

УДК 316.6 61:340.6:616-001.85+616-001.5]:612.013-073

DYNAMICS OF CHANGES IN THE DEGREE OF DEPOLARIZATION OF LASER RADIATION, MULTIPLE BY THE MYOCARDIAL TISSUE, FOR DETERMINATION OF THE DEATH TIME

ДИНАМІКА ЗМІНИ СТУПЕНЯ ДЕПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ, РОЗСІЯНОГО ТКАНИНАМИ МІОКАРДА, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ

Bachynskyy Viktor

*Department of Forensic Medicine and Medical Law
Higher State Educational Establishment of Ukraine
“Bukovinian State Medical University”
2, Theatralna sq., Chernivtsi city, Ukraine, 58000*

Бачинський Віктор Теодосович

*кафедра судової медицини та медичного
правознавства ВДНЗ України «Буковинський
державний медичний університет»,
58002, м. Чернівці, Театральна пл., 2*

Pavlyukovich Alexandr

*Department of Forensic Medicine and Medical Law
Higher State Educational Establishment of Ukraine
“Bukovinian State Medical University”
2, Theatralna sq., Chernivtsi city, Ukraine, 58000*

Павлюкович Олександр Васильович

*кафедра судової медицини та медичного
правознавства ВДНЗ України «Буковинський
державний медичний університет»,
58002, м. Чернівці, Театральна пл., 2*

Pavlyukovich Natalia

*Department of Internal Medicine,
Clinical Pharmacology and Occupational Diseases
Higher State Educational Establishment of Ukraine
“Bukovinian State Medical University”,
2, Theatralna sq., Chernivtsi city, Ukraine, 58000*

Павлюкович Наталія Дмитрівна

*кафедра внутрішньої медицини,
клінічної фармакології та професійних хвороб
ВДНЗ України
«Буковинський державний медичний університет»,
58002, м. Чернівці, Театральна пл., 2*

Abstract. This article is devoted to research of temporal dynamics of the structure of statistical distributions degree of depolarization of the scattered laser myocardial tissue samples upon the occurrence of death from coronary heart disease, mechanical asphyxia and blood loss.

Key words: forensic medicine, death, laser polarimetry, asphyxia, blood loss.

Анотація. Дана стаття присвячена дослідженню часової динаміки зміни статистичної структури розподілів ступеня деполаризації розсіяного лазерного випромінювання зразками тканини міокарда при настанні смерті внаслідок ішемічної хвороби серця, механічної асфіксії та крововтрати.

Ключові слова: судова медицина, смерть, лазерна поляриметрія, асфіксія, крововтрата.

Визначення давності настання смерті є однією з найважливіших, актуальних проблем судової медичної науки та практики. У зв'язку із цим майже в кожній із призначених експертиз судово-слідчими органами ставиться питання визначення давності настання смерті. Значне місце у вирішенні цього питання посідають дослідження морфологічних змін, ознак реакції з боку різних тканин, органів та систем відповідно до давності настання смерті (Мішалов В. Д., Михайличенко Б. В., Завальнюк А. Х., Юхимець І. О. та ін., 2010).

Водночас отримання даних про зміни в біологічних тканинах трупа людини залежно від причини смерті за допомогою фізичного методу лазерної поляриметрії відкривають перспективи для об'єктивного вирішення питання про давність настання смерті (Бачинський В. Т., Михайличенко Б. В., Мішалов В. Д., Ушенко О. Г., 2011).

Мета роботи – розробити об'єктивні критерії для встановлення давності настання смерті та диференціації її причини внаслідок механічної асфіксії чи крововтрати, за даними лазерної поляриметрії і фазометрії біологічних тканин трупа людини, на основі статистичного аналізу координатних розподілів фазових зсувів лазерних зображень та ступеня деполаризації розсіяного випромінювання

зрізами міокарда.

За основу було взято ряд методів мікроскопії; фазометрії; поляриметрії тканини міокарда; статистичної обробки результатів досліджень.

Під час виконання роботи досліджено зрізи БТ від 240 осіб різної статі з відомою причиною смерті та часом її настання, які померли внаслідок механічної асфіксії (типу “А”) – 100 випадків та крововтрати (типу “К”) – 100 випадків, а у якості контролю було взято 40 випадків смерті внаслідок ішемічної хвороби серця.

У подальшому використано класичні методи вимірювання. Послідовність дій полягала в наступному алгоритмі:

1. За допомогою обертання осі пропускання аналізатора (А) в межах 00–1800 визначали масиви мінімальних і максимальних рівнів інтенсивності

$$I_{\min} \begin{pmatrix} r_{1, \dots, r_m} \\ \dots \\ r_{n, \dots, r_n} \end{pmatrix}; I_{\max} \begin{pmatrix} r_{1, \dots, r_m} \\ \dots \\ r_{n, \dots, r_n} \end{pmatrix}$$

зображень зрізів біологічних тканин для кожного окремого пікселя CCD-камери і, відповідні їм кути повороту

$$\left\{ \ominus \begin{pmatrix} r_{1, \dots, r_m} \\ \dots \\ r_{n, \dots, r_n} \end{pmatrix} \left(f \begin{pmatrix} r_{1, \dots, r_m} \\ \dots \\ r_{n, \dots, r_n} \end{pmatrix} \equiv \min \right) \right\}$$

2. Розраховували координатні розподіли (поляризаційні мапи) станів поляризації у площині зображень зрізів БТ з використанням таких співвідношень:

$$\alpha \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} = \theta(I(r)) = \min - \frac{\pi}{2}; \quad (2.1)$$

$$\beta \begin{pmatrix} r_1, \dots, r_m \\ r_n, \dots, r_m \end{pmatrix} = \arctg \frac{I(r)_{\min}}{I(r)_{\max}}$$

3. Розраховували фазові зсуви між ортогональними складовими амплітуди лазерної хвилі в точці зображень зрізів БТ за наступним співвідношенням

$$\Delta(r_i) = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_i)}{\operatorname{tg} \alpha(r_i)} \right] \quad (2.2)$$

4. Вираховували значення ступеня деполаризації лазерного випромінювання в точці зображень зрізів БТ за наступним співвідношенням

$$\Delta = \frac{2I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \quad (2.3)$$

Вимірювання координатного розподілу фазових зсувів $\varphi(x,y)$ між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання проводилось за схемою і методикою.

Серія рис. 1 ілюструє тривимірну реконструкцію залежностей для лазерного зображення тканини міокарда типу "А" (рис. 1) і типу "К" (рис. 2).

Аналіз одержаних експериментальних даних про фазову структуру лазерних зображень виявив:

Незалежно від причини настання смерті розподіли значень фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання є координатно неоднорідними, що вказує на різні особливості кровонасичення міокарда.

Більш кровонасиченим ділянкам відповідають ділянки з більшим рівнем фазових зсувів лазерного випромінювання, що формуються за рахунок анізотропії як міозинових пучків, так і сформованого фібрину.

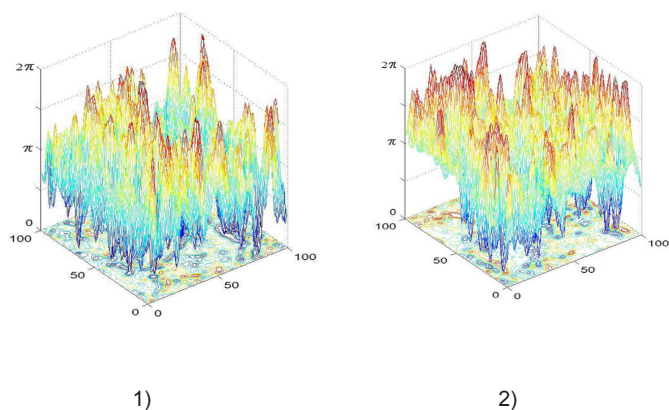


Рис. 1. Координатний розподіл (100px X 100px) фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда:

1) типу "А"; 2) типу "К"

Загальний рівень значень $\varphi(x,y)$ для лазерного зображення тканини міокарда типу "К" (рис. 1. 2)) вищий за аналогічний координатний розподіл фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання для тканини типу "А" (рис.

1. 1)).

Екстремуми тривимірних розподілів фазових зсувів $\varphi(x,y)$ між ортогональними складовими амплітуди лазерного зображення тканини міокарда типу "К" (рис. 1. 2)) мають щільність в 2 – 3 рази вищу за аналогічні фазові розподіли, виміряної для поля лазерного випромінювання (рис. 1. 1)), розсіяного тканиною міокарда типу "А".

Виявлена залежність фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди $\varphi(x,y)$ лазерного випромінювання біологічними тканинами внутрішніх органів вказує на перспективність методів статистичного аналізу фазових зображень не тільки для диференціації причини настання смерті, але й для встановлення її давності.

На рис. 2 і таблиці 1 приведена сукупність експериментальних даних про часову і статистичну динаміку зміни двовимірного розподілу фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда типу "А".

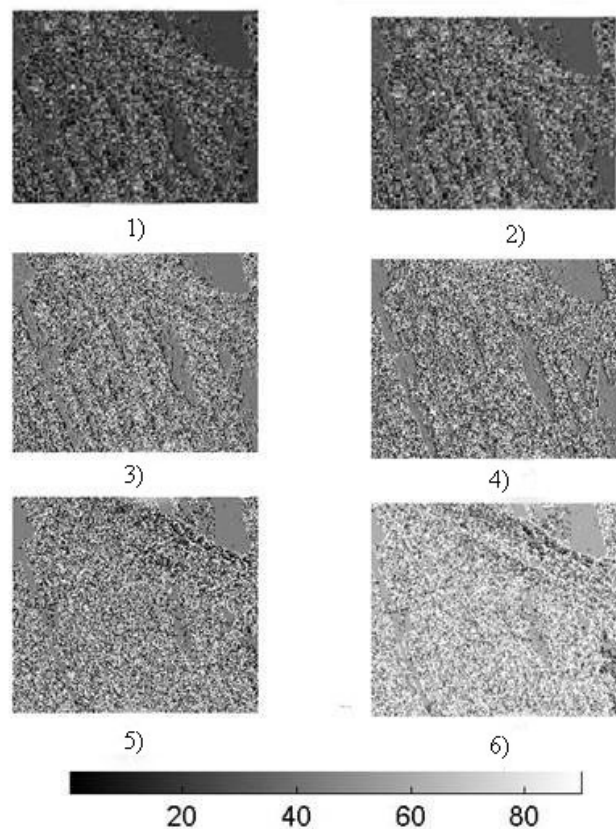


Рис. 2. Часова динаміка зміни двовимірного розподілу фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда типу "А": 1) 1 год; 2) 6 год; 3) 12 год; 4) 24 год; 5) 30 год; 6) 36 год

Аналіз часових залежностей структури координатних розподілів фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда типу "А" і сукупності статистичних моментів 1-4 порядків, які їх характеризують показав, що зі збільшенням часу спостереження після настання смерті спостерігається динамічне зростання значень фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди по всій площині досліджуваного зрізу тканини міокарда – рис. 2, фрагменти 1),2),3),4),5), досягають, починаючи з певного значення часу спостереження, "стабілізації" координатних розподілів $\varphi(x,y)$.

Таблиця 1

Часові залежності статистичних моментів 1-4 порядків розподілу фаз лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда типу “А”

Статистичні моменти	Контроль n=40	Часовий інтервал після настання смерті (год)							
		1 n=5	6 n=5	12 n=5	18 n=5	24 n=5	30 n=5	36 n=5	40 n=5
Середнє M_1	1,41±0,06	0,92±0,043*	1,15±0,049#	1,21±0,052#	1,43±0,06#	1,57±0,07#	1,61±0,09#	1,58±0,085#	1,55±0,075
Дисперсія M_2	0,34±0,029	0,71±0,038*	0,64±0,030#	0,52±0,026#	0,38±0,018#	0,27±0,015#	0,29±0,016	0,28±0,015	0,27±0,014
Асиметрія M_3	3,77±0,32	1,31±0,07*	0,91±0,047#	0,63±0,031#	0,27±0,013#	0,11±0,005#	0,08±0,004#	0,04±0,003#	0,05±0,004#
Ексцес M_4	3,05±0,23	1,92±0,11*	2,12±0,12#	2,39±0,13#	2,78±0,15#	2,91±0,16	3,14±0,175#	3,83±0,21#	3,86±0,19

Примітка: * - різниця вірогідна проти групи контролю, $p < 0,05$;

- різниця вірогідна проти попередньої групи $p < 0,05$.

Зазначені особливості зміни координатних розподілів фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди можна пов'язати з наступними механізмами. Це часові зміни структури крові, пов'язані з її полімеризацією та формуванням оптично анізотропного білку фібрину, речовина якого володіє двоприменезаломленням, яке і виявляється у формуванні додаткової фазової модуляції. Інший механізм, пов'язаний з залякканням речовини біологічної тканини і формуванням напруг, що формують додаткове двоприменезаломлення. Такі процеси трупних змін виявляються у зростанні оптичної анізотропії та росту показника двоприменезаломлення, що призводить до збільшення як загальної величини фазових зсувів, так і формування більшої щільності (модуляції) їх екстремальних значень.

Аналіз сукупності значень наведених у таблиця 1 показує, що значення всього набору статистичних моментів, які характеризують розподіли фазових зсувів у лазерному зображенні тканини міокарда, є надзвичайно чутливими до зміни часу спостереження після настання смерті. Вся сукупність статистичних моментів 1-4-го порядків (середнє, дисперсія, асиметрія, ексцес) зазнає монотонних часових змін власних величин, досягаючи через певні (індивідуальні для кожного моменту) проміжки часу стабільного рівня. Кожен із статистичних моментів змінюється індивідуально. Значення середнього та ексцесу зростають; дисперсія і асиметрія зменшуються. Тому, діапазони визначення часу настання смерті тканини міокарда лежать в межах: середнє від 1 до 36 год; дисперсія від 1 до 24 год; асиметрія і ексцес від 1 до 40 год.

Дослідження часових залежностей координатних розподілів фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання тканиною міокарда типу “К” (рис. 3) виявили аналогічний процес зростання фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди у відповідних розподілах параметра зі збільшенням часу спостереження після настання смерті.

Головною відмінністю від даних одержаних для тканини типу “А” є більший динамічний діапазон зміни власних значень сукупності статистичних моментів розподілу фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання тканиною міокарда та більша частота модуляції координатних розподілів (рис. 2), - таблиця 2.

Аналіз часових залежностей структури координатних розподілів фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди ла-

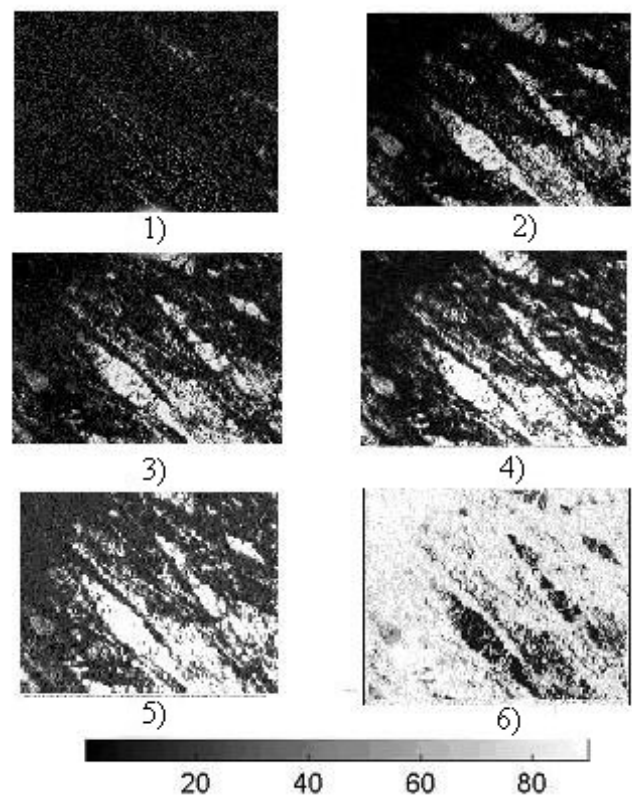


Рис. 3. Часова динаміка зміни двовимірного розподілу фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда типу “К”: 1) 1 год; 2) 8 год; 3) 14 год; 4) 26 год; 5) 42 год; 6) 48 год

зерного випромінювання тканиною міокарда типу “К” і сукупності статистичних моментів 1-4 порядків, які їх характеризують показав, що вся сукупність статистичних моментів 1-4-го порядків зазнає монотонних часових змін власних величин, досягаючи через певні проміжки часу стабільного рівня. Проте, часовий діапазон такої зміни суттєво більший ніж у випадку типу “А”.

З аналізу динаміки зміни (досягнення стабілізації відносних значень) часових залежностей статистичних моментів фазових розпо-

Таблиця 2

Часові залежності статистичних моментів 1-4 порядків розподілу фаз лазерного випромінювання, розсіяного тканиною міокарда типу "К"

Статистичні моменти	Контроль n=40	Часовий інтервал після настання смерті (год)							
		1 n=5	8 n=5	14 n=5	20 n=5	26 n=5	32 n=5	42 n=5	48 n=5
Середнє M_1	1,41±0,06	1,12 ±0,045*	1,24 ±0,048#	1,29±0,055#	1,43±0,06#	1,68±0,085#	1,82±0,105#	1,81±0,095	1,83±0,09
Дисперсія M_2	0,34±0,029	0,92 ±0,047*	0,71 ±0,039#	0,53±0,028#	0,38±0,022#	0,24±0,014#	0,13±0,008#	0,14±0,009	0,12±0,008
Асиметрія M_3	3,77±0,32	0,87 ±0,047*	0,61±0,032#	0,28±0,016#	0,16±0,009#	0,11±0,007#	0,09±0,006#	0,07±0,005#	0,04±0,003#
Ексцес M_4	3,05±0,23	1,71± 0,105*	2,23±0,11#	2,84±0,13#	3,13±0,145#	3,72 ±0,14#	4,18±0,195#	6,03±0,29#	7,14±0,33#

Примітка: * - різниця вірогідна проти групи контролю, p<0,05; # - різниця вірогідна проти попередньої групи p<0,05.

ділів лазерного зображення визначені для типу "К" практично на 25 - 45% менші від аналогічних показників при дослідженні типу "А", і лежать у межах: середнє та дисперсія – від 1 до 32 год; асиметрія та ексцес – від 1 до 48 год.

Висновки:

1. Розподіл фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання, розсіяного зрізами тканини

міокарда, який описується показниками статистичних моментів 1-4-го порядків, динамічно змінюється в післясмертному періоді, що зумовлює їх використання для визначення давності настання смерті.

2. Часова динаміка зміни середнього () і дисперсії () розподілу ступеня деполаризації лазерного випромінювання, перетвореного зрізами тканини міокарда показує наявність статистично достовірної різниці причини настання смерті від 1 до 48 годин,

References:

1. Bachins'kij V. T. *Viznachennya davnosti nastannya smerti ta chasu utvorenniya gematom metodami lazernoї spektrofotopolarimetriї* / V. T. Bachins'kij, B. V. Mihajlichenko, V. D. Mishalov, O. G. Ushenko – Chernivci, vidavnicтво «Prut» – 2011. – 326 s.
2. *Viznachennya davnosti nastannya smerti u sudovo-medichnij ekspertizi (metodichni rekomendacii)* / V. D. Mishalov, B. V. Mihajlichenko, A. H. Zaval'nyuk, I. O. YUhimec' // TOV Virtual'na real'nist'. – 2010. – 36 s.
3. Vanchulyak O. Ya. *Polyarizacijno-korelyacijnij analiz dinamiki zmini mikrostrukturi m'yazovoї tkanini* / Vanchulyak O. Ya., Ushenko O. G., Bachins'kij V. T. // *Klinichna ta eksperimental'na patologiya*. – 2002. – T. 1, №1. – S. 69-74.