

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

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

ВИВЧЕННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ МАП ТКАНИНИ МІОКАРДА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЧИНИ ТА ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ВНАСЛІДОК МЕХАНІЧНОЇ АСФІКСІЇ АБО КРОВОВТРАТИ

Кафедра патоморфології та судової медицини (зав. – проф. І.С.Давиденко)
Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці

Резюме. У сучасній судово-медичній практиці використовують методи визначення давності настання смерті, які багато в чому суб'єктивні і залежать від багатьох чинників зовнішнього середовища та причини смерті. Виникла необхідність розробки нових високоточних об'єктивних методів дослідження біотканин людини. У даній роботі показані результати експериментальних досліджень тканини міокарда методами лазер-

ної поляриметрії, що дозволяє описати післясмертну динаміку оптичних змін тканини міокарда і дає можливість встановити диференційні критерії для визначення причини та давності настання смерті.

Ключові слова: лазерна поляриметрія, біотканини, судово-медична експертиза, асфіксія, крововтрата.

Вступ. Робота спрямована на дослідження можливостей диференціації причини настання смерті в результаті механічної асфіксії ("А") або крововтрати ("К") та можливості визначення давності настання смерті шляхом дослідження двовимірних розподілів поляризації лазерних зображень, тобто динаміки їх оптичних характеристик на серії зрізів тканини міокарда.

Мета дослідження. Описати посмертну динаміку оптичних змін тканин міокарда і встановити об'єктивні диференційні критерії для визначення причини та давності настання смерті.

Матеріал і методи. Під час виконання роботи досліджено зрізи міокарда від 14 осіб різної статі з відомою причиною смерті та часом її настання, які померли внаслідок механічної асфіксії (сім випадків) та крововтрати (сім випадків). Для дослідження проводили забір тканини міокарда в приміщенні моргу Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи з проміжками в 1 год при температурі повітря 18-21°C та вологості повітря 60-80 %. Із вилучених шматочків за допомогою заморозувального мікроскопа отримували нативні зрізи товщиною 60 мкм.

З метою визначення об'єктивних критеріїв диференціації причини смерті та визначення її давності на першому етапі ми скористалися методом прямої поляриметрії лазерних зображень зрізів міокарда. Такий підхід із подальшим кореляційним аналізом одержаних даних був з успіхом апробований у завданні визначення давності настання смерті [9].

На рис. 1 показано традиційну оптичну схему вимірювання азимутів поляризації поля розсіяного лазерного випромінювання [4].

Опромінювання об'єкта дослідження (6) проводилося колімованим пучком ($\varnothing=10^4$ мкм) He-Ne лазера ($\lambda=0.6328$ мкм) 1. За допомогою поляризаційного освітлювача (чвертьхвильова пластинка 3, 5 і поляризатор 4) формувалися різні стани поляризації освітлюючого пучка. Поляризаційні зображення координатійних розподілів α і β біологічних тканин формувались у площині світлочувливої

площини (800×600) CCD камери (10) за допомогою мікрооб'єктива (7), роздільна здатність якого була достатньою для проведення вимірів у діапазоні розмірів структурних елементів тканин людини 2 мкм-2000 мкм з подальшого передачею інформації на персональний комп'ютер 11.

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

Результати дослідження та їх обговорення. Методика експериментального дослідження поляризаційних зображень зрізів тканини міокарда трупа людини полягала в такій послідовності:

1. Зріз розміщувався між перехрещеними чвертьхвильовими пластинками (рис. 1).
2. Формувалося зображення, яке реєструвалося CCD-камерою (рис. 2).
3. Обчислювалася гістограма двовимірного розподілу випадкових значень фази.
4. За одержаною гістограмою знаходили статистичні моменти фазових розподілів.

На рис. 2 наведена серія лазерних зображень [2, 3, 5-8] зрізів тканини міокарда "А" і "К" типів.

Порівняльний візуальний аналіз поляризаційних зображень зрізів тканин міокарда, одержаних у співвісних поляризаторі й аналізаторі не може бути використаний для диференціації причини смерті – структура розподілів інтенсивності відповідних зображень достатньо близька.

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

Для зрізу тканини міокарда "А" типу характерним є більший рівень інтенсивності лазерного випромінювання за рахунок інтенсивнішого його кровонасичення.

Методика вимірів стану поляризації в кожній точці лазерного зображення біологічної тка-

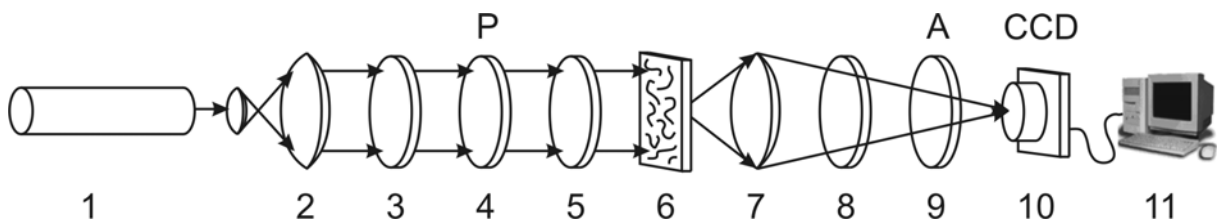


Рис. 1. Оптична схема поляриметра: 1 – He-Ne лазер; 2 – колімагор; 3, 5, 8 – чвертьхвильові платівки; 4, 9 – поляризатор і аналізатор; 6 – об’єкт дослідження; 7 – мікрооб’єктив; 10 – CCD камера; 11 – комп’ютер

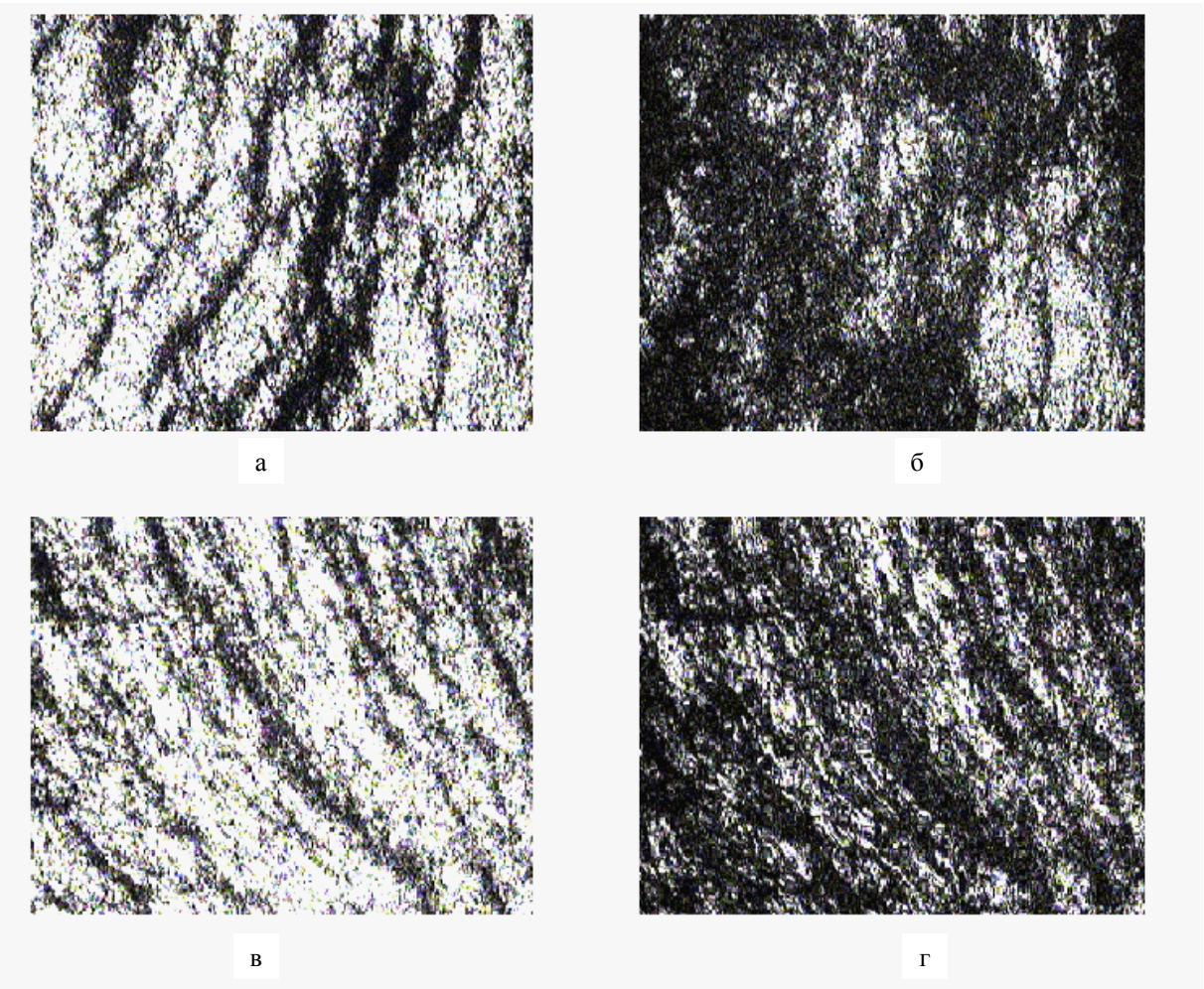


Рис. 2. Поляризаційні зображення у співвісних (а, в) і перехрещених (б, г) поляризаторі й аналізаторі тканини міокарда “А” - типу (а, б) і “К” - типу (в, г)

нини здійснювалась обертанням аналізатора 9 (див. рис. 1) для визначення мінімального (I_{\min}) і максимального (I_{\max}) рівнів інтенсивності, а також кута осі обертання аналізатора \hat{A} , якому відповідає мінімальний рівень інтенсивності (I_{\min}). Далі визначали азимут α і еліптичність поляризації β у межах кожного пікселя CCD-камери за допомогою співвідношень:

$$\alpha = \aleph + \frac{\pi}{2} ; \tag{1}$$

$$\beta = \arcsin \frac{I_{\min}}{I_{\max}} . \tag{2}$$

На серії рис. 3 і рис. 4 наведені результати досліджень координатних розподілів $a(x, y)$ і гістограм їх значень для тканини міокарда “А” і “К” типів.

Порівняльний аналіз одержаних даних виявив відмінності між координатними і статистичними розподілами значень азимутів поляризації лазерних зрізів тканин міокарда “А” (рис. 3) і “К” (рис. 4) типів. Кількісно таку відмінність підтверджує статистичний аналіз поляризаційних мап.

Як основний аналітичний інструмент для оцінювання розподілів випадкових значень α , які характеризують поле розсіяного випромінювання гістологічними зрізами тканини міокарда, використовувалися статистичні моменти першого M , другого σ , третього A і четвертого E порядків, які обчислювалися за стандартними алгоритмами програмного продукту MATLAB [1]

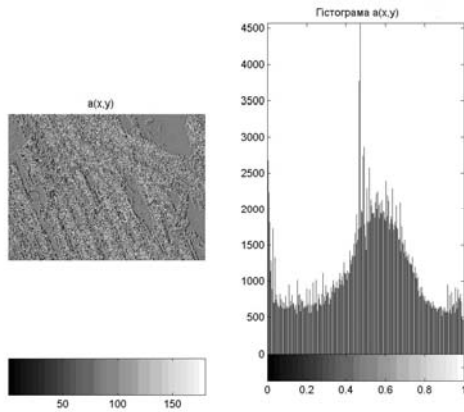


Рис. 3. Поляризаційне зображення тканини міокарда “А” типу (ліва частина) і гістограма розподілу значень азимутів поляризації (права частина)

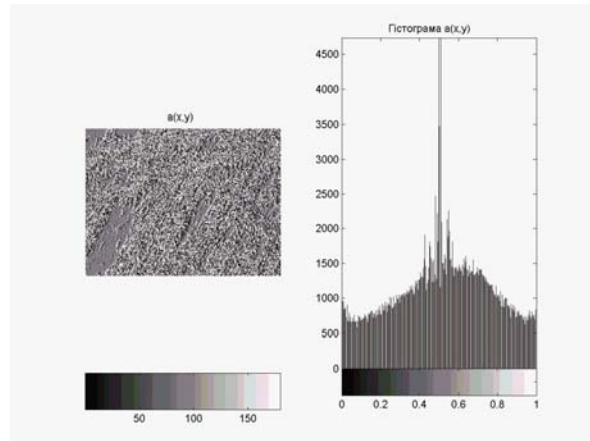


Рис. 4. Поляризаційне зображення тканини міокарда “К” типу (ліва частина) і гістограма розподілу значень азимутів поляризації (права частина)

Таблиця

Статистичні моменти 1-4-го порядків розподілу азимутів поляризації лазерного випромінювання тканиною міокарда “А” і “К” типів

| Статистичні моменти | Причина настання смерті | |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| | Асфіксія – “А” тип | Крововтрата – “К” тип |
| M | 0,47±0,047 | 0,34±0,039 |
| σ | 0,28±0,021 | 0,39±0,031 |
| A | 2,14±0,254 | 1,34±0,131 |
| E | 6,32±0,164 | 2,25±0,273 |

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |a_i| = \frac{1}{N} (|a_1| + |a_2| + \dots + |a_N|); \\
 \sigma &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i^2} = \sqrt{\frac{1}{N} (a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_N^2)}; \\
 A &= \frac{1}{\sigma^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i^3 = \frac{1}{\sigma^3} \frac{1}{N} (a_1^3 + a_2^3 + \dots + a_N^3); \\
 E &= \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i^4 = \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} (a_1^4 + a_2^4 + \dots + a_N^4),
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

де N=800×600 – повна кількість пікселів CCD-камери, яка реєструє поляризаційно-неоднорідне об’єктне поле.

У таблиці наведені порівняльні дані значень статистичних моментів поляризаційних мап, визначені для зразків “А” і “К” типів.

З одержаних результатів видно, що відмінності між середнім значенням і дисперсією розподілів азимутів поляризації лазерних зображень гістологічних зрізів тканин міокарда “А” і “К” типів становлять 25-35 %. Найбільш чутливими щодо визначення причини та часу настання смерті виявилися 3-й та 4-й статистичний моменти.

Асиметрія розподілу азимутів поляризації лазерного зображення тканини міокарда “А” типу в 2 рази більша за аналогічний статистичний момент поляризаційного зображення тканини “К” типу. Для четвертого статистичного моменту відмінності між поляризаційними розподілами досягають трьох разів.

Висновки

1. Ідентифіковані оптичні характеристики поляризаційного картографування зрізів тканини міокарда для об’єктивної диференціації причини та давності настання смерті.

2. Показана ефективність статистичного аналізу двовимірних розподілів азимутів поляризації лазерного випромінювання, розсіяного тканинами міокарда для об’єктивної диференціації настання смерті в результаті механічної асфіксії або крововтрата.

Перспективи подальших досліджень.

Отримані результати вказують на перспективність проведення подальших досліджень для розробки критеріїв визначення давності настання смерті при механічній асфіксії та крововтраті.

Література

1. Ушенко О.Г. 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 поляриметрія фазово-неоднорідних об’єктів і середовищ / О.Г.Ушенко. – Чернівці: Медакадемія, 2000. – 251 с.
3. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи. Монографія / 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. – Vol. 10, № 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. – Vol. 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. 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.

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КАРТ ТКАНИ МИОКАРДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИНЫ И ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АСФИКСИИ ИЛИ КРОВОПОТЕРИ

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

Резюме. В современной судебно-медицинской практике используются методы определения давности наступления смерти, которые много в чем субъективны и зависят от многих факторов внешней среды и причины смерти. Возникла необходимость разработки новых высокоточных объективных методов исследования биоткани человека. В данной работе показаны результаты экспериментальных исследований ткани миокарда методами лазерной поляриметрии, что позволяет описать посмертную динамику оптических изменений ткани миокарда и дает возможность определить дифференциальные критерии для определения причины и давности наступления смерти.

Ключевые слова: лазерная поляриметрия, биоткани, судебно-медицинская экспертиза, асфиксия, кровопотеря.

A STUDY OF POLARIZATION MAPS OF THE MYOCARDIAL TISSUE TO DETERMINE THE CAUSE AND TIME OF DEATH COMING DUE TO MECHANICAL ASPHYXIA OR BLOOD LOSS

V.T.Bachynskyi, O.V.Pavliukovych, O.Y.Wanchuliak

Abstract. Methods of establishing the prescription of death coming widely used in modern forensic medicine, are subjective in many ways and depend on many factors of the environment and causes of death. A necessity of elaborating new highly accurate objective methods of examining human biotissues has arisen. This paper demonstrates the results of experimental studies of the myocardial tissue by means of laser polarimetry methods that enable to describe the dynamics of optic changes of the myocardial tissue and make it possible to establish differential criteria to establish the cause and prescription of death coming.

Key words: laser polarimetry, biological tissues, forensic medical examination, asphyxia, blood loss.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Рецензент – проф. М.В.Шаплавський

Buk. Med. Herald. – 2010. – Vol. 14, № 1 (53). – P. 110-113

Надійшла до редакції 21.09.2009 року