

**О. В. Павлюкович<sup>1</sup>****В. Т. Бачинський<sup>1</sup>****Ю. О. Ушенко<sup>2</sup>****О. Я. Ванчуляк<sup>1</sup>**<sup>1</sup> – Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці<sup>2</sup> – Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича**СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛІВ  
СТУПЕНЯ ДЕПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНОГО  
ВИПРОМІНЮВАННЯ, РОЗСІЯНОГО  
ЗМІНЕНОЮ ТКАНИНОЮ МІОКАРДА,  
ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ ПРИЧИНИ  
НАСТАННЯ СМЕРТІ****Ключові слова:** смерть, асфіксія, крововтрата, лазер, поляриметрия.**Резюме.** Дослідження спрямоване на встановлення можливостей диференціації причини настання смерті в результаті механічної асфіксії або крововтрати шляхом вивчення двовимірних розподілів ступеня деполаризації лазерних зображень серії зрізів тканини міокарда.**Вступ**

Визначення причини смерті є одним із головних питань які повинен вирішити судово-медичний експерт під час проведення досліджень чи експертиз. Іноді через відсутність обставин та об'єктивних даних, які могли б вказувати на можливу причину настання смерті вирішення цього завдання є складним.

**Мета дослідження**

Провести статистичний аналіз розподілів ступеня деполаризації лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда, для диференціації причини настання смерті.

**Матеріал і методи**

Використано зрізи міокарда від 20 осіб різної статі із відомою причиною смерті та часом її настання, які померли внаслідок механічної асфіксії – тип “А” (дев'ять випадків) та крововтрати – тип “К” (одинадцять випадків). За допомогою заморожувального мікроскопа з вилучених шматочків отримували нативні зрізи.

Опромінювання об'єкта дослідження (6) проводилося колімованим пучком ((D=10<sup>4</sup> мкм) 2) He-Ne лазера ((λ=0.6328 мкм) 1). За допомогою поляризаційного освітлювача формувалися різні стани поляризації освітлюючого пучка. Поляризаційні зображення координатних розподілів α і β біологічних тканин формувались у площині світлочутливої площадки (800x600) CCD камери за допомогою мікрооб'єктива, роздільна здатність якого достатня для проведення вимірів у діапазоні розмірів структурних елементів тканин людини 2-2000 мкм з подальшого передачею інформації на персональний комп'ютер.

Отримані результати обчислювалися за стандартними алгоритмами програмного продукту MATLAB [1].

Формування розподілів ступеня деполаризації лазерного випромінювання, розсіяного зрізом тканини міокарда в процесі проходження лазерного пучка крізь нього внаслідок його багаторазового розсіювання (рис. 1) [1-6].

У результаті має місце перетворення станів поляризації [7]. Тому в кожній точці відповідного лазерного зображення накладається велика кількість різнополяризованих хвиль. Результатом такого накладання є деполаризація або усереднення станів поляризації локальних пучків.

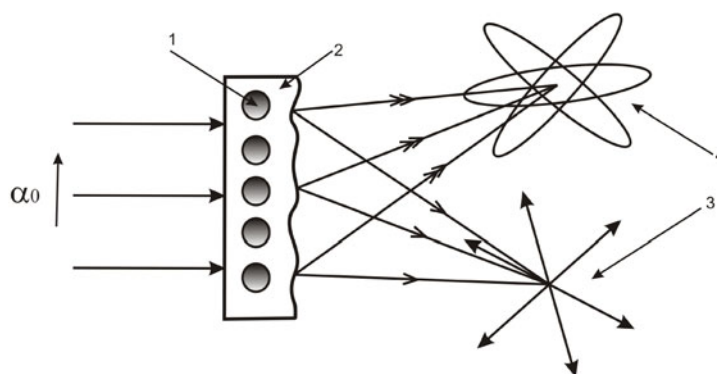
Нами використано класичний метод вимірювання такого параметра [9]:

1. За допомогою обертання осі пропускання аналізатора θ в межах = 0–180° визначаються масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності:

$$I_{\min} \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix}; I_{\max} \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix}$$

зображення зрізу тканини міокарда для кожного окремого пікселя (mn) CCD-камери і, відповідні їм кути повороту:

$$\Theta \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} \left( I \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ \dots \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} \equiv \min \right);$$



**Рис. 1.** Формування деполаризації лазерного випромінювання; 1 – анізотропні міозинові волокна; 2 – ізотропна речовина; 3 – розсіювання лазерного променя; 4 – еліптичності лазерного променя

2. Розраховуються значення ступеня деполаризації лазерного випромінювання в точці  $r_1$  зображення зрізу тканини міокарда за наступним співвідношенням:

$$\Delta = \frac{2I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

#### Обговорення результатів дослідження

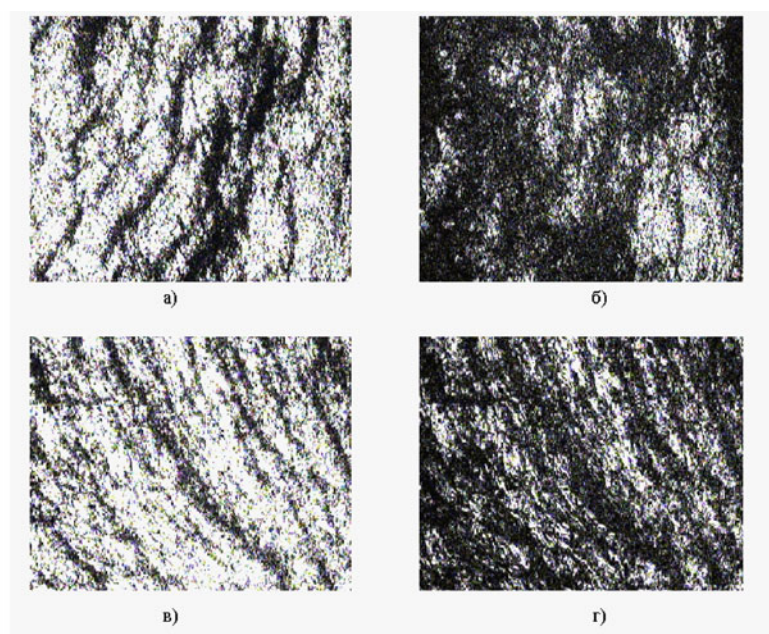
Для встановлення об'єктивних критеріїв диференціації причини настання смерті ми отримали наступні поляризаційні зображення тканини міокарда (рис. 2).

Аналізуючи отримані поляризаційні зображення тканини міокарда (рис. 2) виявлено наступні явища: а) Порівняльний візуальний аналіз поляризаційних зображень 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; б) поляризаційно візуалізовані зображення тканини міокарда в перехрещених (“б”, “г”) поляризаторі та аналізаторі вказують на наявність оптично анізотропної складової, що виявляється у наявності ділянок “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 зрізу ніж для тканини міокарда типу “К”. Дана обставина якісно свідчить про більш високе кровонасичення біологічної тканини, проте кількісно її оцінити не виявляється можливим.

На рис. 3 наведені експериментально виміряні координатні розподіли значень ступеня деполаризації лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда з “А” типу (а) і “К” типу (б)



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

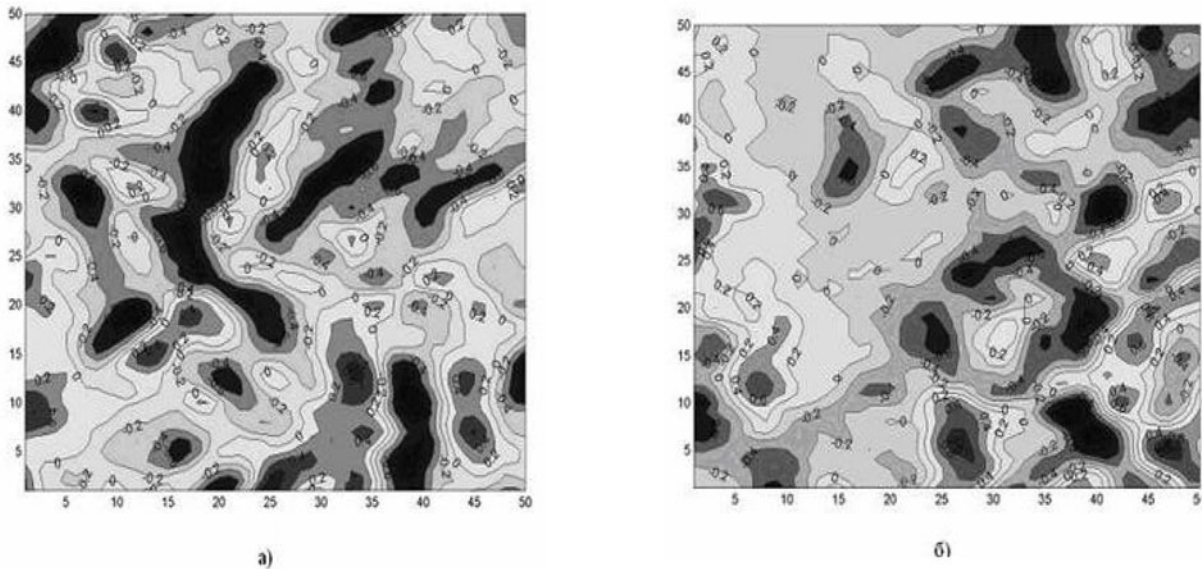


Рис. 3. Координатні розподіли ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною міокарда “А” типу (а) і “К” типу (б)

Порівняльний аналіз виявив, що координатний розподіл ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною міокарда “А” типу характеризується ділянками із значно більшим рівнем поляризації (рис. 3а) ніж аналогічний розподіл, визначений для тканини міокарда “К” типу (рис. 3б).

Така різниця поляризації напевно зумовлена різним кровонаповненням. Для тканини міокарда “А” типу вона більша. Внаслідок цього лазерне випромінювання, що проходить крізь такий кровонасичений шар зазнає більшої кратності світлорозсіяння і, відповідно, більше деполаризується.

В якості основного аналітичного інструменту для оцінювання розподілів випадкових значень  $\Delta$ , які характеризують поле розсіяного випромінювання зрізами тканини міокарда використовувалися статистичні моменти першого  $M$ , другого  $\sigma$ , третього  $A$  і четвертого  $E$  порядків, які обчислювалися за стандартними алгоритмами програмного продукту MATLAB [10 - 12]

тут  $N=800 \times 600$  - повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє поляризаційно-неоднорідне об'єктне поле.

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\Delta_i| = \frac{1}{N} (|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_N|);$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^2} = \sqrt{\frac{1}{N} (\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_N^2)};$$

$$A = \frac{1}{\sigma^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^3 = \frac{1}{\sigma^3} \frac{1}{N} (\Delta_1^3 + \Delta_2^3 + \dots + \Delta_N^3);$$

$$E = \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta_i^4 = \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} (\Delta_1^4 + \Delta_2^4 + \dots + \Delta_N^4),$$

Таблиця

Статистичні моменти 1–4-го порядків розподілу ступеня деполаризації лазерного випромінювання тканиною міокарда “А” і “К” типів

Статистичні моменти	Причина настання смерті	
	Асфіксія	Крововтрата
$M$	$0,31 \pm 0,027$	$0,24 \pm 0,019$
$\sigma$	$0,18 \pm 0,011$	$0,29 \pm 0,021$
$A$	$7,14 \pm 0,54$	$13,34 \pm 0,11$
$E$	$17,32 \pm 0,174$	$9,25 \pm 0,973$

Об'єктивну статистичну відмінність між координатними розподілами ступеня деполаризації лазерного випромінювання, що пройшло крізь різні типи тканини міокарда ілюструють дані про значення статистичних моментів, наведені в таблиці.

### Висновки

Отримані статистичні моменти всіх порядків розподілу ступеня деполаризації лазерного випромінювання досліджуваних тканин мають різні, об'єктивні, відмінні між собою значення, що дозволяє проводити диференційну діагностику причини смерті:

- Відмінності між значеннями середнього  $M$  становлять 30-40%; дисперсії  $\sigma$  50% - 70%.

- Відмінності між значеннями асиметрії  $A$  і ексцесу  $E$ , досягають до 100%.

### Перспективи подальших досліджень

Отримані результати відкривають перспективи розробки нових об'єктивних критеріїв судово-медичної діагностики причини настання смерті з подальшим можливим використанням їх для вирішення інших цілей судово-медичної науки та практики.

**Література.** 1. Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині / [О. Г. Ушенко, В. П. Пішак, О. В. Ангельський]. – Чернівці : Медакадемія, 2000. – 305 с. 2. Ушенко О. Г. Лазерна поляриметрия фазово-неоднорідних об'єктів і середовищ / О. Г. Ушенко, – Чернівці: Медакадемія, 2000. – 251с. 3. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи / [О. Г. Ушенко, В. П. Пішак, О. В. Ангельський, Ю. О. Ушенко]. – Чернівці: Колір-Друк, 2007. – 314 с. 4. Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images / [O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko et al.] // J. Biomed. Opt. 2005 – V. 10, No.6. P. 064025. 5. Henssge C. Estimation of the time since death in the early post-mortem period / C. Henssge, B. Madea // Forensic Sci. Int. – 2004. – Vol. 144, № 2-3. – P. 167-175. 6. 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. 7. 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. 8. Automatic polarimetric system for early medical diagnosis by biotissue testing / [R. Jozwicki, K. Patorski, O. V. Angelsky et al.] // Optica Applicata. – 2002. – Vol. 32, № 4. – P. 603-612. 9. 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.

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, РАССЕЯНОГО ИЗМЕНЕННОЙ ТКАНЬЮ МИОКАРДА, ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРИЧИНЫ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ**

*А. В. Павлюкович, В. Т. Бачинский,  
Ю. А. Ушенко, О. Я. Ванчуляк*

**Резюме.** Исследование направлено на определение возможностей дифференциации причины наступления смерти в результате механической асфиксии или кровопотери путем изучения двумерных распределений степени деполаризации лазерных изображений серии срезов ткани миокарда.

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

**STATISTICAL ANALYSIS OF DISTRIBUTIONS OF THE DEGREE OF DEPOLARIZATION OF LASER RADIATION SCATTERED BY THE CHANGED MYOCARDIAL TISSUE IN ORDER TO DIFFERENTIATE CAUSES OF DEATH COMING**

*O. V. Pavliukovych, V. T. Bachynsky,  
Yu. O. Ushenko, O. Ya. Vanchuliak*

**Abstract.** The research is aimed at establishing possibilities of differentiate causes of death coming as a result of mechanical asphyxia or blood loss by means of studying bivariate distributions of the degree of depolarization of laser images of a series of sections of the myocardial tissue.

**Key words:** death, asphyxia, blood-loss, laser, polarimetry.

**Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)  
Yu. Fed'kovych National University (Chernivtsi)**

*Clin. and experim. pathol. - 2009. - Vol.8, №4 (30). - P.53-56.*

*Надійшла до редакції 20.12.2009*

*Рецензент – проф. М. В. Шаплавський*

*© О. В. Павлюкович, В. Т. Бачинський, Ю. О. Ушенко,  
О. Я. Ванчуляк, 2009*