

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ РЕНТГЕНОГРАМ
З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ІНТРАКОРОНАРНИХ ДЕФЕКТІВ ДЕНТИНУ**

ДВНЗ «Івано-Франківський національний медичний університет» (м. Івано-Франківськ)

hoka_1986@ukr.net

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Дана робота є фрагментом НДР кафедри стоматології інституту післядипломної освіти ДВНЗ «Івано-Франківського національного медичного університету» «Комплексна оцінка та оптимізація методів прогнозування, діагностики та лікування стоматологічних захворювань у населення різних вікових груп», № державної реєстрації 0114U001788.

Вступ. Суть рентгенологічної діагностики каріозних уражень полягає у тому, що зміна мінерального складу твердих тканин зуба сприяє ослабленню рентгеновського випромінювання, яке проходить через досліджуваний зуб. Відповідно на приймачі та на результуючому зображенні такий ефект відображається зміною параметрів рентгенологічної щільності. Однак ефективність рентгенологічної діагностики карієсу залежить від значної кількості визначальних факторів, які включають вихідні параметри рентгенографії (апарату, типу приймача), специфіку процесингу зображення та відображення на екрані монітора, а також від результатів суб'єктивного аналізу знімка лікарем-стоматологом [1,2,3]. У систематичному огляді Dove S.B. автор проводив оцінку точності діагностики карієсу за даними рентгенологічних знімків, використовуючи в якості критерію – ROC-криву (графік залежності чутливості (вірно класифікованих позитивних результатів) від частоти хибно-позитивних висновків (невірно класифікованих негативних результатів)), оскільки такий підхід дозволяє визначити рівень розподілу діагностичних висновків незалежно від обраних параметрів діагностики патології [4]. У випадках застосування показників чутливості та специфічності для оцінки ефективності використання різних рентгенологічних методик діагностики карієсу неможливо достатньо точно провести аналіз, оскільки стоматологи використовують у своїй практиці різні діагностичні критерії, у відповідності до котрих проводять рентгенологічну ідентифікацію каріозного ураження. В результаті проведеного аналізу Dove S.B. дійшов висновку, що усі попередньо наведені докази ефективності використання різних рентгенологічних методів для детекції карієсу є слабкими, тобто не достатньо адекватними для валідації методу [4]. Очевидно, що така проблема виникає тому, що діагностика каріозних порожнин пов'язана не лише із детекцією контрастних білих та темних зон на рентгенологічному знімку, а і з інтерпретацією варіацій змін континіуму сірого кольору цифрового зображення.

Обмеження у діагностиці вогнищ прихованого карієсу були описані у роботі Valdecі E.S. (2015), в якій автор вказав на переважаючу діагностичну точність методу мікротомографії у порівнянні із звичайною рентгенографією, але враховуючи недоцільність рутинного використання томографічного методу, підкреслив необхідність модифікації існуючих алго-

ритмів графічного аналізу рентгенологічних зображень [5]. Останнє також було обґрунтовано тим, що узгодженість висновків лікарів щодо одного й того ж випадку рентгенологічної діагностики патології складала лише 0,584 згідно критерію каппа Коена, і статистично не відрізнялася від показника узгодженості при візуальній діагностиці, який складав 0,515.

Belem та співавтори описали результат порівняння опрацювання графічних рентгенологічних зображень із використанням різних фільтрів у програмному забезпеченні Digora-Optime®. Автори відмітили, що використання функції чіткості зображення сприяє підвищенню показників специфічності та чутливості діагностичного методу до $0,85 \pm 0,06$ та $0,68 \pm 0,22$, що перевищувало аналогічні показники без імплементації функцій опрацювання зображення, які складала $0,70 \pm 0,10$ та $0,57 \pm 0,13$ [6].

У огляді, проведеному Price J.B. та присвяченому аналізу сучасних підходів до ідентифікації каріозних уражень, автор підкреслив особливу роль bite-wing-рентгенографії та CAD-асоційованих діагностичних методів. Однак автор також відмітив складнощі інтерпретації отриманих рентгенологічних результатів дослідження при оцінці ступеня важкості каріозного процесу, що виникають при аналізі рентген-знімків різної якості [7]. Використання допоміжного програмного забезпечення, по типу Logicon System, сприяє більш об'єктивній оцінці змін щільності емалі та дентину вибраної оператором ділянки інтересу, що в кінцевому результаті підвищує рівень ефективності рентгенологічної діагностики карієсу до 69%.

Проте для клінічної практики доцільним залишається розроблення таких алгоритмів графічного аналізу рентгенограм, які б базувалися на доступних для широкого використання основних функцій програм-переглядачів цифрових зображень, і могли б бути застосовані в процесі первинної оцінки результатів рентгенологічної діагностики безпосередньо лікарем-стоматологом [8,9].

Мета дослідження – визначити вплив пост-процесингу зображень під час аналізу цифрових ортопантомограм на ефективність діагностики інтракоронарних дефектів дентину.

Об'єкт і методи дослідження. З метою дослідження використовували премоляри, що були видалені за ортодонтичними показаннями без ознак каріозного ураження. Всього для дослідження було відібрано 20 екстрагованих зубів. Проводили препарування зубів з оклюзійної поверхні на глибину 2-3 мм нижче рівня емалево-дентинного з'єднання. Після цього ділянку дефекту до межі з'єднання заповнювали ватою, а дефект, що залишався в межах емалі, виповнювали текучим композитом Filtek Ultimate Flow (3M). Надалі зуби позиціонували у структурі воскового типодонту по одному досліджуваному зразку у кожному сегменті і проводили процедуру ортопантомографії.

Порівняння показників чутливості, специфічності, точності та позитивних прогностичних значень

	Чутливість (%)	Специфічність (%)	Точність (%)	Позитивне прогностичне значення (%)
Ортопантомограма без пост-процесингу	62,71%	72,55%	78,58%	81,35%
Субстракція ділянки інтересу+корекція контрасту	72,25%	76,28%	86,33%	83,49%
Субстракція ділянки інтересу+корекція контрасту+підвищення чіткості зображення	77,84%	79,45%	91,44%	88,56%

Примітка. Джерело: власні дослідження.

Таким чином було отримано 5 ортопантомограм, з яких надалі проводили субстракцію досліджуваних зубів, які представляли ділянку інтересу для подальшого графічного аналізу у програмному забезпеченні GIMP 2.9. Перший варіант знімків проблемних зубів був представлений власне зображеннями усіх ортопантомограм без будь-якої подальшої графічної їх обробки. Другий варіант знімків представляв собою набір зображень, які пройшли через етап субстракції із всього поля ортопантомограми та були відкоректовані по контрасту (діапазон корекції до 40%). Третій варіант знімків представляв собою набір зображень ділянок дослідження, які після субстракції та корекції контрасту, були також відкоректовані по критерію чіткості зображення. Таким чином було отримано три набори зображень по 20 знімків у кожному, які були попередньо закодовані та оцінювалися двома лікарями-стоматологами незалежно. Після реєстрації діагностичних висновків лікарів дані були внесені у програмне забезпечення Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office), систематизовані у формі таблиць, а також експортовані у програмне забезпечення SPSS 18.0. з метою оцінки показників чутливості, специфічності, точності та позитивних прогностичних значень кожного із варіантів аналізу цифрових зображень ортопантомограм.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті проведеного аналізу трьох наборів зображень (ортопантомограм без пост-процесингу, виокремлених ділянок інтересу, які були відкоректовані за показниками контрасту та ділянок інтересу, що були відкоректовані за показниками контрасту та чіткості) вдалось виявити, що етап пост-процесингової обробки сприяє підвищенню показників чутливості, специфічності та точності діагностичних методів. Так, при субстанції ділянки інтересу та корекції параметрів контрасту і чіткості зображення середні показники чутливості та специфічності склали 77,84% та 79,45% відповідно, а точність методу при цьому сягала 91,44% (табл.). Різниця даних показників була статистично значимою у порівнянні із результатами, що були отримані при аналізі ортопантомограм, які не проходили через процедуру пост-процесингу ($p \leq 0,05$). У той же час статистично підтвердженої різниці між даними отриманими у випадках лише корекції контрасту та корекції контрасту разом із корекцією показників чіткості зображення виявити не вдалось ($p \geq 0,05$). Аналогічна тенденція спостерігалась також і при порівнянні даних, що були отримані без пост-процесингу зображень та після лише корекції контрасту зображення ($p \geq 0,05$).

Отримані результати аналогічні тим, що були представлені в процесі попередньо проведених досліджень: специфічність рентгенологічних методів діагностики є вищою за їхню чутливість [1,3,6,9]. Таке співвідношення сприяє тому, що шанс постановки хибно-негативних діагностичних висновків при наявності патології є вищим, ніж можливість постановки

хибно-позитивних при відсутності патології. Враховуючи, що лікування карієсу передбачає препарування твердих тканин зуба, постановка хибно-позитивного результату при відсутності патології сприятиме необґрунтованій направленій редукції емалі та дентину. З іншої сторони, постановка хибно-негативного діагностичного висновку призведе до відсутності лікування та подальшого прогресування патології, але в такому випадку ураження може бути діагностовано на подальших стадіях прогресування без порушення інтактності пульпи зуба. Таким чином, переважання можливості постановки хибно-негативних висновків при наявності карієсу порівняно з хибно-позитивними при його відсутності сприяє зменшенню ризику проведення необґрунтованих ятрогенних втручань. З іншої сторони, отримані результати також свідчать про доцільність підвищення показників чутливості діагностики.

Gonsalves P.P. (2017) описав складну систему процесингу цифрових зображень рентгенограм, яка передбачала реалізацію наступних етапів: калібрування, перевід формату RGB у сірий, бінарну конверсію, виокремлення підозрілих пікселів та видалення фону, ідентифікацію ділянки порожнини та видалення небажаних одиниць зображення, розподіл блоків в ділянці потенційної порожнини та проектування меж каріозного дефекту [10]. Автоматизація вищеписаного алгоритму дозволить програмному забезпеченню незалежно попередньо від лікаря виділяти підозрілі ділянки демінералізації та виокремлювати їх як такі, що потребують подальшого аналізу. Крім того, методика спрямована не тільки на ідентифікацію карієсу, але й на визначення глибини ураження з метою оптимізації підходу до вибору методу лікування, виходячи із ризиків можливого ятрогенного пошкодження пульпи зуба. Схожий алгоритм був запропонований Kotsourgi G.D., в якому автор передбачив автоматичне визначення ділянок демінералізації, подальше незалежне визначення візуальних ознак карієсу за клінічними зображенням та співставлення центроїдів обох типів зображень. Таким чином автору вдалось досягти точності діагностики на рівні 80% [11]. При цьому, однак, автор відмітив, що в процесі діагностики спостерігалось зростання кількості хибно-позитивних результатів. Такий ефект може бути оптимізований шляхом підбору адаптованих меж трешхолдингу візуальних меж порожнини у відповідності до класифікації ICDAS.

Naam J. та Harlan J. (2016) також розробили оригінальний метод детекції меж каріозних порожнин на ортопантомограмах за принципом множинного морфологічного градієнту [12]. Останній передбачає підвищення інтенсивності меж каріозного дефекту на рентгенологічному цифровому знімку, таким чином покращуючи якість самого зображення. Авторський алгоритм включає реалізацію низки субпроцесів, серед яких первинна сегментація зображення, проценсінг його, виходячи із засад математичної морфології (обробка та аналіз геометричних структур базуючись на параметрах множин, типології та відповідних функціях), вирахування множника, виходячи із значення пікселя та розрядності біту, та наступну обробку за методом морфологічного градієнту. Проте складність подібної методики, не зважаючи на її високу прецизійність, полягає у необхідності розуміння низки математичних та графічних прийомів аналізу, що знижує потенціал її застосування у повсякденній стоматологічній практиці.

Вирішення проблеми варіативності інтерпретації отриманих рентгенологічних знімків з метою постановки діагнозу карієсу Rad A.E. (2016) запропонував вирішити за рахунок референтної бази знімків, із зразками якої лікар може проводити порівняльний аналіз [13]. База складається із 120 референтних зображень та доступна у вільному доступі, при цьому у наборі зображень є так звані «ground truth» – еталонні, та ті, за котрими лікар може проводити базовий компаративний аналіз.

Описаний у даному дослідженні метод оптимізації рентген-зображення шляхом корекції параметрів

контрасту та чіткості, що представляють собою доступні для широкого використання основні функції програм-переглядачів цифрових знімків, може бути застосований в процесі первинної оцінки результатів рентгенологічної діагностики безпосередньо лікарем-стоматологом.

Висновок. У результаті проведеного дослідження ефективності використання різних підходів до графічного опрацювання цифрових рентгенограм було встановлено, що пост-процесинг рентгенологічних зображень в умовах експериментальної імітації внутрішньокоронкових дефектів дентину сприяє зростанню показників специфічності, чутливості та точності алгоритмів діагностичного аналізу. Отримані показники узгоджуються із результатами попередньо проведених досліджень, а незначну відмінність таких, що проявляються виражено високими кінцевими значеннями чутливості та специфічності, можна пояснити експериментальною моделлю дослідження. Корекція показників контрасту та чіткості рентгенологічних зображень сприяє оптимізації діагностики каріозних порожнин з використанням рентгенологічних методів дослідження у порівнянні із діагностичними підходами, що передбачають проведення аналізу цифрових рентгенограм без реалізації етапу пост-процесингу графічних зображень.

Перспективи подальших досліджень полягають у підвищенні ефективності використання діагностичного алгоритму та визначенні успішності застосування лікувально-профілактичного комплексу у дітей з передеруптивною формою карієсу дентину.

Література

- Şenel B, Kamburoğlu K, Üçok Ö, Yüksel SP, Özen T, Avsever H. Diagnostic accuracy of different imaging modalities in detection of proximal caries. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2010;39(8):501-11.
- Suomalainen A, Esmaili EP, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights into imaging*. 2015;6(1):1-16.
- Naam J, Harlan J, Madenda S, Wibowo EP. Image Processing of Panoramic Dental X-Ray for Identifying Proximal Caries. *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control)*. 2017;15(2):702-8.
- Dove SB. Radiographic diagnosis of dental caries. *Journal of Dental Education*. 2001;65(10):985-90.
- dos Santos Junior VE, de Lima Targino AC, de Alencar Filho AV, Rosenblatt A. Are there hidden caries or is this another limitation of the diagnostic conventional exams? *Revista Odonto Ciência*. 2015;30(2):45-50.
- Belém MDF, Ambrosano GMB, Tabchoury CPM, Ferreira-Santos RI, Haiter-Neto F. Performance of digital radiography with enhancement filters for the diagnosis of proximal caries. *Brazilian oral research*. 2013;27(3):245-51.
- Price JB. A Review of Intraoral Radiology. *DentoMaxilloFaci al Radiology*. 2000;29(1):41-5.
- Khabchuk VS, Rozhko MM, Oliinyk RP, Pohoretska HV, Patskun LO. Efektyvnist rannoi diahnostryky prykhovanykh form kariiesu ta monitorynhu stomatolohichnoho statusu ditei riznykh vikovykh hrup. *Visnyk naukovykh doslidzhen*. 2017;4:122-6. [in Ukrainian].
- Honcharuk-Khomyn Mlu, Kostenko Yela. Antropometrychni rozrakhunky proportsiinykh spivvidnoshen za tsyfrovymy ortopantomohramamy. *Bukovynskiy medychniy visnyk*. 2013;3(1):45-6. [in Ukrainian].
- Gonsalves P. Diagnosis of Dental Cavities using Image Processing. *International Journal of Computer Applications*. 2017;180(5):28-32.
- Berdouses ED, Koutsouri GD, Tripoliti EE, Matsopoulos GK, Oulis CJ, Fotiadis DI. A computer-aided automated methodology for the detection and classification of occlusal caries from photographic color images. *Computers in biology and medicine*. 2015;62:119-35.
- Naam J, Harlan J, Madenda S, Wibowo EP. The Algorithm of Image Edge Detection on Panoramic Dental X-Ray Using Multiple Morphological Gradient (mMG) Method. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2016;6(6):1012-8.
- Rad AE, Rahim MSM, Rehman A, Saba T. Digital dental X-ray database for caries screening. *3D Research*. 2016;7(2):18.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ РЕНТГЕНОГРАМ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ІНТРАКОРОНАРНИХ ДЕФЕКТІВ ДЕНТИНУ

Хабчук В. С., Рожко М. М., Олійник Р. П.

Резюме. Суть рентгенологічної діагностики каріозних уражень полягає у тому, що зміна мінерального складу твердих тканин зуба сприяє ослабленню рентгенівського випромінювання, яке проходить через досліджуваний зуб. *Мета.* Визначити вплив пост-процесингу зображень при аналізі цифрових ортопантомограм на ефективність діагностики інтракоронарних дефектів дентину. *Об'єкт і методи дослідження.* З метою дослідження використовували премолари, що були видалені за ортодонтичними показаннями без ознак каріозного ураження. Отримані цифрові зображення піддавались етапу корекції параметрів контрасту та чіткості. *Результати дослідження.* При субстракції ділянки інтересу та корекції параметрів контрасту і чіткості зображення середні показники чутливості та специфічності діагностики склали 77,84% та 79,45%

відповідно, а точність методу при цьому сягала 91,44%. *Висновки.* Було встановлено, що пост-процесинг рентгенологічних зображень в умовах експериментальної імітації внутрішньокоронкових дефектів дентину сприяє зростанню показників специфічності, чутливості та точності алгоритмів діагностичного аналізу.

Ключові слова: рентгенологічна діагностика, каріозне ураження, пост-процесинг зображень, інтракоронарні дефекти дентину, діагностичний аналіз.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕНТГЕНОГРАММ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНТРАКОРОНАРНЫХ ДЕФЕКТОВ ДЕНТИНА

Хабчук В. С., Рожко Н. М., Олейник Р. П.

Резюме. Суть рентгенологической диагностики кариозных поражений заключается в том, что изменение минерального состава твердых тканей зуба способствует ослаблению рентгеновского излучения, проходящего через исследуемый зуб. *Цель.* Определить влияние пост-процессинга изображений при анализе цифровых ортопантограмм на эффективность диагностики интракоронарных дефектов дентина. *Объект и методы исследования.* С целью исследования использовали премоляры, которые были удалены с ортодонтическими показаниями без признаков кариозного поражения. Полученные цифровые изображения подвергались этапу коррекции параметров контраста и четкости. *Результаты исследования.* При субтракции участки интереса и коррекции параметров контраста и четкости изображения средние показатели чувствительности и специфичности диагностики составляли 77,84% и 79,45% соответственно, а точность метода при этом достигала 91,44%. *Выводы.* Было установлено, что пост-процесинг рентгенологических изображений в условиях экспериментальной имитации внутрикоронковых дефектов дентина способствует росту показателей специфичности, чувствительности и точности алгоритмов диагностического анализа.

Ключевые слова: рентгенологическая диагностика, кариозное поражение, пост-процесинг изображений, интракоронарные дефекты дентина, диагностический анализ.

EFFICIENCY ANALYSIS OF USING METHODS OF GRAPHIC ANALYSIS FOR X-RAY IMAGES WITH THE AIM OF INTRA-CORONAL DENTIN DEFECTS DETECTION

Habchuk V., Rozhko M., Oliynyk R.

Abstract. The essence of the X-ray diagnosis of carious lesions based on the change in the mineral composition of the hard tissues of the tooth, which reduce the attenuation of X-ray radiation that passes through the tooth. For clinical practice, it is expedient to develop such algorithms of X-ray images graphic analysis that would be based on widely available basic functions of digital image viewers, and could be used in the initial evaluation of X-ray diagnostic results directly by a dentist. *Objective.* Determine the effect of images post-processing during the analysis of digital orthopantomograms on the effectiveness of intracoronary dentine defects diagnosis. *Object and methods.* For the purpose of the study, premolars that were removed for orthodontic indications without signs of carious lesions were used. The teeth were prepared from the occlusive side to a depth of 2-3 mm below the level of the enamel-dentine connection. Subsequently, the area of defect up to the boundary of the connection was filled with cotton, and the remaining defect within the enamel was filled with a flow-composite Filtek Ultimate Flow (3M). Then teeth were positioned in the wax dental typodont one sample in each segment, and procedure of orthopantomography was performed (Planmeca ProMax 3D Classic). The received digital images were subjected to the stage of correction by contrast and sharpness parameters. *Results.* After the subtraction of the field of interest and the correction of the contrast and sharpness of the image, the average sensitivity and specificity of the diagnostic method was 77,84% and 79,45% respectively, while the accuracy of the method reached 91,44%. The difference between these indices was statistically significant in comparison with the results obtained during the analysis of orthopantomograms that were not passed through the post-processing procedure ($p \leq 0,05$). At the same time, the statistically confirmed difference between the data obtained in cases of contrast correction and contrast correction, along with the correction of the indicators of image sharpness, could not be detected ($p \geq 0,05$). *Conclusions.* As a result of the study of the effectiveness during the use of different approaches to the graphic processing of digital radiographs, it was established that post-processing of X-ray images in the conditions of experimental simulation of intracoronary dentin defects contributes to an increase in the specificity, sensitivity and accuracy of such algorithms for diagnostic analysis. Correction of indicators of contrast and sharpness of X-ray images helps to optimize the diagnosis of carious cavities using X-ray methods compared to the diagnostic approaches that involve the analysis of digital X-ray without the implementation of the post-processing stage of graphic images.

Key words: X-ray diagnosis, carious lesions, images post-processing, intracoronary dentine defects, diagnostic analysis.

Рецензент – проф. Ткаченко І. М.

Стаття надійшла 05.04.2019 року