

С.В. ПАВЛОВ, Д.В. ВОВКОТРУБ, В.А. СТАСЕНКО

Вінницький національний технічний університет

І.І. САЛДАН

Вінницький національний медичний університет ім. М.Пирогова

psv@vntu.edu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ОЧНОГО ДНА

Досліджено процес отримання томограм ока за допомогою оптичної когерентної томографії. Розглянуто стадії утворення ідіопатичних макулярних розривів при діагностиці дна ока. Визначені основні стадії прогресування патології сітківки. За результатами теоретичних та практичних досліджень розроблено систему та методику аналізу стану макулярної області сітківки ока.

Keywords: Tomogram, optical coherent tomography, macular area, fuzzy logic, membership function, idiopathic macular break.

SERGIY V. PAVLOV, DINA V. VOVKOTRUB, VLADYSLAV A. STASENKO

Vinnytsia National Technical University

IOSIF SALDAN

Vinnytsia National Medical University by M. Pirogov

psv@vntu.edu.ua

APPLICATION OPTOELECTRONIC SYSTEMS FOR THE ANALYSIS STRUCTURAL CHANGES DIAGNOSIS OF MACULAR AREA EYE

Abstract. The process of obtaining tomograms of an eye using optical coherence tomography. We consider the formation stage idiopathic macular ruptures in the diagnosis of the bottom of the eye. The main stage of progression of retinal pathology. The results of theoretical and practical research developed a system and method of analysis of the macular region of the retina.

Keywords: Tomogram, optical coherent tomography, macular area, fuzzy logic, membership function, idiopathic macular break.

Вступ. Сучасний розвиток технологій оброблення зображень сягнув і медицини, особливо на етапі діагностики. Серед великої кількості галузей значиму роль відіграє офтальмологія. Лікування захворювань ока, зокрема включають себе аналіз та інтерпретацію зображень, що були отримані в результаті проведеної діагностики. В даний час є різні методики огляду ока, виділимо основні напрямки: зовнішній огляд, огляд з боковим освітленням, огляд ока за допомогою проходження світла через зіницю, офтальмоскопія, діафаноскопія, офтальмодинамометрія та флуоресцентна ангіографія, біомікроскопія, ехоофтальмографія;, електроретинографія.

Поряд з тим існує безліч хвороб та патологій ока, які досить важко оцінити вказаними методами, адже вони не дають повної картини про внутрішню його частину, до того ж деякі спеціалісти не можуть поставити остаточний діагноз без додаткових досліджень. Тому постала потреба в розробці та реалізації на практиці новітніх приладів, що дають змогу не лише оцінити передню частину ока, але й провести детальний огляд всіх шарів внутрішнього його складу. Даними питаннями займалися провідні фахівці США, Японії, Німеччини, Ізраїлю, Польщі та ін.

Аналіз методів та технологій оброблення. Дослідження задньої частини ока, допомагає визначити на ранніх стадіях такі захворювання як глаукому, макулярний розрив сітківки, макулярний набряк, субретинальну неоваскулярну мембрану, розшарування сітківки, ураження зорового нерва та багато інших. Тому останнім часом стрімко розвиваються методи дослідження поля зору, візуалізації диска зорового нерва (ДЗН) та шару нервових волокон сітківки. Провівши аналіз існуючих методів можна виділити найбільш поширені з них: оптична когерентна томографія (ОСТ); гейдельбергська ретинальна томографія (HRT); лазерна ретинальна поляриметрія (GDx VCC); скандувальний аналізатор товщини сітківки (RTA).

При всій різноманітності сучасної апаратури лікарі стикалися з окремими обмеженнями, притаманними тому чи іншому типу техніки. Оскільки головним критерієм ефективності всіх апаратів є можливість з найбільш точною достовірністю виявляти захворювання або прогресію хвороби, слід поговорити про чутливість і специфічність тієї чи іншої методики. Зокрема метод оптичної когерентної томографії (ОСТ) [1, 2, 3] є одним із найбільш достовірних методів діагностики сітківки ока, особливо коли мова йде про її розриви в макулярній області, тому наступним кроком дослідження, був огляд проблем діагностики саме даної патології.

Випромінювання низькокогерентного джерела створюється безліччю дрібних світлових пучків, кожен імпульс яких має властивість когерентності і однакову тривалість. У свою чергу, тривалість або «ширина» цих імпульсів є когерентною довжиною світлового джерела; чим вона менша, тим точніші інтерферометричні вимірювання і тим вища роздільна здатність методу. Низька когерентність пучка випромінювання можлива за рахунок широкої спектральної полоси $\Delta\lambda$, яка дає в свою чергу високу просторову роздільну здатність Δz в плечі зондування по всій глибині отриманого скану:

$$\Delta z = \frac{2 \cdot \ln(2) \cdot \lambda^2}{\pi \cdot \Delta \lambda} \approx 0,44 \frac{\lambda}{\Delta \lambda}$$

При проведенні аналізу існуючих патологій дна ока, було виділено основні проблемні напрямки, які вирішуються до цього часу провідними спеціалістами та фахівцями в даній області, зокрема Лібманом Є.С [7]. Для детального розгляду, автором було обрано той клас задач, який охоплюють ідіопатичні макулярні розриви (ІМР). Патологія макулярної області сітківки стійко займає провідні позиції в дорослого населення серед розвинених країн. Одним з таких порушень, що призводять до необоротного погіршення зору, є сенильні, або ідіопатичні макулярні розриви. Ідіопатичний макулярний розрив (ІМР) є одним з найбільш поширених уражень центральної області сітківки, який має дефект сітківки в області жовтої плями, що виникає у пацієнтів похилого віку [8]. Основним приладом, який реєструє та проводить аналіз даних патологій є ОСТ. За даними оптичної когерентної томографії при ІМР спостерігаються: витончення та нерівномірність шару хоріокапілярів, підвищення світловідбивання внаслідок ущільнення судинної стінки, що може побічно свідчити про порушення місцевої гемодинаміки.

Практична реалізація. Для детальної оцінки стану ока, було запропоновано оцінити ряд показників під час діагностики. Основними інформативними параметрами, що показують відмінність однієї стадії патології від іншої та дають змогу детально дослідити томограму макулярної області сітківки ока, були наступними: наявність набряку в макулярній зоні; ширина ямки, в результаті прогресування ІМР; товщина сітківки з зони фовеола; товщина сітківки в зоні фовеа; стан центрального зору; наявність відшарування скловидного тіла. Для підведення підсумків по даним макулярної області сітківки ока, щодо різних стадій прогресування ІМР, було проведено дослідження у 103 пацієнтів.

На рис. 1 представлено модель розробленої системи, де оптико-електронний блок - SOCT Copernicus, де 1 – SOCT Copernicus, 2 – око пацієнта, 3 – зображення макулярної області сітківки ока, 4 – блок введення інформації та її попереднього оброблення, 5 – блок поповнення баз знань, 6 – Блок формування баз знань, 7 – блок зберігання еталонів, 8 – блок нечіткого оброблення та виведення, 9 – блок зберігання функцій належності, 10 – блок налаштування функцій належності, 11 – дисплей.

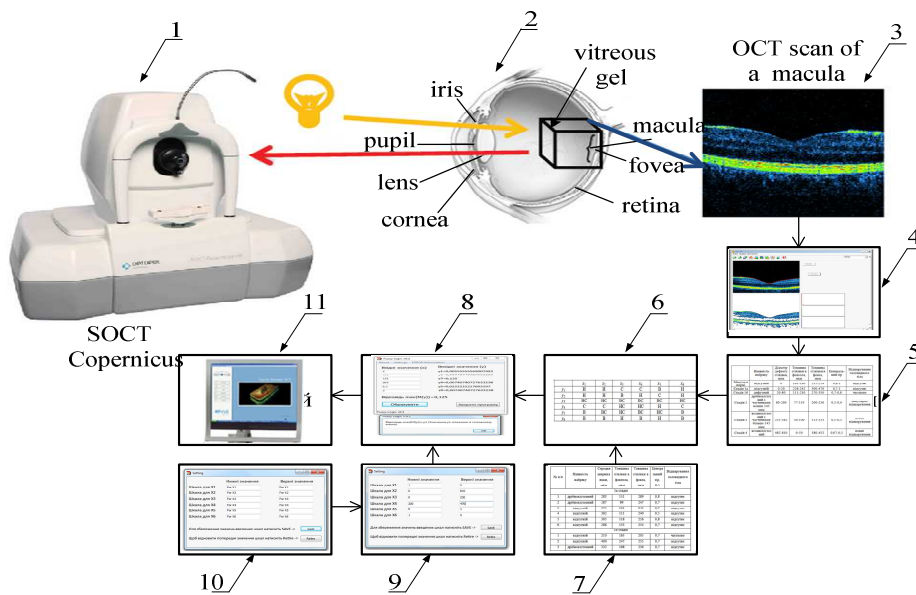


Рис. 1. Система для оброблення та аналізу біомедичних зображень макулярної області сітківки ока

Для передачі створених томограм було створено блок введення інформації та її попереднього оброблення, який має обробляти зображення та точно ідентифікувати межу розділення між скловидним тілом та сітківкою ока, за допомогою розробленого методу [9,10]. Надалі отримане оброблене зображення має бути записаним в блок поповнення баз знань, задля коректної інтерпретації при проведенні динаміки прогресу або регресу тієї чи іншої патології. Блок формування баз знань відповідає за збереження усіх даних, що були отримані раніше та еталонів, що існують з приводу норм та патологій макулярної зони сітківки ока. Надалі, отримані дані будуть опрацьовуватись блоками нечіткої логіки, що дадуть можливість, маючи в своєму ресурсі дані бази знань та отриманого зображення конкретного пацієнта, проводити аналіз та давати результат з приводу того чи іншого захворювання. Це дасть можливість лікарю під час діагностики, таких серйозних захворювань сітківки ока як ІМР отримати більше даних та зробити коректний висновок, щодо стану здоров'я сітківки ока пацієнта [10].

Реалізація блоку введення інформації та її оброблення системи аналізу структурних змін при діагностиці ІМР наведена на рис. 2, де 1 – відкрити файл; 2 – закрити файл; 3 – зберегти файл; 4 – початкове зображення; 5 – кольоровість (відображає значення R, G, B); 6 – виділення контуру; 7 – побудова графіків; 8 – покращення параметрів зображення; 9 – повноекранний режим; 10 – допомога; 11 – аналіз гістограми

зображень; 12 – кнопка, що відповідає за запускання процесу автоматичного виділення межі макулярної області; 13 – гістограми по R, G, B; 14 – мова [10]. Дане програмно-алгоритмічне забезпечення реалізоване в середовищі – Microsoft Visual Studio, за допомогою Visual C#.

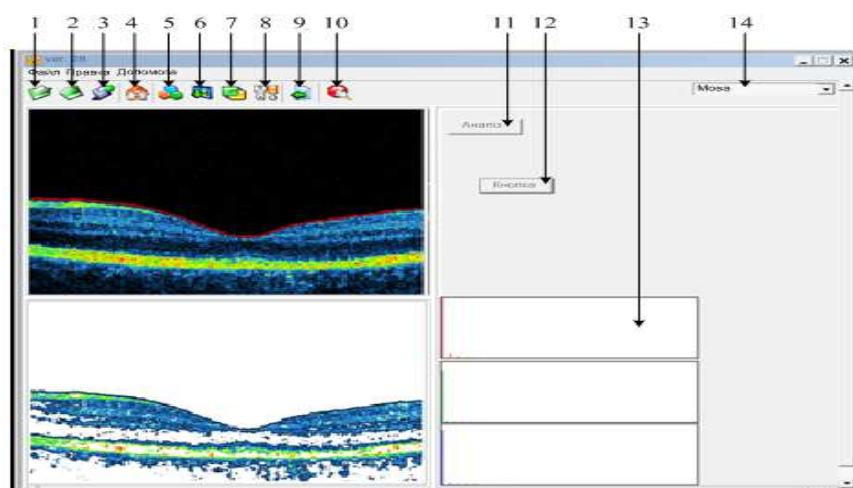


Рис. 2. Програма для оброблення томограми сітківки макулярної області ока

За допомогою розробленої системи аналізу структурних змін при діагностиці ІМР з використанням зображень, які були отримані за допомогою ОСТ, можна проводити ранню діагностику диска зорового нерва та сітківки ока, оскільки вдається зафіксувати найбільш ранні зміни та поставити конкретний діагноз.

Висновок. Показано, що при проведенні аналізу томограм макулярної області, які були отримані за допомогою ОСТ, виявляється ряд недоліків, пов'язаних з точним визначенням межі переходу між макулою сітківки та скловидним тілом, що зумовило необхідність створення методики високоточного оброблення отриманих томограм. Було запропоновано використання блоків нечіткої логіки при вирішенні постановки діагнозу щодо стадії прогресування ІМР. За результатами теоретичних та практичних досліджень, сформовано методику аналізу стану макулярної області сітківки ока з використанням апарату нечіткої логіки дає можливість підвищити ефективність комплексного діагностування патологій очного дна.

References

1. Alamouti B. Retinal thickness decreases with age: an OCT study / B. Alamouti, J. Funk // Br. J. Ophthalmol. – 2003. – Vol.87. – P.899.
2. Increasing sampling density improves reproducibility of optical coherence tomography measurements / R. Gurses-Ozden, H.r Hon ST. Ishikawa, J.M. Liebmann [et al.] // J. Glaucoma.– 1999. – Vol.8. – P. 238-241.
3. The Humphrey optical coherence tomography scanner: quantitative analysis and reproducibility study of the normal human retinal nerve fibre layer / A.L. Jones, N.J. Sheen, R.V. North [et al.] // Br. J. Ophthalmol. – 2001. – Vol.85. – P.673.
4. Tadrous P. J. Methods for imaging the structure and function of living tissues and cells. I. Optical Coherence Tomography / P. J. Tadrous // J. Pathol. – 2000. –Vol. 191. – P. 115-119.
5. New measurement system for fault location in optical waveguide devices based on an interferometric technique / K. Takada, I. Yokohama, K.Chida,J. Noda // Appl. Opt. – 1987. – Vol. 26. – P. 1603-1606.
6. Yodeda H. Clinical observation of macular hole / H. Yodeda // Nippon Ganca Gakkai Zasshi. – 1967. – Vol. 71. – P. 1723-1736.
7. Kampik A. Macular holes – a diagnostic and therapeutic enigma? / A. Kampik // Br. J. Ophthalmol. – 1998. – Vol. 82. – 338 p.
8. Natural outcomes of stage 1, 2, 3, and 4 idiopathic macular holes / T. Hikichi, A. Yoshida, J. Akiba, C. L. Tremple // Brit. J. Ophthalmol. – 1995. – Vol. 79. – P. 517-520.
9. Processing of coherent tomographic images / S. Pavlov, A. Poplavskiy, Y. Nikolaychuk, D. Vovkotrub. VI International conference on optoelectronic information technologies «Photonics-ODS 2012», 1-4 october 2012.: abstracts. – Vinnytsia: VNTU, 2012. – P. 115-116.
10. Methods of processing biomedical image of retinal macular region of the eye / Pavlov S. V., Vassilenko V. B., Vovkotrub D. V. [and other] // Optical Fibers and Their Applications 2012 – Lublin and Nałęczów, Poland, 2012 – Proc. of SPIE Vol. 8698 8698-17-1 - 8698-17-6.