

DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.4\(43\).2019.7](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.7)О. Я. Ванчуляк<sup>1,2</sup>, О. Ю. Литвиненко<sup>2</sup>, О. Г. Ушенко<sup>3</sup>, А. О. Андрійчук<sup>2</sup><sup>1</sup>Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет»  
Чернівці, Україна<sup>2</sup>Комунальна медична установа «Обласне бюро судово-медичної експертизи»  
Чернівці, Україна<sup>3</sup>Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича  
Чернівці, УкраїнаO. YA. Vanchulyak<sup>1,2</sup>, O. YU. Lytvynenko<sup>2</sup>, O. H. Ushenko<sup>3</sup>, A. O. Andriychuk<sup>2</sup><sup>1</sup>Higher State Educational Establishment of Ukraine «Bukovinian State Medical University»  
Chernivtsi, Ukraine<sup>2</sup>Municipal medical institution «Regional bureau of forensic expertise»  
Chernivtsi, Ukraine<sup>3</sup>Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University  
Chernivtsi, Ukraine

# ІНФОРМАТИВНІСТЬ ГІСТОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ КАРТОГРАФУВАННЯ МАП ЕЛІПТИЧНОСТІ ПОЛЯРИЗАЦІЇ МІКРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МІОКАРДА

## Informatively of histological study by method of mapping ellipticity of polarization of microscopic myocardial images

### Реферат

**Мета роботи.** Дослідити інформативність гістологічного дослідження міокарда людини у випадку раптової серцевої смерті та можливості методу картографування мап еліптичності поляризації мікроскопічних зображень міокарда у діагностиці та об'єктивній диференціації ГКН та ХІХС.

**Матеріали та методи.** Під час виконання роботи досліджено зразки міокарда людини від 89 осіб, які померли внаслідок гострої коронарної недостатності (ГКН) та хронічної ішемічної хвороби серця (ХІХС), традиційними гістологічними та лазерними поляризаційними методиками із застосуванням лазерного поляриметра стандартної схеми з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів.

**Результати.** Одержані результати показують, що найбільш інформативними для диференціальної діагностики ГКН та ХІХС виявились величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли величини еліптичності поляризації цифрових мікроскопічних зображень зразків міокарда на масштабі оптичного збільшення  $\times 56$ . Точність встановлення ГКН та ХІХС шляхом картогра-

### Abstract

**Purpose of the study.** To investigate the informational value of the histological examination of the human myocardium in case of sudden cardiac death and the possibility of a method of mapping ellipticity of polarization of microscopic images of the myocardium in the diagnosis and objective differentiation of acute coronary insufficiency (ACI) and chronic coronary heart disease (CIHD).

**Materials and methods.** Samples of human myocardium from 89 people who died as a result of ACI and CIHD were investigated, using traditional histological and laser polarization techniques, with a standard-scheme laser polarimeter. Subsequently, statistical processing of the obtained results was conducted.

**Results.** The results obtained show that the values of the statistical moments of the 3rd and 4th order, which characterize the coordinate distributions of the ellipticity of polarization of microscopic images of myocardial samples on the scale of optical magnification  $\times 56$ , were the most informative for differential diagnosis of ACI and CIHD. Accuracy of ACI and CIHD detection by mapping the ellipticity of polarization of

фування мап еліптичності поляризації мікроскопічних зображень міокарда на масштабі оптичного збільшення  $\times 56$  досягає  $\sim 97\%$  на відміну від традиційного гістологічного дослідження  $\sim 81\%$ .

**Висновок.** На основі отриманих даних ми підтверджуємо діагностичну ефективність та точність методу картографування розподілів величини еліптичності поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда у задачі діагностики та об'єктивної диференціації ГКН та ХІХС.

**Ключові слова:** лазерна поляриметрія, гістологія, міокард, раптова серцева смерть.

*myocardial microscopic images at an optical magnification of  $\times 56$  reaches  $\sim 97\%$ , as opposed to the traditional histological examination  $\sim 81\%$ .*

**Conclusion.** On the basis of the obtained data, we confirm the diagnostic efficiency and accuracy of the method of mapping the values of ellipticity polarization of microscopic images of histological sections of the myocardium in the problem of diagnosis and objective differentiation of ACI and CIHD.

**Keywords:** laser polarimetry, histology, myocardium, sudden cardiac death.

## ВСТУП

Захворювання серцево-судинної системи займають лідируючу позицію серед смертельних наслідків у всьому світі, при чому значна частина від загальної кількості захворювань системи кровообігу припадає на ішемічну хворобу серця (ІХС), зокрема на раптову серцеву смерть внаслідок гострої коронарної недостатності (ГКН). Особливістю раптової смерті при ГКН є те, що 30–40% померлих гине протягом перших десяти хвилин від початку хвороби і приблизно стільки ж протягом наступних 2 годин. Навіть при добре організованій екстреній медичній допомозі 2/3 смертей відбувається на догоспітальному етапі. Значна поширеність випадків ГКН в практиці судово-медичного експерта та її раптовість породжують в судово-слідчих органах підозру на насильницький характер та вимагають використання об'єктивних точних методів діагностики.

Специфікою судово-медичного дослідження трупів осіб, померлих раптово є відсутність медичної документації, тому встановлення причини смерті і судово-медичний діагноз ґрунтується тільки на морфологічних даних. Однак, через те, що смерть настає дуже швидко, макроскопічні зміни в міокарді в більшості випадків відсутні. Саме тому результати гістологічного дослідження міокарда у випадку раптової серцевої смерті потребують уточнення та підтвердження сучасними цифровими методиками. Новітні досягнення науки дозволяють знайти нові підходи до вирішення даної проблеми.

Дана робота спрямована на дослідження та обґрунтування інформаційних можливостей цифрового гістологічного дослідження на різних масштабах оптичного збільшення з використанням методу картографування розподілів величини еліптичності поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда у задачі діагностики та об'єктивної донекротичної диференціації ГКН та хронічної ішемічної хвороби серця (ХІХС) [1–5].

Такий підхід дозволяє визначити комплекс

діагностичних взаємозв'язків між набором статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують розподіли параметрів структурної анізотропії морфологічної будови гістологічних зрізів біологічних тканин і двовірні розподіли (поляризаційні мапи) величини азимутів і еліптичності поляризації їхніх мікроскопічних зображень [6–8].

## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідити інформативність гістологічного дослідження міокарда людини у випадку раптової серцевої смерті та можливості методу картографування мап еліптичності поляризації мікроскопічних зображень міокарда у діагностиці та об'єктивній диференціації ГКН та ХІХС.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Під час виконання роботи досліджено зрізи міокарда людини від 89 осіб, які померли внаслідок ГКН (42 випадки) та ХІХС (47 випадків). Для дослідження проводили забір тканини у приміщенні КМУ «Обласне бюро судово-медичної експертизи» Департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА при змішаному освітленні, температурі повітря  $+18-22^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості 60–75%. Із вилучених шматочків, за допомогою заморожувального мікротома отримували нативні зрізи товщиною 60 мкм. Опромінювання зразків міокарда (ГКН і ХІХС) проводилося паралельним (діаметр поперечного перерізу  $\varnothing = 2 \times 10^3 \mu\text{m}$ ) пучком He-Ne лазера ( $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$ ) (рис. 1) [9].

Формування станів поляризації опромінювача здійснювалось за допомогою чвертьхвильових пластинок (Achromatic True Zero-Order Waveplate) і поляризатора (B+W Kaesemann XS-Pro Polarizer MRC Nano).

Мікроскопічні зображення зразків міокарда, за допомогою поляризаційних мікрооб'єктивів (збільшення  $\times 4$  і  $\times 56$ ) проєктувалися у площину світлочутливої площадки ( $m \times n = 1280 \times 960$  пікселів) CCD-камери

(The Imaging Source DMC 41AU02.AS, monochrome 1/2" CCD, Sony ICX205AL (progressive scan); роздільна здатність –  $1280 \times 960$ ; розмір світлочутливої площадки –  $7600 \times 6200$  мкм; чутливість – 0,05 lx; динамічний діапазон – 8 bit, SNR – 9 bit). Аналіз зображень зразків міокарда здійснювався, за допомогою поляризатора і аналізатора.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Вимірювання значення еліптичності поляризації в межах кожного  $m \times n$  пікселя світлочутливої площадки CCD – камери проводилось шляхом

обертання площини пропускання поляризатора-аналізатора на кути від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , відповідно. При цьому послідовно вимірювалися сигнали  $I_{\max}$  та  $I_{\min}$  з наступним обчисленням величини еліптичності поляризації  $\beta_{mn} = 0,5 \arctg(I_{\min} / I_{\max})$ .

Статистичний аналіз розподілів еліптичності поляризації мікроскопічних зображень міокарда базувався на обчисленні статистичних моментів першого  $M_1$ , другого  $M_2$ , третього  $M_3$  і четвертого  $M_4$  порядків [7].

На рисунках 2 і 3 наведені мапи еліптичності поляризації  $\beta(x, y)$  та гістограми  $N(\beta)$ , що визначенні для мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів міокарда з ГКН (рис. 2) та XIXC (рис. 3).

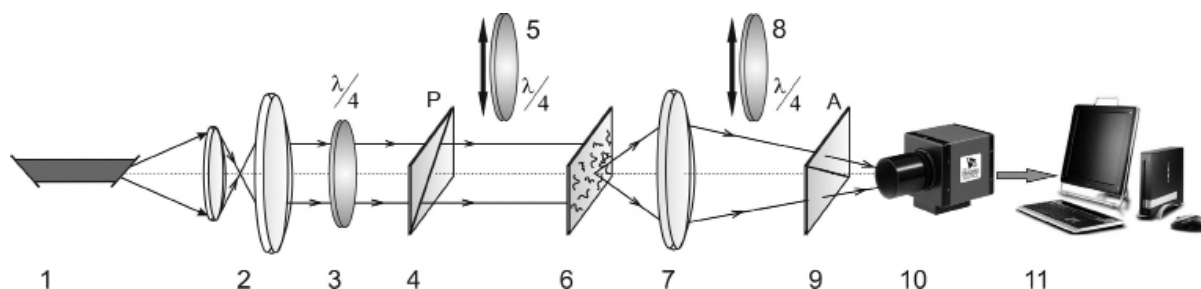


Рис. 1. Оптична схема мікрополяриметра, де:

1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чвертьхвильова пластинка; 5, 8 – механічно рухомі чвертьхвильові пластинки; 4, 9 – поляризатор і аналізатор; 6 – зразок міокарда; 7 – поляризаційний мікрооб'єктив ( $\times 4$  і  $\times 56$ ); 10 – CCD камера; 11 – персональний комп'ютер

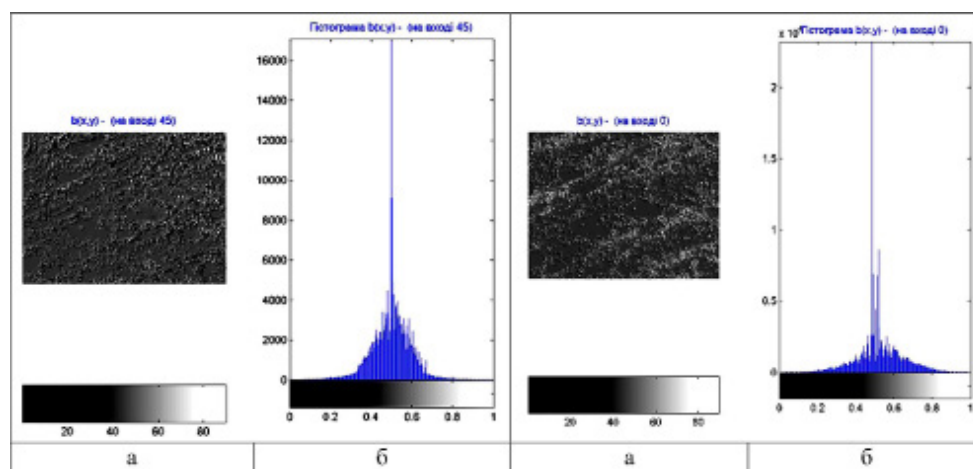


Рис. 2. Поляризаційна мапа еліптичності (а) та гістограма розподілу її випадкових значень (б) мікроскопічних зображень (збільшення  $\times 4$ ) зразків міокарда з ГКН

Рис. 3. Поляризаційна мапа еліптичності (а) та гістограма розподілу її випадкових значень (б) мікроскопічних зображень (збільшення  $\times 4$ ) зразків міокарда з XIXC

Порівняльний аналіз (рис. 2 і рис. 3) одержаної інформації про координатні (x, y) та статистичні  $N(\beta)$  розподіли величини еліптичності поляризації площини лазерного цифрового мікроскопічного зображення гістологічних зрізів міокарда з ГХС і XIXC вказує на зменшення двопронемезаломлення мережі міозинових фібрил.

Кількісно статистичні зміни оптичної анізотропії зразків міокарда з XIXC ілюструє зменшення величини статистичного моменту 1-го порядку в 1,18 рази; зменшення статистичного моменту 2-го порядку в 1,4 рази та зміна величин статистичних моментів 3-го (зростання в 1,26 рази) і 4-го порядків (зростання в 1,37 рази):

$$M_1^\beta = 0,075; M_2^\beta = 0,14; M_3^\beta = 0,81; M_4^\beta = 1,28;$$

$$M_1^\beta = 0,057; M_2^\beta = 0,095; M_3^\beta = 1,27; M_4^\beta = 1,59.$$

Таким чином, статистичний аналіз мап еліптичності у площині цифрового мікроскопічного зображення (4-х) гістологічних зрізів міокарда виявив чутливість до диференціації випадків ГКН і XIXC.

Зміни двопротенезаломлення мережі міоцинових фібрил міокарда з обох груп на іншому масштабі оптичного збільшення ( $\times 56$ ) ілюструють рисунки 4 і 5.

$$M_1^\beta = 0,095; M_2^\beta = 0,21; M_3^\beta = 1,38; M_4^\beta = 1,62;$$

$$M_1^\beta = 0,061; M_2^\beta = 0,105; M_3^\beta = 1,97; M_4^\beta = 3,09.$$

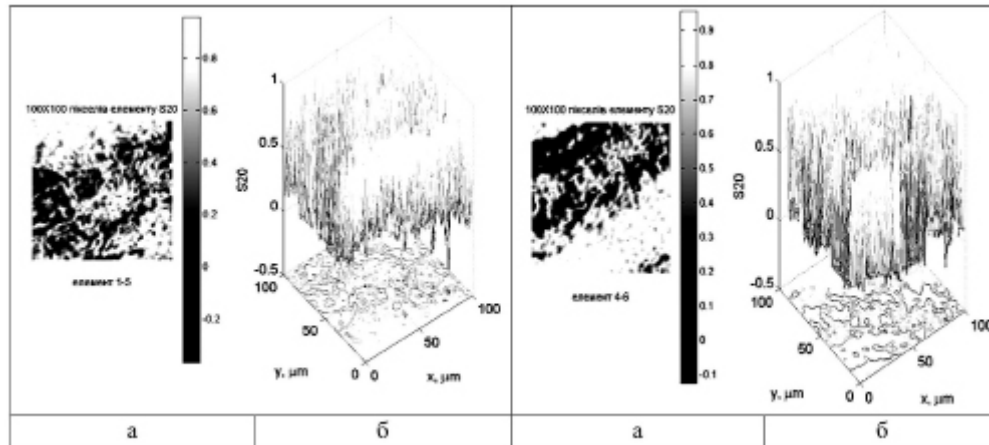


Рис. 4. Поляризаційна мапа еліптичності (а) та гістограма розподілу її випадкових значень (б) мікроскопічних зображень ( $\times 56$ ) зразків міокарда з ГКН

Таким чином, статистичний аналіз мап еліптичності у площині цифрового мікроскопічного зображення на великому масштабі оптичного збільшення ( $\times 56$ ) гістологічних зрізів міокарда виявив чутливість до диференціації випадків ГІХС і XIXC у порівнянні із традиційним методом дослідження.

Кількісно статистичні зміни оптичної анізотропії (на масштабі збільшення  $56\times$ ) зразків міокарда з XIXC ілюструє зменшення величини статистичного моменту 1-го порядку в 1,33 рази; зменшення статистичного моменту 2-го порядку в 1,64 рази та зміна величин статистичних моментів 3-го (зростання в 1,56 рази) і 4-го порядків (зростання в 1,87 рази):

Рис. 5. Поляризаційна мапа еліптичності (а) та гістограма розподілу її випадкових значень (б) мікроскопічних зображень ( $\times 56$ ) зразків міокарда з XIXC

В таблиці 1 наведені дані інформаційного аналізу визначення збалансованої точності методу гістологічного дослідження міокарда в поєднанні із застосуванням картографування розподілів величини еліптичності поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда для диференціації зразків міокарда з ГКН та XIXC.

Таблиця 1

**Збалансована точність методів гістологічного дослідження та картографування розподілів величини еліптичності поляризації зразків міокарда з ГІХС і XIXC**

Збалансована точність	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$
Збільшення 4х	72%	75%	81%	82%
Збільшення 56х	83%	87%	94%	97%
Традиційний метод	81%			

Одержані результати показують, що найбільш інформативними для диференціальної діагностики ГКН та XIXC виявились величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли величини еліптичності поляризації цифрових мікроскопічних зображень зразків міокарда на масштабі оптичного збільшення  $\times 56$ .

Точність встановлення ГКН та XIXC шляхом картографування мап еліптичності поляризації

мікроскопічних зображень міокарда на масштабі оптичного збільшення  $\times 56$  досягає  $\sim 97\%$  на відміну від традиційного гістологічного дослідження  $\sim 81\%$ .

## ВИСНОВКИ

1. На основі отриманих даних ми підтверджуємо діагностичну ефективність та точність методу картографування розподілів величини



еліптичності поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда у задачі діагностики та об'єктивної донекротичної диференціації ГКН та ХІХС.

2. Найбільш інформативними (відмінна якість діагностичного тесту) для диференціаль-

ної діагностики випадків ГІХС і ХІХС виявилися величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли величини еліптичності поляризації цифрових мікроскопічних зображень зразків міокарда на масштабі оптичного збільшення  $\times 56$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. Bachinsky VT, Ushenko YO, Tomka YY et al. Wavelet analysis for polarization maps of networks formed by liquid biological crystals in blood plasma: statistical and fractal approaches. *Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics*. 2010; 2: 189–201.
2. Gong HU, Luo Q. MCVM: Monte Carlo modeling of photon migration in voxelized media. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*. 2010; 3 (02): 91–102. DOI: 10.1142/S1793545810000927.
3. Ushenko VO, Vanchuliak O, Sakhnovskiy MY et al. Polarization-interference mapping of biological fluids polycrystalline films in differentiation of weak changes of optical anisotropy. *Applications of Digital Image Processing XL*. International Society for Optics and Photonics. 2017; 0396: 103962O. •<https://doi.org/10.1364/3D.2018.JM4A.6>.
4. Shuliang J, Lihong VW. Two-dimensional depth-resolved Mueller matrix of biological tissue measured with double-beam polarization-sensitive optical coherence tomography. *Opt Lett*. 2002; 27: 101–103. <https://doi.org/10.1364/OL.27.000101>.
5. Ushenko YO, Balanetska VO, Angelsky OP. Jones-matrix images corresponding to networks of biological crystals for diagnostics and classification of their optical properties. *Semiconductor physics quantum electronics and optoelectronics*. 2011; 3: 365–374.
6. Eckart RE, Shry EA, Burke AP et al. Sudden death in young adults: an autopsy-based series of a population undergoing active surveillance. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 58 (12):1254–1261. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.01.049.
7. Rosales-Guzmán C, Ndagano B, Forbes A. A review of complex vector light fields and their applications. *Journal of Optics*. 2018; 20 (12): 123001. DOI: 10.1088/2040-8986/aab7d: 10.1088/2040-8986/aab7d.
8. Pishak VP, Ushenko OH, Anhel'skyi OV та in. *Lazerna poliarymetrychna diahnostyka v biolohii ta medytsyni*. Chernivtsi: Medakademiia, 2000; 305.
9. Ushenko YuO, Istratiy VV, Balanetska VO et al. Phase maps for networks of polycrystalline human biological liquids: Statistical and fractal analyses. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2010; 13 (3):240–247.

*Стаття надійшла до редакції 15.10.2019*