

Оцінка можливості застосування портативної та стаціонарної немідріатичної фундус камери для скринінгу діабетичної ретинопатії на первинній ланці медичної допомоги за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту

Невська А. О.¹, м. н. с., лікар; Погосян О. А.¹, лікар; Гончарук К. О.²; Черненко О. О.³, Гиманик І. В.^{2,4}; Король А. Р.¹, д-р мед. наук, професор

¹ ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»
Одеса (Україна)

² ТОВ «Чекай»

³ ПП Медкапіталгруп
Київ (Україна)

⁴ Буковинський державний медичний університет
Чернівці (Україна)

Ключові слова:

сітківка, цукровий діабет, діабетична ретинопатія, штучний інтелект, скринінг, фундус камера

Мета. Оцінити можливість застосування різних типів немідріатичних фундус камер для скринінгу діабетичної ретинопатії за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye© на первинній ланці медичної допомоги.

Матеріал та методи. Відкрите проспективне дослідження включало 609 пацієнтів (1218 очей) з діагностованим цукровим діабетом (ЦД) та пацієнтів із факторами ризику розвитку ЦД, які були розділені на дві групи залежно від типу фундус камери. В 1 групі проводили немідріатичне однопольне фотографування очного дна стаціонарною фундус камерою, а у 2 групі – портативною. Аналіз цифрових знімків сітківки здійснювали за допомогою програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye©. В усіх випадках відмічали кількість неякісних зображень очного дна, отриманих під час скринінгу, наявність або відсутність діабетичної ретинопатії (ДР) та оцінювали її стадію.

Результати. В 1 групі було виявлено 37 зображень, які не могли бути оброблені нейромережею, а у 2 групі – 339. В 1 групі ДР було виявлено у 15 пацієнтів (5%), а у 2 групі – у 8 пацієнтів (2,5%). Завдяки скринінгу в 1 групі 13 пацієнтів (4,5%) вперше дізнались про наявність у них недіагностованого ЦД, ускладненого ДР, а у 2 групі – 7 пацієнтів (2%).

Висновок. Кольорові знімки очного дна, отримані за допомогою як стаціонарної, так і портативної немідріатичної камери в умовах вузької зіниці з використанням програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye© забезпечили виявлення та градацію за стадіями ДР серед пацієнтів з діагностованим та недіагностованим ЦД. Залучення досвідченого оператора та дотримання протоколу завантаження зображень очного дна в хмарне сховище є шляхами зменшення відсотка неякісних знімків та підвищення ефективності скринінгу ДР з використанням програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye©.

Вступ. За оцінкою Міжнародної федерації діабету станом на 2021 рік у світі нараховувалось 536,6 мільйона людей (10,5% від населення планети), які живуть з діагностованим цукровим діабетом (ЦД). До 2045 року очікується збільшення поширеності ЦД до 783,2 мільйона (12,2%) [1]. У 2021 році було визначено, що майже 239,7 мільйона дорослих людей (віком від 20 до 79 років) проживало з недіагностованим ЦД [2]. З огляду на такий невтішний прогноз, необхідне подальше вдосконалення системи епідагляду за ЦД, впровадження механізмів виявлення недіагностованого ЦД, використовуючи протоколи раннього скринінгу для осіб, які мають підвищену схильність до цього захворювання [3].

Глобальне зростання поширеності ЦД призводить до збільшення кількості випадків його ускладнень, зокрема діабетичної ретинопатії (ДР) [4]. Так, поточна

поширеність ДР у світі становить близько 103 мільйонів осіб, з прогнозом зростання у 2045 році до 161 мільйона осіб [5]. Для подолання цього глобального виклику потрібні широкі системні зусилля спрямовані на: розвиток розуміння епідеміології, факторів ризику та проблем громадського здоров'я; розвиток стратегій розробки нових ефективних біомаркерів ДР; розвиток стратегій скринінгу ДР та інших ускладнень ЦД із застосуванням таких сучасних технологій як телемедицина та штучний інтелект (ШІ) [4,6,7].

На сьогодні багато авторів повідомляють про ефективність застосування для скринінгу ДР різних типів приладів для візуалізації структур очного дна, різних підходів до отримання та аналізу цифрових знімків сіт-

ківки, а також різноманітних програмних інструментів для обробки даних на основі ШІ [9, 10, 11, 12]. В нашому попередньому дослідженні застосування програмного забезпечення Retina-AI CheckEye[®] для виявлення діабетичної ретинопатії по кольоровим знімкам очного дна була встановлена чутливість 93 % та специфічність 86 % [6]. Водночас, слід зазначити, що на сьогодні не існує консенсусу щодо стандартизованої процедури отримання зображень очного дна для скринінгу ДР на основі ШІ.

Мета. Оцінити можливість застосування різних типів немідріатичних фондус камер для скринінгу діабетичної ретинопатії за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту Retina-AI CheckEye[®] на первинній ланці медичної допомоги.

Матеріал та методи.

Дизайн дослідження та учасники

Відкрите проспективне дослідження проводилось на базі Комунального некомерційного підприємства «Ірпінський міський центр первинної медико-санітарної допомоги» Ірпінської міської ради Київської області спільно з Державною установою «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» у 609 пацієнтів (1218 очей), яким проводили скринінг ДР за допомогою програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye[®] з 02.01.2024 по 17.03.2024 року.

Це дослідження було проведено відповідно до принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації. Письмова інформована згода на участь в дослідженні була отримана від усіх учасників дослідження. Комітет з біоетики ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» схвалив це дослідження, яке було проведено відповідно до Гельсінської декларації (протокол № від 05.02.2024 р.).

Критеріями включення пацієнтів у дослідження були: 1) діагноз ЦД 1-го або 2-го типу; 2) наявність факторів ризику (ФР) при відсутності діагнозу ЦД: вік, обтяжений сімейний анамнез, надлишкова вага, артеріальна гіпертензія; 3) вік старше 18 років.

Критерії виключення: 1) вік менше ніж 18 років, 2) наявність в анамнезі таких захворювань ока, як вікова дегенерація макули, оклюзія судин сітківки, відшару-

вання сітківки, хоріоретиніт, васкуліт, новоутворення переднього та заднього відрізків ока та інші; 3) хірургічне або лазерне лікування захворювань ока в анамнезі; 4) відомі з анамнезу дані про непрозорі оптичні середовища (незріла або зріла катаракта, виражені помутніння склистого тіла).

Всі учасники дослідження були рандомізовані на дві групи залежно від типу фондус камери, яку використовували для отримання цифрових кольорових знімків очного дна. Пацієнтам 1 групи фотографування проводилась стаціонарною немідріатичною фондус камерою NFC-700 (Crystalvue Medical Corporation, Тайвань; кут огляду 45°; мінімальний розмір зіниці 4 мм; роздільна здатність 12 МР), а пацієнтам 2 групи – портативною немідріатичною фондус камерою AURORA (Optomed, Фінляндія; кут огляду 50°; мінімальний розмір зіниці 3,1 мм; роздільна здатність 5 МР).

Техніка проведення дослідження

Перед проведенням дослідження всіх учасників інформували про мету дослідження, техніку фотографування очного дна та отримували письмову інформовану згоду на проведення процедури. Фотографування очного дна проводилось за стандартною методикою в умовах затемненого приміщення в положенні пацієнта сидячи. В усіх випадках намагались отримати знімок обох очей. Знімання проводили без інстиляції препаратів для розширення зіниці. Фотореєстрацію проводили одного центрального поля у 45° або 50° (залежно від групи) із захопленням макули та диска зорового нерва, з центром знімка в макулі.

Отримані знімки завантажували в хмарну базу даних для аналізу. Отримані цифрові кольорові знімки сітківки аналізували за допомогою програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye[®].

В усіх випадках нейромережа давала відповідь про наявність або відсутність ДР та її стадію, використовуючи 7-тиступеневу класифікацію діабетичної ретинопатії [13]. Згідно з цією класифікацією ДР всі отримані зображення були розподілені на класи (табл. 1). Отримані під час скринінгу неякісні зображення були виділені в окремий клас 5.

Статистичний аналіз

Аналіз даних був виконаний за допомогою відкритого програмного забезпечення JASP (версія 0.19.1).

Таблиця 1. Класифікація знімків очного дна залежно від виявлених патологічних змін за класом

Клас зображення	Характеристика зображення
Клас 0	ДР не виявлена
Клас 1	Непроліферативна стадія, легкий ступінь тяжкості
Клас 2	Непроліферативна стадія, середній ступінь тяжкості
Клас 3	Непроліферативна стадія, важкий ступінь тяжкості
Клас 4	Проліферативна стадія
Клас 5	Неякісний знімок

Для визначення статистичного взаємозв'язку між ризиком отримання неякісних зображень очного дна (клас 5) та типом фундус камери, яку застосовували в дослідженні, використовувався тест χ^2 Пірсона. Статистично значущим вважалося значення $p < 0,05$.

Результати

В групу зі стаціонарною фундус камерою було включено 290 пацієнтів (580 очей). З них у 9 пацієнтів (18 очей) не вдалося отримати якісний знімок обох очей (клас 5), лише одного ока – у 19 пацієнтів (19 очей, включаючи 4 ока, фото яких не були завантажені в хмарну базу даних). Загалом було виявлено 37 очей (6 % від загальної кількості в групі) 5 класу, які не могли бути оброблені нейромережею).

Таким чином, в 1 групі результати розраховували для 281 пацієнта (543 ока), з яких кількість хворих на ЦД становила 90 (180 очей), із яких у 8 пацієнтів були отримані неякісні знімки обох очей та у 17 пацієнтів – одного ока. До аналізу були включені 82 пацієнти з ЦД (147 очей). Решта 200 пацієнтів (400 очей) не мали діагнозу ЦД та, з огляду на наявність ФР, були скеровані на скринінг. З них в одного пацієнта були отримані неякісні знімки обох очей та у двох пацієнтів – одного ока. До аналізу були включені 199 пацієнтів (398 очей) з ФР.

В групі з портативною фундус камерою фотографування очного дна було проведено 319 пацієнтам (638 очей). З них не вдалося отримати якісний знімок обох очей (клас 5) у 105 пацієнтів (210 очей), одного ока – у 129 пацієнтів (129 очей), включно зі знімками 14 очей, які не були завантажені в хмарну базу даних. Загалом 339 очей (53 % від загальної кількості в групі) було віднесено до класу 5 (не могли бути оброблені нейромережею).

Отже, у 2 групі результати розраховували для 214 пацієнтів (299 очей), з яких кількість пацієнтів із ЦД становила 58 (116 очей); із них було визначено 41 пацієнта з неякісними знімками обох очей та у 15 пацієнтів – одного ока. До аналізу були включені 17 пацієнтів із ЦД (19 очей). Решта 261 пацієнт (522 ока) не мали діагнозу ЦД та, з огляду на наявність ФР, були скеровані

на скринінг. З них у 64 пацієнтів були отримані неякісні знімки обох очей та у 114 пацієнтів – одного ока. Результати проведеного аналізу даних на 197 пацієнтах з ФР (280 очей) представлений в таблиці 2.

У 15 пацієнтів з 1 групи було виявлено ДР (22 ока; 5 % від загальної вихідної кількості пацієнтів у групі), а у 2 групі – у 8 пацієнтів (9 очей; 2,5 % від загальної кількості пацієнтів у групі).

Завдяки скринінгу в 1 групі 13 пацієнтів (4,5 % від загальної вихідної кількості пацієнтів у групі) вперше дізнались про наявність у них недиагностованого ЦД ускладненого ДР, а в 2 групі – 7 пацієнтів (2 % від загальної кількості пацієнтів у групі). У результаті, відсоткова кількість неякісних зображень очного дна при використанні портативної фундус камери (53 % від загальної вихідної кількості очей в групі) був значуще більший, проти стаціонарної камери (6 % від загальної кількості в групі; $p < 0,001$).

Обговорення. На сьогодні не існує єдиного підходу до скринінгу ДР з погляду необхідності розширення зони під час отримання фотозображень очного дна [14]. Так, різними авторами наголошувалась можливість проводити скринінг ДР в умовах вузької зони, що забезпечує надійні результати [15]. В нашому дослідженні фотографування сітківки виконувалось в умовах затемненого приміщення та природної зони, без використання медикаментозного мідріазу. Для фотографування очного дна в обох групах використовували немідріатичні фундус камери. З одного боку такий підхід при занадто вузькій зоні може бути причиною отримання цифрових знімків недостатньої якості, що збільшує частку знімків, які не підлягають класифікації та погіршує як чутливість, так і специфічність дослідження [14]. Але, з іншого боку, немідріатичне знімання скорочує час проведення скринінгу, є зручною для пацієнта, та виключає ризики ускладнень при використанні препаратів для розширення зони (алергічні реакції, підвищення внутрішньоочного тиску).

Однопольне фотографування очного дна є найбільш зручним, доступним та найпоширенішим методом скринінгу ДР та іншої патології очного дна [15-18]. Так, в нашому дослідженні відбувалась оцінка стану

Таблиця 2. Кількість виявлених пацієнтів / очей з ДР та розподіл їх за класами у двох досліджуваних групах

Клас зображення	Стаціонарна камера, n = 281 /543			Портативна камера, n = 214 /299		
	ЦД 82/147	ФР 199/398	ЗГ 281/543	ЦД 17/19	ФР 197/280	ЗГ 214/299
Клас 0	71/131	195/390	266/521	10/12	196/278	206/290
Клас 1	7/10	4/6	11/16	4/4	1/2	5/6
Клас 2	2/3	0/0	2/3	1/1	0/0	1/1
Клас 3	0/0	0/0	0/0	1/1	0/0	1/1
Клас 4	2/3	0/0	2/3	1/1	0/0	1/1

Примітка: n – кількість виявлених пацієнтів/очей; ЦД – підгрупа пацієнтів з раніше встановленим діагнозом цукровий діабет; ФР – підгрупа пацієнтів з факторами ризику розвитку ЦД; ЗГ – загальна група пацієнтів.

очного дна з використанням лише одного центрального поля (із захопленням макули та диска зорового нерва), що дозволило отримати якісні знімки сітківки без розширення зіниці. Інші автори віддають перевагу використанню для скринінгу ДР фотографування двох, трьох, п'яти чи семи полів очного дна [9, 14, 19, 20]. Дослідження Srihatrai зі співавторами продемонструвало, що зображення, отримані за допомогою одно- та п'ятипольного фотографування очного дна та інтерпретовані кваліфікованим лікарем первинної медичної допомоги, є точним методом виявлення ДР [21]. Автори також зазначили, що інтерпретація фотознімків сітківки в одному полі є зручним інструментом скринінгу з прийнятними результатами.

В проведеному дослідженні причинами отримання неякісних фотознімків сітківки були: занадто вузька зіниця та значне помутніння кришталика (незріла та зріла катаракта), про яке пацієнти не знали до обстеження. Так, в 1 групі пацієнтів було виявлено 37 очей, віднесених до класу 5 (не могли бути оброблені неймережею), а у 2 групі – 339 очей було віднесено до класу 5. Таким чином, відсоток неякісних зображень очного дна при використанні портативної фондус камери (53 % від загальної вихідної кількості очей в групі) був значуще більший, порівняно зі стаціонарною камерою (6 % від загальної кількості в групі; $p < 0,001$). Слід зазначити, що, згідно з технічними характеристиками, мінімальний розмір зіниці, необхідний для роботи стаціонарної немідріатичної камери, відповідав 4 мм, а для роботи портативної немідріатичної фондус камери – 3,1 мм. Ймовірно, однією з додаткових причин отримання великої кількості недостатньо якісних фотознімків сітківки при використанні портативної фондус камери є більш трудомісткий процес фотографування, який потребує залучення досвідченого оператора. Для зменшення кількості знімків недостатньої якості мідріаз може бути зарезервований для випадків, коли без розширення зіниці були отримані зображення сітківки, які не піддаються оцінці [14].

В результаті проведеного дослідження серед пацієнтів 1 групи ДР була виявлена у 15 пацієнтів, а серед пацієнтів 2 групи – лише у 8. Потрібно зважати на менший кут огляду в 45° стаціонарної фондус камери, порівняно з 50° портативної фондус камери. При використанні стаціонарної фондус камери було зареєстровано 5 % пацієнтів з ДР від загальної вихідної кількості пацієнтів в 1 групі, порівняно з 2,5 % у 2 групі, що може бути пов'язаним з отриманням більшої кількості зображень сітківки високої якості в 1 групі. Завдяки скринінгу в 1 групі 4,5 % пацієнтів від загальної вихідної кількості пацієнтів дізналось про наявність у них не діагностованого ЦД, ускладненого ДР, а у 2 групі – лише 2 %. Отже, зменшення відсотка неякісних фотографій та дотримання протоколу завантаження зображень очного дна в хмарну базу даних є шляхами підвищення ефективності виявлення ДР в проце-

сі скринінгу, особливо при використанні портативної фондус камери, яка потребує більше вдосконалення навичок експлуатації.

Серед обмежень проведеного дослідження слід зазначити: 1) дослідження проведене з відносно невеликим розміром вибірки, що пов'язане з аналізом результатів, отриманих на базі одного медичного закладу; 2) відсутність контрольної групи осіб, яким фотографування сітківки проводили з розширеною зіницею та захопленням зображень декількох полів очного дна, що буде враховане при проведенні наступних досліджень.

Попри зазначені обмеження, отримані результати продемонстрували, що застосування для скринінгу ДР програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye® разом з технікою немідріатичної однопольної фотографії з використанням як стаціонарної, так і портативної фондус камер забезпечує виявлення ДР та градацію її за стадіями серед осіб з діагностованим ЦД, а також серед осіб з факторами ризику розвитку ЦД.

Заключення. Техніка немідріатичного однопольного фотографування забезпечує достатню якість цифрових знімків очного дна для виявлення та градації за стадіями ДР з використанням програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye® в процесі скринінгу ДР.

Кольорові цифрові знімки очного дна, отримані як стаціонарною, так і портативною немідріатичною камерою в умовах вузької зіниці з використанням програмної платформи на основі ШІ Retina-AI CheckEye® забезпечують виявлення ДР та градацію за стадіями ДР серед осіб з діагностованим ЦД та факторами ризику розвитку ЦД.

Залучення досвідченого оператора, дотримання протоколу завантаження зображень очного дна в хмарну базу даних є шляхами зменшення відсотка неякісних знімків та підвищення ефективності скринінгу ДР з використанням немідріатичної портативної камери.

Література

1. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022;183:109119.
2. Magliano DJ, Boyko EJ; IDF Diabetes Atlas 10th edition scientific committee. IDF DIABETES ATLAS. 10th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2021
3. Hossain MJ, Al-Mamun M, Islam MR. Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. *Health Sci Rep.* 2024 Mar 22;7(3):e2004.
4. Wong TY, Tan TE. The Diabetic Retinopathy "Pandemic" and Evolving Global Strategies: The 2023 Friedenwald Lecture. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2023;64(15):47.
5. Teo ZL, Tham YC, Yu M, et al.. Global prevalence of diabetic retinopathy and projection of burden through 2045: systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology.* 2021; 128(11): 1580–1591
6. Nevskaya AO, Pohosian OA, Goncharuk KO, Sofyna DF, Chernenko OO, Tronko KM, Kozhan NI, Korol AR. Detecting diabetic retinopathy using an artificial intelligence-

- based software platform: a pilot study. *J. Ophthalmol. (Ukraine)*. 2024;(1):27-31.
7. **Vychuzhanin V., Rudnichenko N., Guzun O., Zadorozhnyy O., Korol A. Gritsuk I.** Artificial intelligence integration in the diagnosis, prognosis and diabetic neovascular glaucoma treatment. *CEUR Workshop Proceedings*. 2024;3790:238-249.
 8. **Anatyshuk L, Kobylanskyi R, Zadorozhnyy O, et al.** Ocular surface heat flux density as a biomarker related to diabetic retinopathy (pilot study). *Adv Ophthalmol Pract Res*. 2024;4(3):107-111.
 9. **Midena E, Zennaro L, Lapo C, Torresin T, Midena G, Frizziero L.** Comparison of 50° handheld fundus camera versus ultra-widefield table-top fundus camera for diabetic retinopathy detection and grading. *Eye (Lond)*. 2023;37(14):2994-2999.
 10. **Kubin AM, Huhtinen P, Ohtonen P, Keskitalo A, Wirkkala J, Hautala N.** Comparison of 21 artificial intelligence algorithms in automated diabetic retinopathy screening using handheld fundus camera. *Ann Med*. 2024;56(1):2352018.
 11. **Ruamviboonsuk P, Wongcumchang N, Surawongsin P, Panyawatananukul E, Tiensuwan M.** Screening for diabetic retinopathy in rural area using single-field, digital fundus images. *J Med Assoc Thai*. 2005;88:176–80.,
 12. **Suansilpong A, Rawdaree P.** Accuracy of single-field non-mydriatic digital fundus image in screening for diabetic retinopathy. *J Med Assoc Thai*. 2008;91:1397–403.
 13. **Wilkinson CP, Ferris FL 3rd, Klein RE, Lee PP, Agardh CD, Davis M, et al.** Global Diabetic Retinopathy Project Group. Proposed international clinical diabetic retinopathy and diabetic macular edema disease severity scales. *Ophthalmology*. 2003 Sep;110(9):1677-82.
 14. **Fenner BJ, Wong RL, Lam WC, Tan GS, Cheung G.** Advances in retinal imaging and applications in diabetic retinopathy screening: a review. *Ophthalmol Ther*. 2018;7(2):333–346.
 15. **Peretiahina D, Shakun K, Ulianov V, Ulianova N.** The Role of Retinal Plasticity in the Formation of Irreversible Retinal Deformations in Age-Related Macular Degeneration. *Curr Eye Res* 2022;47(7):1043-1049.
 16. **Cuscó C, Esteve-Bricullé P, Almazán-Moga A, et al.** Microvascular Metrics on Diabetic Retinopathy Severity: Analysis of Diabetic Eye Images from Real-World Data. *Biomedicines*. 2024;12:2753.
 17. **Bazyka DA, Sushko VO, Fedirko PA, et al.** Retina vessels changes in Chernobyl nuclear power plant employees who experienced long-term abnormal radiation exposure at the workplace as a result of the occupation of Chernobyl nuclear power plant in 2022. *Probl Radiat Med Radiobiol*. 2022;27:423-430.
 18. **Fedirko PA, Babenko TF, Kolosynska OO, et al.** Morphometric parameters of retinal macular zone in reconvalescents of acute radiation sickness (in remote period). *Probl Radiat Med Radiobiol*. 2018;2018(23):481–489. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-481-489.
 19. **Hansen AB, Hartvig NV, Jensen MS, Borch-Johnsen K, Lund-Andersen H, Larsen M.** Diabetic retinopathy screening using digital non-mydriatic fundus photography and automated image analysis. *Acta Ophthalmol Scand*. 2004;82(6):666-672.
 20. **Scanlon PH.** The English National Screening Programme for diabetic retinopathy 2003–2016. *Acta Diabetol*. 2017;54(6):515–525.
 21. **Srihatrai P, Hlowchitsieng T.** The diagnostic accuracy of single- and five-field fundus photography in diabetic retinopathy screening by primary care physicians. *Indian J Ophthalmol*. 2018;66(1):94-97.

Відомості про авторів та розкриття інформації

Автор листування: Невська Алла Олександрівна – *esbarena@gmail.com*

Внесок кожного автора в роботу. Невська А.О. – розробка концепції, проектування, збір даних, аналіз та інтерпретація даних, підготовка рукопису; Погосян О.А. – збір даних; Гончарук К.О. – генеральний директор стартапа CheckEye®, головний розробник системи AI Check Eye's використаної у дослідженні, концептуалізація; Черненко О.О., консультант з проведення стартапу, методологія дослідження, адміністрація проекту; Гиманик І.В. – підтримка програмного забезпечення, виконання фотозйомки, статистична обробка отриманих даних, аналіз та інтерпретація даних; Король А.Р. – медичний радник стартапа, методологія дослідження, нагляд, написання-рецензування та редагування. Усі автори проаналізували результати та затвердили остаточний варіант рукопису.

Відмови від відповідальності: погляди, висловлені в поданій статті, є власними, та не є офіційною позицією установи. Схвалення з питань етики не було потрібним. Форми інформованої згоди не були отримані через ретроспективний характер дослідження.

Джерела підтримки. Стаття є частиною науково-дослідницької роботи за тематикою «Ефективність виявлення діабетичної ретинопатії за допомогою програмної платформи на основі штучного інтелекту». Дослідження зареєстроване у *ClinicalTrials.gov* IDNCT06112691.

Конфлікт інтересів. Гончарук К.О. – генеральний директор стартапа CheckEye, Король А.Р. – медичний радник стартапа. Решта авторів засвідчують відсутність конфлікту інтересів, які б могли вплинути на їх думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в даному рукопису.

Список скорочень. ШІ – штучний інтелект; ЦД – цукровий діабет; ДР – діабетична ретинопатія

Надійшла 04.08.2024