

УДК 61:340.6:616-001.85+616-001.5]:612.013-073

О. В. Павлюкович  
В. Т. Бачинський  
О. Я. Ванчуляк

Буковинський державний медичний  
університет, м. Чернівці

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТКАНИНИ МІОКАРДА ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ НАСТАННЯ СМЕРТІ В РЕЗУЛЬТАТІ МЕХАНІЧНОЇ АСФІКСІЇ АБО КРОВОВТРАТИ

**Ключові слова:** смерть, асфіксія,  
крововтрата, лазер, поляриметрія.

**Резюме.** Робота спрямована на виявлення об'єктивних критеріїв диференційної діагностики смерті при механічній асфіксії та крововтраті методами лазерної поляриметрії.

### Вступ

Встановлення причини смерті є прямим професійним обов'язком судово-медичного експерта. Нерідко це завдання є складним для вирішення через відсутність обставин та об'єктивних даних, які могли б вказувати на можливу причину настання смерті.

### Мета дослідження

Виявити оптичні поляризаційні зміни біологічних тканин організму людини для диференційної діагностики причини смерті.

### Матеріал і методи

Для виконання даного дослідження було використано зрізи міокарда від 14 осіб з відомою причиною смерті та часом її настання, різної статі, які померли внаслідок механічної асфіксії – тип “А” (7 випадків) та крововтрати – тип “К” (7 випадків). Із вилучених шматочків за допомогою заморожувального мікротому отримували нативні зрізи товщиною 60 мкм.

На рис. 1 показано традиційну оптичну схему вимірювання азимутів поляризації поля розсіяного лазерного випромінювання [1].

Випромінювання гелій-неонового лазера 1 проходить крізь коліматор 2, який формує пучок паралельних променів. Останні спрямовуються на поляризатор 3, площина пропускання світлових коливань якого лежить у площині падіння. У результаті формується плоскополяризований лазерний пучок з азимутом поляризації  $0^0$  відносно площини падіння. Даний пучок проходить крізь шар біологічної тканини 4. За допомогою мікрооб'єктиву 5 зображення біологічного об'єкту проходить крізь аналізатор 6 і формується в площині цифрової камери 7 з'єднаної з персональним комп'ютером 8.

Методика вимірів стану поляризації в кожній точці лазерного зображення біологічної тканини складалася в наступному:

- Обертанням аналізатора 6 (рис. 1) визначалися мінімальний ( $I_{\min}$ ) і максимальний ( $I_{\max}$ ) рівні інтенсивності, а також кут повороту аналізатора  $\aleph$ , якому відповідає мінімальний рівень інтенсивності ( $I_{\min}$ ).

- Значення азимута  $\alpha$  і еліптичності поляризації  $\beta$  в межах кожного пікселя CCD-камери визначалися за допомогою співвідношень:

$$\alpha = \aleph + \frac{\pi}{2}; \quad (1)$$

$$\beta = \arcsin \frac{I_{\min}}{I_{\max}}. \quad (2)$$

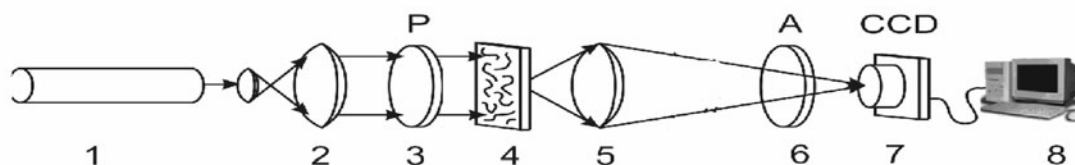


Рис. 1. Оптична схема поляриметра, де 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3, 6 – поляризатор та аналізатор відповідно; 4 – об'єкт дослідження; 5 – мікрооб'єктив; 7 – CCD камера; 8 – персональний комп'ютер

Використовувалося автокореляційне порівняння координатної структури фотометричних розподілів  $z(x, y)$  лазерних зображень тканини міокарда з використанням відомої функції  $G(\Delta x, \Delta y)$  [7]

$$G(\Delta x, \Delta y) = \lim_{\substack{x \rightarrow 0 \\ y \rightarrow 0}} \frac{1}{X_0 Y_0} \int_0^x \int_0^y [z(x, y)][z(x - \Delta x, y - \Delta y)] dx dy$$

Тут  $(\Delta x, \Delta y)$  “кроки” з якими змінюються координати  $(x, y)$  розподілу сукупності параметрів  $z(x, y)$  лазерного зображення, досліджуваного зразку тканини міокарда.

Для частотного аналізу сукупності розподілів  $z(x, y)$  розраховувалися автокореляційні функції  $G(\Delta x, \Delta y)$  і знаходилися відповідні спектри потужності [1]. Далі обчислювалися  $\log$ - $\log$  залежності спектрів потужності  $\log PSD(z) - \log(d^{-1})$ , де  $d^{-1}$  просторові частоти, що визначаються геометричними розмірами  $(d)$  структурних елементів лазерних зображень зразків тканини міокарда.

### Обговорення результатів дослідження

Із метою знаходження об’єктивних критеріїв диференціації причини настання смерті на першому етапі ми скористалися методом прямого поляриметравання лазерних зображень гістологічних зрізів. Даний підхід у сукупності із кореляційним аналізом одержаних даних був з успіхом апробований у завданні визначення давності настання смерті [2].

На рис. 2 приведена серія лазерних зображень [3-9] гістологічних зрізів тканини міокарда “А” і “К” типів.

З одержаних результатів видно, що порівняльний візуальний аналіз поляризаційних зображень гістологічних зрізів тканин міокарда одержаних у співвісних поляризаторі і аналізаторі не може бути використаний для об’єктивної диференціації причини настання смерті – структура розподілів інтенсивності відповідних зображень достатньо близька.

Поляризаційно візуалізовані зображення тканини міокарда у перехрещених (“б”, “г”) поляризаторі і аналізаторі вказують на наявність оптично анізотропної складової, що виявляється в наявності областей “просвітлення” за рахунок формування еліптично поляризованих або деполаризованих хвиль у ділянках крововиливів.

Для зрізу тканини міокарда “А” типу характерним є дещо більший рівень інтенсивності лазерного випромінювання. Дана обставина якісно свідчить про більш високе кровонасичення біологічної тканини, проте кількісно оцінити не виявляється можливим.

На серії рис. 3 і рис. 4 приведені результати дослідження автокореляційних функцій (АКФ) і спектрів потужності координатного розподілу азимутів поляризації лазерних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда “А” і “К” типів.

З порівняльного візуального аналізу одержаної інформації видно, що координатна структура розподілів азимутів поляризації в зображеннях зразків обох типів достатньо ідентична – відповідні АКФ і спектральні густини потужностей достатньо близькі за своєю структурою.

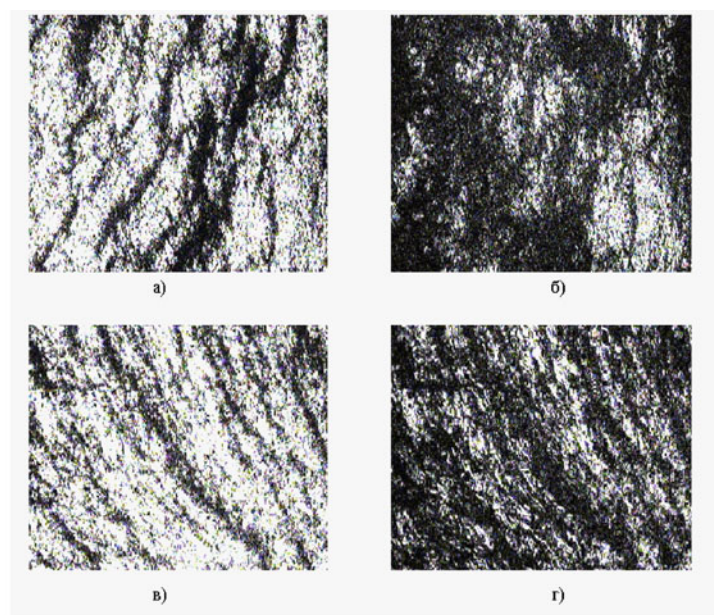


Рис. 2. Поляризаційні зображення у співвісних (“а”, “в”) і перехрещених (“б”, “г”) поляризаторі і аналізаторі тканини міокарда “А” - типу (“а”, “б”) і “К” - типу (“в”, “г”)

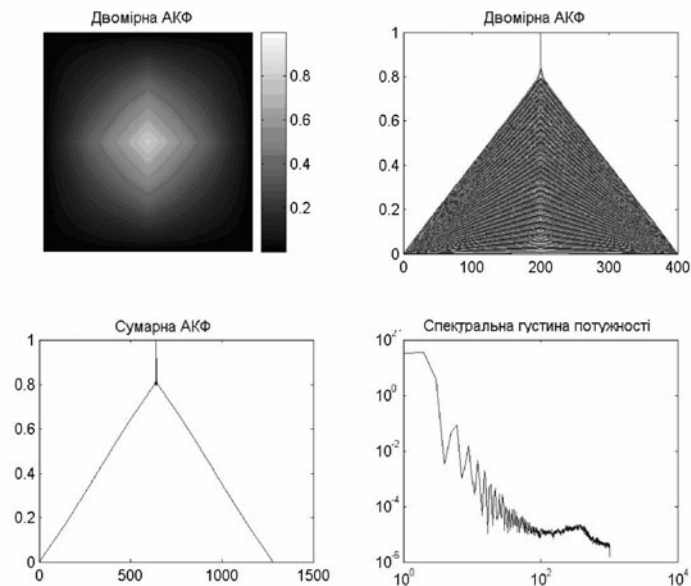


Рис. 3. Автокореляційні функції і спектр потужності розподілу значень азимутів поляризації зображення тканини міокарда "А" типу

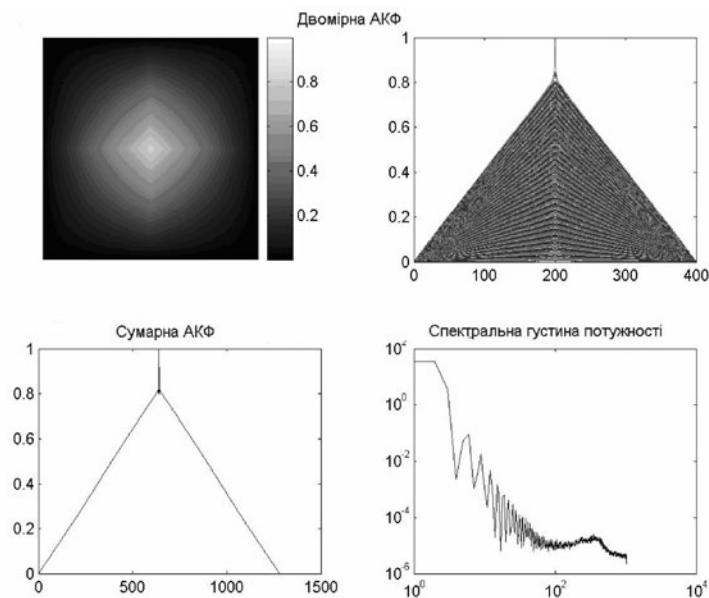


Рис. 4. Автокореляційні функції і спектр потужності розподілу значень азимутів поляризації зображення тканини міокарда "К" типу

Проте, більш детальний аналіз, заснований на співставленні об'єктивних параметрів [9]:

- півширини автокореляційних функцій  $Q[G(\Delta x, \Delta y)=0,5]$ ;

- дисперсії флуктуацій  $\log\text{-}\log$  залежностей спектрів потужності  $\log PSD(z)\text{-}\log(d^{-1})$ ,

виявив наступні критерії диференціації зразків тканини міокарда "А" і "К" типу (табл.).

Як видно з результатів, наведених у таблиці, поляризаційні зображення зразків тканини міокарда "А" типу володіють суттєво іншими кореляційними параметрами, ніж аналогічні лазерні зображення зразків "К" типу.

Значення півширини АКФ розподілів азимутів поляризації зображення тканини міокарда "А" типу практично вдвічі більші ніж аналогічний

Статистично усереднені значення півширини автокореляційних функцій і дисперсії флуктуацій спектрів потужності розподілів азимутів поляризації лазерних зображень тканини міокарда "А" і "К" типу

Досліджувані критерії	Причина настання смерті	
	Асфіксія	Крововтрата
Півширина АКФ, $Q[G(\Delta x, \Delta y)=0,5]$	$0,47 \pm 0,046$	$0,24 \pm 0,254$
Дисперсія, $D$	$0,24 \pm 0,027$	$0,16 \pm 0,018$

параметр  $Q[G(\Delta x, \Delta y)=0,5]$  для лазерних зображень гістологічних зрізів "К" типу.

Величини дисперсій флуктуацій спектрів потужності розподілів азимутів поляризації лазерних зображень тканини міокарда "А" і "К" типу відрізняються на 40-45%.

### Висновки

При вивченні матеріалів експериментальних досліджень диференціації причини настання смерті в результаті механічної асфіксії або крововтрати шляхом дослідження кореляційної структури двовимірних розподілів поляризації лазерних зображень серії гістологічних зрізів тканини міокарда, нами встановлена ефективність кореляційного аналізу поляризаційних зображень зразків тканини міокарда для диференціації причин настання смерті.

### Перспективи подальших досліджень

Враховуючи отримані результати очевидними є перспективи проведення розширеного аналізу досліджень направлених на встановлення об'єктивних критеріїв діагностики причини смерті шляхом використання методів лазерної поляриметрії.

**Література.** 1. *Angelsky O.V.* Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, et al. // *J. Biomed. Opt.*, 10, No.6, 064025, 2005. 2. *Ushenko A.G.* Laser Polarimetry of Biological Tissue. Principles and Applications / A.G. Ushenko, V.P. Pishak // in *Coherent-Domain Optical Methods. Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science* / ed. V. Tuchin. - Kluwer Academic Publishers, 2004. - P.67. 3. *J.F. de Boer* Two dimensional birefringence imaging in biological tissue using phase and polarization sensitive optical coherence tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, J. S. Nelson // in *Trends in Optics and Photonics (TOPS): Advances in Optical Imaging and Photon Migration*. - OSA, Washington, DC, 1998. 4. *J. F. de Boer* Determination of the depth-resolved Stokes parameters of light backscattered from turbid media by use of polarization-sensitive optical coherence

tomography / J. F. de Boer, T. E. Milner, J. S. Nelson // *Opt. Lett.* - 1999. - Vol. 24. - P. 300-302. 5. *Handbook of Optical Coherence Tomography*; edited by B.E. Bouma and G.J. Tearney // *Polarization-sensitive optical coherence tomography* / J. F. de Boer, T. E. Milner, M. G. Ducros [et al.] - Marcel Dekker Inc.: New York, 2002. - P. 237-274. 6. *Morgan S. P.*, Effects of polarization state and scatterer concentration on optical imaging through scattering media / S. P. Morgan, M. P. Khong, M. G. Somekh // *Appl. Opt.* - 1997. - V.36. - P.1560-1565. 7. *Demos S. G.* Optical polarization imaging / S. G. Demos R.R. Alfano // *Appl. Opt.* - 1997. - V.36. - P.150-155. 8. *Jacques S. L.* Imaging superficial tissues with polarized light / S. L. Jacques, J. R. Roman, K. Lee. // *Lasers in Surg. & Med.* - 2000. - V.26. - P.119-129. 9. *Ушенко О. Г.* Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині / О. Г. Ушенко, В. П. Пішак, О. В. Ангельський. - Чернівці : Медакадемія, 2000. - 305 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТКАНИ МИОКАРДА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АСФИКСИИ ИЛИ КРОВОПОТЕРЕ

*О. В. Павлюкович, В. Т. Бачинский, О. Я. Ванчуляк*

**Резюме** Работа направлена на определение объективных критериев дифференциальной диагностики смерти при механической асфиксии и кровопотере методами лазерной поляриметрии.

**Ключевые слова:** смерть, асфиксия, кровопотеря, лазер, поляриметрия.

### CORRELATION PARAMETERS STUDY OF POLARIZATION IMAGE OF MYOCARDIAL TISSUE OF DIFFERENTIAL CAUSE OF DEATH IN MECHANICAL ASPHYXIA AND BLOOD LOSS

*O. V. Pavlyukovich, V. T. Bachynskiy, O. Y. Wanchulyak*

**Abstract.** The article deals with finding out objective criterias of differential diagnosis of death caused by mechanical asphyxia and blood loss by means of laser polarization.

**Key words:** death, asphyxia and blood loss laser, polarization.

**Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)**

*Clin. and experim. pathol.* - 2009. - Vol.8, №3. - P.70-73.

Надійшла до редакції 20.09.2009

Рецензент – проф. М. В. Шаплавський

© О. В. Павлюкович, В. Т. Бачинський, О. Я. Ванчуляк, 2009