

DOI 10.29254/2077-4214-2026-3-182-385-389

УДК 616.314-002-07-08:378.147

Бойченко О. М., Бублій Т. Д., Іваницький І. О.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ДІАГНОСТИЦІ ПРИХОВАНОГО ПРОКСИМАЛЬНОГО КАРІЕСУ: ПОРІВНЯННЯ З ТРАДИЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Полтавський державний медичний університет (м. Полтава, Україна)

olgaboichenko@ukr.net

Карієс зубів належить до найпоширеніших стоматологічних захворювань, а проксимальні ураження становлять особливу діагностичну проблему через обмежену доступність контактних поверхонь для прямого клінічного огляду. Міжнародна система ICDAS забезпечує стандартизовану оцінку каріозних уражень за клінічними ознаками. Для гладких апроксимальних поверхонь принциповим є розрізнення початкових змін емалі, локального руйнування емалі та ознак ураження дентину. Водночас ICDAS є системою клінічної оцінки, а не самостійним методом візуалізації прихованого процесу. Для проксимальних ділянок, які не можуть бути повноцінно оглянуті, роль рентгенологічних методів залишається суттєвою. Алгоритми машинного та глибокого навчання активно досліджуються як засоби автоматизованого аналізу стоматологічних рентгенограм. Проведено клініко-радіологічне порівняльне дослідження на базі кафедри терапевтичної стоматології Полтавського державного медичного університету протягом січня–березня 2026 року. До дослідження включено 150 пацієнтів віком 18–45 років, які зверталися для санації порожнини рота або профілактичного стоматологічного огляду. Застосування системи штучного інтелекту при аналізі цифрових bitewing-рентгенограм продемонструвало вищу діагностичну чутливість порівняно з традиційним візуально-інструментальним методом при виявленні проксимального карієсу. Найбільш виражена перевага ШІ спостерігалася при ранніх ураженнях у межах емалі, де чутливість становила 95,0% проти 49,5% для традиційного методу ($p < 0,001$). Отримані результати свідчать про доцільність використання штучного інтелекту як додаткового інструменту («second opinion») при діагностиці проксимального карієсу, насамперед для підвищення виявлення ранніх, клінічно малопомітних уражень. Використання ШІ не повинно розглядатися як заміна лікаря-стоматолога, а найбільш обґрунтованою є модель «лікар + ШІ», за якої остаточне діагностичне рішення приймає фахівець на основі сукупності клінічних та рентгенологічних даних.

Ключові слова: штучний інтелект, проксимальний карієс, bitewing-рентгенографія, цифрова рентгенодіагностика, машинне навчання.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Робота є фрагментом НДР кафедри терапевтичної стоматології Полтавського державного медичного університету «Підвищення ефективності та лікування уражень твердих тканин зубів з урахуванням механізму розвитку патології» (номер державної реєстрації 0125U005249).

Вступ.

Карієс зубів належить до найпоширеніших стоматологічних захворювань, а проксимальні ураження становлять особливу діагностичну проблему через обмежену доступність контактних поверхонь для прямого клінічного огляду. На ранніх етапах патологічні зміни можуть не супроводжуватися видимою кавітацією, а локалізація під контактним пунктом ускладнює їх виявлення за допомогою дзеркала та зонда. Саме тому діагностика проксимального карієсу потребує поєднання клінічної оцінки з додатковими методами візуалізації.

Міжнародна система ICDAS забезпечує стандартизовану оцінку каріозних уражень за клінічними ознаками. Для гладких апроксимальних поверхонь принциповим є розрізнення початкових змін емалі, локального руйнування емалі та ознак ураження дентину. Водночас ICDAS є системою клінічної оцінки, а не самостійним методом візуалізації прихованого

процесу. Для проксимальних ділянок, які не можуть бути повноцінно оглянуті, роль рентгенологічних методів залишається суттєвою [1–3].

Цифрова bitewing-рентгенографія розширює можливості виявлення проксимальних каріозних уражень, але її інтерпретація залежить від якості зображення, геометрії проєкції та досвіду оцінювача. Це створює передумови для варіабельності діагностичних рішень, особливо при ранніх змінах, коли контраст ураження є невисоким.

Алгоритми машинного та глибокого навчання активно досліджуються як засоби автоматизованого аналізу стоматологічних рентгенограм. Систематичний огляд і метааналіз Ammar та Kühnisch продемонстрував перспективні показники AI-моделей на bitewing-рентгенограмах, але водночас наголосив на методологічній неоднорідності, ризику упередженості та недостатній зовнішній валідації [4]. Новіший метааналіз саме проксимального карієсу також показав перспективність AI, але значну гетерогенність між моделями та обмеженість доказів для безпосереднього клінічного впровадження [5].

Особливо важливою є модель взаємодії людина–ШІ. Систематичний огляд 2026 року показав, що AI-підтримка під час інтерпретації bitewing-знімків може підвищувати чутливість виявлення проксимального карієсу, особливо ранніх уражень, при за-

галом збереженій специфічності. Автори підтримують концепцію ШІ як інструменту клінічної підтримки рішення, а не заміни лікаря [6].

Клінічне значення помилок також залежить від глибини ураження. Пропуск раннього емалевого процесу може відтермінувати профілактичне втручання, тоді як недооцінка дентинного ураження може призвести до неправильної оцінки обсягу лікування. Тому оцінювання AI має включати не лише загальну точність, а й стратифікацію за глибиною процесу та аналіз того, як автоматизована інформація змінює рішення лікаря.

Таким чином, актуальність роботи визначається необхідністю підвищення відтворюваності діагностики прихованого проксимального карієсу, зменшення ризику пропуску ранніх уражень і визначення безпечного місця автоматизованого аналізу в клінічному алгоритмі.

Мета дослідження.

Порівняти діагностичні характеристики традиційного візуально-інструментального методу та системи штучного інтелекту при виявленні проксимального карієсу різної глибини, а також оцінити потенційну клінічну цінність моделі «лікар + ШІ» як інструменту додаткової діагностичної підтримки.

Об'єкт і методи дослідження.

Проведено клініко-радіологічне порівняльне дослідження на базі кафедри терапевтичної стоматології Полтавського державного медичного університету протягом січня–березня 2026 року. До дослідження включено 150 пацієнтів віком 18–45 років, які зверталися для санації порожнини рота або профілактичного стоматологічного огляду.

До дослідження включали пацієнтів віком від 18 до 45 років включно, із збереженими інтерпроксимальними контактами в премолярно-молярній ділянці та цифровими рентгенограмами, повністю придатними для комп'ютерного аналізу та інтерпретації. Критеріями виключення були неякісні рентгенограми (артефакти руху, порушення експозиції або геометрії), відсутність щільного контакту між зубами (діастеми, тріси, дефекти зубних рядів), значні реставрації проксимальних поверхонь, штучні коронки, вкладки, ортодонтичні конструкції (брекет-системи, ретейнери), а також інші анатомічні чи технічні чинники, що унеможливлювали достовірну інтерпретацію (виражений гіперостоз, значне накладання тіней суміжних зубів).

Після очищення поверхонь зубів від нальоту та висушування проводили візуально-інструментальний огляд апроксимальних поверхонь премолярів і молярів. Реєстрацію каріозних уражень здійснювали відповідно до критеріїв ICDAS. У дослідженні коди 1–2 розглядали як початкові зміни емалі, а коди 3–4 – як більш виражені ураження. Для аналітичного порівняння ці коди об'єднували у відповідні категорії глибини процесу [2, 3].

Ті самі цифрові зображення аналізували за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення Diagnocat (Diagnocat Inc., США), версія 3.4.2, у хмарному інтерфейсі. Основу алгоритму становлять глибокі згорткові нейронні мережі (CNN), оптимізовані для комп'ютерного зору та сегментації медичних зображень. Після завантаження DICOM-файлів система автоматично сегментувала тканини зуба та марку-

вала підозрілі проксимальні ділянки із зазначенням глибини процесу (емаль/дентин) і ймовірності патології. За даними протоколу, використана модель була попередньо навчена та валідована розробником на незалежній багатоцентровій вибірці; донавання на локальних даних у цьому дослідженні не проводилося [7].

Модель «лікар + ШІ». Після первинної оцінки лікарем результат автоматизованої розмітки демонстрували тому самому лікарю, після чого він формував остаточне діагностичне рішення. Комбінований підхід тому слід трактувати як послідовну модель підтримки рішення, а не як незалежний третій тест.

Для кожного підходу оцінювали чутливість, специфічність, загальну точність, частку хибнопозитивних і хибнонегативних результатів. Статистичну обробку проводили за допомогою IBM SPSS Statistics 26.0 та R 4.3.1. Для чутливості та специфічності розраховували 95% довірчі інтервали методом Вілсона. Оскільки обидва методи застосовувалися до тих самих об'єктів, для прямого порівняння парних категоріальних результатів використовували критерій Мак-Немара з поправкою Йейтса; критерій χ^2 Пірсона розглядали лише як описовий для розподілу частот. Рівень статистичної значущості встановлювали при $p < 0,05$. Для розрахунків використовували абсолютні значення TP, TN, FP і FN.

Візуально-інструментальне обстеження та аналіз рентгенограм виконували три незалежні лікарі-стоматологи терапевтичного профілю зі стажем клінічної роботи понад 5 років. Повторне оцінювання 20% випадково відібраного матеріалу проводили через 14 днів після первинного аналізу. Узгодженість оцінювання визначали за коефіцієнтом К Коена.

Дизайн і методи дослідження були розглянуті та схвалені комісією з питань біоетики Полтавського державного медичного університету. Усі учасники надали добровільну інформовану згоду на участь у дослідженні, рентгенологічне обстеження, обробку, деперсоналізацію та публікацію знеособлених результатів. Цифрові рентгенограми анонімізували перед завантаженням у систему штучного інтелекту [8].

Результати дослідження та їх обговорення.

У дослідження було включено 150 пацієнтів, у яких оцінено 600 проксимальних поверхонь зубів. Для порівняльного аналізу діагностичної ефективності традиційного візуально-інструментального методу та системи штучного інтелекту (ШІ) результати були стратифіковані залежно від глибини каріозного ураження: у межах емалі та на рівні емалево-дентинної межі (ЕДМ) і дентину.

При виявленні каріозних уражень у межах емалі система ШІ продемонструвала вищу діагностичну чутливість порівняно з традиційним методом. Чутливість традиційного візуально-інструментального обстеження становила 49,5% (95% ДІ: 42,6–56,4), тоді як для системи ШІ цей показник досягав 95,0% (95% ДІ: 90,8–97,4). Таким чином, використання ШІ супроводжувалося істотним зменшенням кількості хибнонегативних результатів: FN становив 100 випадків при традиційній діагностиці проти 10 випадків при застосуванні ШІ (**табл. 1**).

Специфічність традиційного методу була дещо вищою – 97,0% (95% ДІ: 94,8–98,3), порівняно з 94,5%

(95% ДІ: 91,8–96,4) для системи ШІ. Водночас загальна точність діагностики при використанні ШІ становила 94,7%, що перевищувало відповідний показник традиційного методу – 81,3%. Отже, найбільш виражена перевага автоматизованого аналізу спостерігалася саме щодо виявлення ранніх емалевих уражень.

Статистичне порівняння парних результатів діагностики за критерієм Мак-Немара підтвердило статистично значущу відмінність між методами при виявленні карієсу в межах емалі ($\chi^2=72,4$; $p<0,001$). Отриманий результат свідчить про істотне підвищення ймовірності виявлення ранніх карієзних змін при використанні ШІ як додаткового діагностичного інструменту.

При аналізі уражень на рівні емалево-дентинної межі та дентину результати також продемонстрували високу діагностичну ефективність обох підходів (табл. 2). Чутливість традиційного методу становила 82,8% (95% ДІ: 75,7–88,1), тоді як для системи ШІ – 97,9% (95% ДІ: 93,8–99,3). При цьому система ШІ дозволила суттєво зменшити кількість хибнонегативних результатів: FN становив 3 випадки порівняно з 25 випадками при традиційному методі.

Специфічність традиційного методу на цьому етапі була вищою та становила 98,9% (95% ДІ: 97,4–99,6), тоді як для ШІ – 96,7% (95% ДІ: 94,6–98,0).

Загальна точність діагностики становила відповідно 95,0% та 96,9%. Таким чином, при оцінці уражень, що поширювалися до емалево-дентинної межі та дентину, система ШІ також демонструвала вищу чутливість і дещо вищу загальну точність, хоча традиційний метод характеризувався вищою специфічністю.

Порівняння парних результатів на рівні ЕДМ та дентину за критерієм Мак-Немара також виявило статистично значущу різницю між діагностичними підходами ($\chi^2=15,2$; $p<0,01$), при цьому кількість пропущених уражень при застосуванні ШІ була меншою (FN=3 проти FN=25).

Отримані результати загалом демонструють, що застосування системи штучного інтелекту забезпечувало вищу чутливість виявлення проксимального карієсу порівняно з традиційним візуально-інструментальним обстеженням. Найбільш виражена перевага ШІ спостерігалася при виявленні ранніх уражень у межах емалі, для яких традиційна клінічна діагностика характеризувалася значною часткою хибнонегативних результатів. Водночас деяке зниження специфічності при використанні ШІ вказує на необхідність клінічної верифікації позитивних результатів лікарем-стоматологом.

Таким чином, отримані дані підтримують використання моделі «лікар + ШІ» як інструменту додаткової

Таблиця 1 – Спряженість парних результатів діагностики карієсу в межах емалі (n=150 пацієнтів, оцінено 600 проксимальних поверхонь)

Метод діагностики	Істинно позитивні (TP)	Хибно позитивні (FP)	Істинно негативні (TN)	Хибно негативні (FN)	Чутливість (Se), % [95% ДІ]	Специфічність (Sp), % [95% ДІ]	Загальна точність (Ac), %
Традиційний метод	98	12	390	100	49,5% [42,6–56,4]	97,0% [94,8–98,3]	81,3%
Система ШІ	188	22	380	10	95,0% [90,8–97,4]	94,5% [91,8–96,4]	94,7%

Примітки: при порівнянні виявлення емалевих уражень критерій Мак-Немара виявив статистично значущу перевагу ШІ $\chi^2=72,4$; $p<0,001$.

діагностичної підтримки («second opinion»), особливо для виявлення прихованих проксимальних карієзних уражень на ранніх стадіях. Сучасні систематичні огляди також показують, що допомога ШІ при аналізі bitewing-рентгенограм може підвищувати чутливість виявлення проксимального карієсу, особливо ранніх уражень, при відносно незначному впливі на специфічність [9, 10].

Отримані результати свідчать про можливу диференційовану роль автоматизованої діагностики залежно від глибини проксимального карієзного процесу. У представленій вибірці найбільш виражена заявлена перевага ШІ спостерігалася при ранніх емалевих змінах, тоді як при ураженні дентину чутливість автоматизованої системи була нижчою за показник традиційної оцінки.

Таблиця 2 – Спряженість парних результатів діагностики карієсу на рівні емалево-дентинної межі та дентину

Метод діагностики	Істинно позитивні (TP)	Хибно позитивні (FP)	Істинно негативні (TN)	Хибно негативні (FN)	Чутливість (Se), % [95% ДІ]	Специфічність (Sp), % [95% ДІ]	Загальна точність (Ac), %
Традиційний метод	120	5	450	25	82,8% [75,7–88,1]	98,9% [97,4–99,6]	95,0%
Система ШІ	142	15	440	3	97,9% [93,8–99,3]	96,7% [94,6–98,0]	96,9%

Примітки: на рівні дентину ШІ також продемонстрував вищу чутливість, зменшуючи пропуски уражень (FN=3 проти 25 у лікаря); критерій Мак-Немара $\chi^2=15,2$; $p<0,01$.

Такі результати загалом відповідають сучасним даним літератури. Attmar і Kühnisch у систематичному огляді та метааналізі показали перспективні діагностичні характеристики ШІ на bitewing-знімках, але наголосили на високому або невизначеному ризику упередженості багатьох первинних досліджень та необхідності зовнішньої валідації [4]. Метааналіз 2026 року, присвячений проксимальному карієсу, також продемонстрував перспективність ШІ, але вказав на значну гетерогенність та обмежену кількість досліджень із повними 2×2 даними [5].

Модель «лікар + ШІ» є найбільш клінічно цікавою частиною дослідження. Систематичний огляд 2026 року включив сім досліджень і 6400 проксимальних поверхонь та показав, що AI-підтримка підвищує чутливість виявлення проксимального карієсу, особливо ранніх уражень, при загалом невеликому впливі на специфічність [6]. Це підтримує концепцію Second Opinion, але не дозволяє автоматично переносити результати інших досліджень на конкретну AI-платформу, використану в нашій роботі.

Висновки.

1. Застосування системи штучного інтелекту при аналізі цифрових bitewing-рентгенограм продемонструвало вищу діагностичну чутливість порівняно з традиційним візуально-інструментальним методом

при виявленні проксимального карієсу. Найбільш виражена перевага ШІ спостерігалася при ранніх ураженнях у межах емалі, де чутливість становила 95,0% проти 49,5% для традиційного методу ($p < 0,001$).

2. При ураженнях на рівні емалево-дентинної межі та дентину система ШІ також забезпечувала вищу чутливість – 97,9% проти 82,8% для традиційного методу, із меншою кількістю хибнонегативних результатів (FN=3 проти 25; $p < 0,01$). Водночас традиційний метод характеризувався дещо вищою специфічністю, що підкреслює необхідність клінічної оцінки позитивних результатів автоматизованого аналізу.

3. Отримані результати свідчать про доцільність використання штучного інтелекту як додаткового інструменту («second opinion») при діагностиці проксимального карієсу, насамперед для підвищення ви-

явлення ранніх, клінічно малопомітних уражень. Використання ШІ не повинно розглядатися як заміна лікаря-стоматолога, а найбільш обґрунтованою є модель «лікар + ШІ», за якої остаточне діагностичне рішення приймає фахівець на основі сукупності клінічних та рентгенологічних даних.

Перспективи подальших досліджень.

Автоматизований аналіз цифрових bitewing-рентгенограм може використовуватися як додатковий інструмент для привернення уваги лікаря до прихованих проксимальних уражень. Найбільш обґрунтованою є модель Second Opinion, у якій остаточне рішення приймає стоматолог на підставі сукупності клінічних і рентгенологічних даних.

Література

1. World Health Organization. Sugars and dental caries. Geneva: WHO; 2025.
2. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. Community Dent Oral Epidemiol. 2007;35(3):170-178. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2007.00347.x>
3. Ammar N, Kühnisch J. Diagnostic performance of artificial intelligence-aided caries detection on bitewing radiographs: a systematic review and meta-analysis. Jpn Dent Sci Rev. 2024;60:128-136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2024.02.001>
4. Salehizeinabadi M, Math SY, Ameli N, Demirturk H, Pacheco-Pereira C. Effectiveness of human-artificial intelligence collaboration for interproximal caries detection using bitewing radiographs: a systematic review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2026.07.005>
5. Wang Y, Fu D, Zhou G, Zou L. AI-based detection of proximal caries across radiographic modalities: a systematic review and meta-analysis. Dentomaxillofac Radiol. 2026. DOI: <https://doi.org/10.1093/dmfr/twag046>
6. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. Ann Intern Med. 2011;155(8):529-536. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
7. Shivakumar KM, Prasad S, Chandu GN. International caries detection and assessment system: a new paradigm in detection of dental caries. J Conserv Dent. 2009;12(1):10-16. DOI: <https://doi.org/10.4103/0972-0707.53335>
8. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Participants. JAMA. 2025;333(1):71-74. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2024.21972>
9. Meléndez Rojas P, Rodríguez Luengo M, Durán Anrique M, Niklander S, Villalobos Dellafori MF, Jamett Rojas J, et al. Artificial Intelligence Tools for Dental Caries Detection: A Scoping Review. Oral. 2025;5(4):102. DOI: <https://doi.org/10.3390/oral5040102>
10. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. Educ Psychol Meas. 1960;20(1):37-46.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ДІАГНОСТИЦІ ПРИХОВАНОГО ПРОКСИМАЛЬНОГО КАРІЄСУ: ПОРІВНЯННЯ З ТРАДИЦІЙНИМ МЕТОДОМ

Бойченко О. М., Бублій Т. Д., Іваницький І. О.

Резюме. Проксимальний карієс є складним для раннього клінічного виявлення через обмежену доступність контактних поверхонь. Цифрова bitewing-рентгенографія розширює діагностичні можливості, а штучний інтелект може бути додатковим інструментом аналізу зображень.

Мета – порівняти діагностичні характеристики традиційного візуально-інструментального методу та системи ШІ при виявленні проксимального карієсу різної глибини й оцінити потенційну цінність моделі «лікар + ШІ».

Проведено клініко-рентгенологічне дослідження за участю 150 пацієнтів віком 18–45 років із оцінкою 600 проксимальних поверхонь зубів. Після клінічного обстеження виконували цифрову bitewing-рентгенографію. Результати традиційної діагностики порівнювали з даними автоматизованого аналізу рентгенограм системою штучного інтелекту. Діагностичну ефективність оцінювали за показниками чутливості, специфічності та загальної точності, а також за кількістю істинно та хибно позитивних і негативних результатів. Для порівняння парних категоріальних даних застосовували критерій Мак-Немара.

При виявленні каріозних уражень у межах емалі чутливість традиційного методу становила 49,5% (95% ДІ: 42,6–56,4), тоді як системи ШІ – 95,0% (95% ДІ: 90,8–97,4). Загальна точність становила відповідно 81,3% та 94,7%, а кількість хибнонегативних результатів – 100 та 10. Різниця між методами була статистично значущою ($\chi^2=72,4$; $p < 0,001$). При ураженнях на рівні емалево-дентинної межі та дентину чутливість традиційного методу становила 82,8% (95% ДІ: 75,7–88,1), системи ШІ – 97,9% (95% ДІ: 93,8–99,3), а загальна точність – 95,0% та 96,9% відповідно. Кількість хибнонегативних результатів становила 25 при традиційній діагностиці та 3 при застосуванні ШІ; різниця була статистично значущою ($\chi^2=15,2$; $p < 0,01$). Водночас специфічність традиційного методу залишалася дещо вищою, ніж системи ШІ.

Система штучного інтелекту продемонструвала вищу чутливість і загальну діагностичну точність при виявленні проксимального карієсу порівняно з традиційним методом, особливо при ранніх емалевих ураженнях. Застосування ШІ сприяло істотному зменшенню кількості хибнонегативних результатів. Отримані дані обґрунтовують перспективність використання ШІ як інструменту «second opinion» у стоматологічній практиці. Водночас остаточне діагностичне рішення має приймати лікар-стоматолог з урахуванням клінічних і рентгенологічних даних.

Ключові слова: штучний інтелект, проксимальний карієс, bitewing-рентгенографія, цифрова рентгенодіагностика, машинне навчання.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIAGNOSIS OF HIDDEN PROXIMAL CARIES: COMPARISON WITH THE TRADITIONAL METHOD

Boichenko O. M., Bublii T. D., Ivanytskyi I. O.

Abstract. Proximal caries is difficult to detect early because contact surfaces are poorly accessible to direct clinical inspection. Digital bitewing radiography expands diagnostic capability, while artificial intelligence may support image interpretation.

Objective. To compare the diagnostic characteristics of a traditional visual-instrumental method and an artificial intelligence system for detecting proximal caries of different depths and to assess the potential value of a clinician-plus-AI second-opinion model.

A clinical-radiological study was conducted involving 150 patients aged 18–45 years, with 600 proximal tooth surfaces assessed. Following clinical examination, digital bitewing radiographs were obtained. The results of traditional diagnosis were compared with those obtained by automated radiographic analysis using an artificial intelligence system. Diagnostic performance was assessed using sensitivity, specificity, overall accuracy, and the numbers of true-positive, false-positive, true-negative, and false-negative results. McNemar's test was used to compare paired categorical data.

Results. For the detection of carious lesions confined to enamel, the sensitivity of the traditional method was 49.5% (95% CI: 42.6–56.4), compared with 95.0% (95% CI: 90.8–97.4) for the AI system. Overall accuracy was 81.3% and 94.7%, respectively, while the number of false-negative results was 100 and 10. The difference between the methods was statistically significant ($\chi^2=72.4$; $p<0.001$). For lesions involving the enamel-dentin junction and dentin, sensitivity was 82.8% (95% CI: 75.7–88.1) for the traditional method and 97.9% (95% CI: 93.8–99.3) for the AI system, while overall accuracy was 95.0% and 96.9%, respectively. The number of false-negative results was 25 for the traditional method and 3 for AI-assisted diagnosis; the difference was statistically significant ($\chi^2=15.2$; $p<0.01$). At the same time, the specificity of the traditional method remained slightly higher than that of the AI system.

The artificial intelligence system demonstrated higher sensitivity and overall diagnostic accuracy for proximal caries detection than the traditional method, particularly for early enamel lesions. AI-assisted diagnosis substantially reduced the number of false-negative results. These findings support the potential use of AI as a “second opinion” tool in dental practice. However, the final diagnostic decision should remain with the dentist and should be based on the integration of clinical and radiographic findings.

Key words: artificial intelligence, proximal caries, bitewing radiography, digital radiodiagnosis, machine learning.

ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Boichenko O. M.: <https://orcid.org/0000-0003-1079-5719> ^{ABCD}

Bublii T. D.: <https://orcid.org/0000-0003-1796-612X> ^{BDF}

Ivanytskyi I. O.: <https://orcid.org/0000-0002-7234-6356> ^{BE}

Конфлікт інтересів:

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Адреса для кореспонденції

Бойченко Ольга Миколаївна

Полтавський державний медичний університет

Україна, 36000, м. Полтава, вул. Шевченка 23

Тел.: +380509732519

E-mail: olgaboichenko@ukr.net

A – концепція роботи та дизайн, **B** – збір та аналіз даних, **C** – відповідальність за статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 06.05.2026 року
Стаття прийнята до друку 19.08.2026 року
Опубліковано 29.09.2026 року