівна – [esbarena@gmail.com](mailto:esbarena@gmail.com)

**Внесок кожного автора в роботу:** Невська А.О. – медичний консультант, аналіз та інтерпретація даних (проведення валідації завантажених фото очного дна; обробка та верифікація валідних фото очного дна, навчання нейромережі валідизувати й верифікувати фото очного дна самостійно, контроль нейромережі щодо правильно встановленого діагнозу); Погосян О.А. – аналіз та інтерпретація даних (проведення валідації завантажених фото очного дна; обробка та верифікація валідних фото очного дна, навчання нейромережі валідизувати й верифікувати фото очного дна самостійно, контроль нейромережі щодо правильно встановленого діагнозу); Гончарук К.О. – головний розробник системи RAssbyAI Check Eye's, використаної в стартапі; Софіна Д.В. – помічник головного розробника системи RAssbyAI Check Eye's, використаної в стартапі; Черненко О.О., Тронько К.М., Кожан Н.С. – консультанти із проведення стартапу; Король А.Р. – головний медичний консультант щодо встановлених критеріїв включення до стартапу й виключення з нього.

**Відмови від відповідальності:** висловлені у поданій статті думки є власними думками авторів, а не офіційними позиціями установи.

**Джерела підтримки:** робота виконана в рамках науково-дослідницької роботи за темою «Ефективність виявлення діабетичної ретинопатії за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту». Дослідження зареєстроване в [ClinicalTrials.gov/IDNCT06112691](https://clinicaltrials.gov/IDNCT06112691).

**Конфлікт інтересів:** Автори засвідчують про відсутність конфліктів інтересів, які б могли вплинути на їх думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в даному рукопису.

**Абревіатури:** ШІ – штучний інтелект; ЦД – цукровий діабет; ДР – діабетична ретинопатія; DL – глибоке навчання; ML – машинне навчання.

Надійшла 26.09.2023