

УДК 612.013-079:576.3

*В.Т. Бачинський***ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ФАЗОВИХ ЗСУВІВ МІЖ
ОРТОГОНАЛЬНИМИ СКЛАДОВИМИ АМПЛІТУДИ ЛАЗЕРНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ, РОЗСІЯНОГО ТКАНИНАМИ НИРКИ, ДЛЯ
ДІАГНОСТИКИ ЧАСУ НАСТАННЯ СМЕРТІ**

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Резюме. У сучасній судово-медичній науці та практиці виникла необхідність розробки нових високоточних та об'єктивних методів дослідження біотканин людини для діагностики давності настання смерті. Використання методів лазерної поляриметрії у дослідженні динаміки зміни біотканин є перспективним напрямком у розв'язанні даної задачі. У цій роботі пропонується метод визначення часу настання смерті шляхом дослідження двовимірних розподілів фаз між ортогональними станами поляризації лазерних зображень серії гістологічних зрізів тканини нирки в різних спектральних ділянках. Запропонований метод дозволяє виключно повно описати післясмертну динаміку змін анізотропії тканин нирки і дає можливість розширити часовий інтервал та точність визначення давності настання смерті.

Ключові слова: судова медицина, лазер, спектр, час.

Вступ

У сучасних умовах перед практичними судово-медичними експертами постає багато питань стосовно точності, об'єктивності та вірогідності даних щодо діагностики давності настання смерті. Тому виникла необхідність у вивченні та розробці новітніх методів її діагностики шляхом дослідження розподілів фаз між ортогональними станами поляризації лазерних зображень тканин, що дозволяє вивчити і піднести на якісно новий рівень вирішення даної проблеми.

Мета дослідження

Дана робота спрямована на дослідження можливостей визначення часу настання смерті шляхом дослідження двовимірних розподілів фаз між

ортогональними станами поляризації лазерних зображень серії гістологічних зрізів тканини нирки в різних спектральних ділянках.

Матеріал і методи

Як об'єкти дослідження використовувалися гістологічні зрізи тканини нирки в осіб обох статей, які померли від ускладнень хронічної ішемічної хвороби серця (32 випадки), віком від 52 до 74 років у різні терміни після настання смерті.

У шарі тканини нирки відбувається координатна фазова модуляція $\delta(x, y)$ лазерного випромінювання, що обумовлена різною швидкістю розповсюдження ортогональних складових амплітуди E_x , E_y у двопроренезаломлюючій речовині протеїнових пучків [4 - 6], - рис. 1.

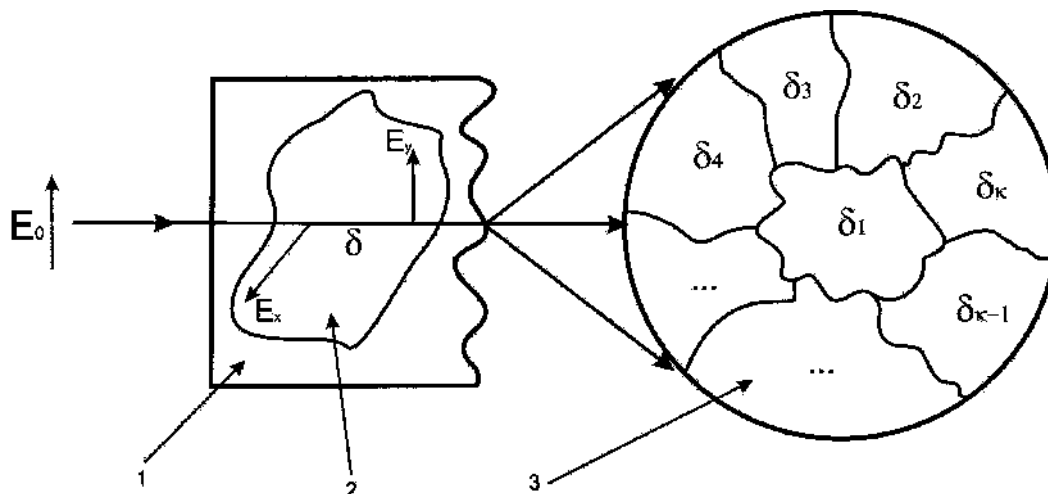


Рис. 1. Аналіз формування фазової структури лазерного зображення гістологічного зрізу тканини нирки

Відомо [7], що анізотропія будь якої речовини, в тому числі і органічної, залежить від її механічного, а в нашому випадку травматичного, напруження. Таким чином, фазометрія лазерних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин є ефективним методом дослідження не тільки їх двопроренезаломлюючих позаклітинних матриць [8], але й може бути ефективним методом моніторингу таких змін під дією різного роду травматичних факторів.

На рис. 3 приведена традиційна схема лазерної фазометрії [1-3].

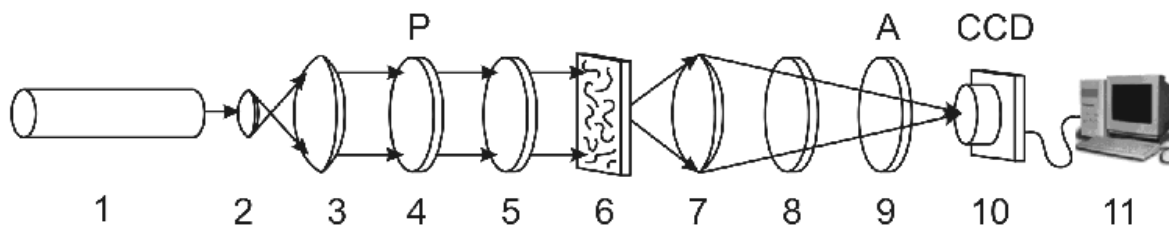


Рис. 3. Оптична схема вимірювання фазових зсувів лазерного випромінювання. Тут 1 – лазер; 2, 3 – коліматор; 5, 8 – чвертьхвильові платівки; 4, 9 – поляризатор та аналізатор відповідно; 6 – об’єкт дослідження; 7 – мікрооб’єктив; 10 – CCD камера; 11 – персональний комп’ютер

Для безпосереднього експериментального визначення координатного розподілу фаз $\delta(x, y)$ в зображенні тканини нирки розміщують її зразок між двох перехрещених фазових фільтрів – чвертьхвильових пластинок і поляризаторів, площини пропускання яких складають кути з осями найбільшої швидкості $+45^0$ и -45^0 . У даній ситуації значення інтенсивності I_s в точці “фазового” зображення гістологічного зрізу біологічної тканини з координатами (m, n) має вигляд

$$I_s(x, y) = I_0 \sin^2 \left[\frac{\delta(m, n)}{2} \right]. \quad (1)$$

Таким чином, вираз (1) дозволяє в “чистому” вигляді одержати експериментальні дані про координатні розподіли фазових зсувів $\delta(x, y)$, які виникають між ортогональними складовими комплексної амплітуди лазерної хвилі.

Обговорення результатів дослідження

На серії рис. 4 і рис. 5 наведені тривимірні залежності фазових зсувів лазерних зображень ушкоджених тканин нирки в різних спектральних діапазонах.

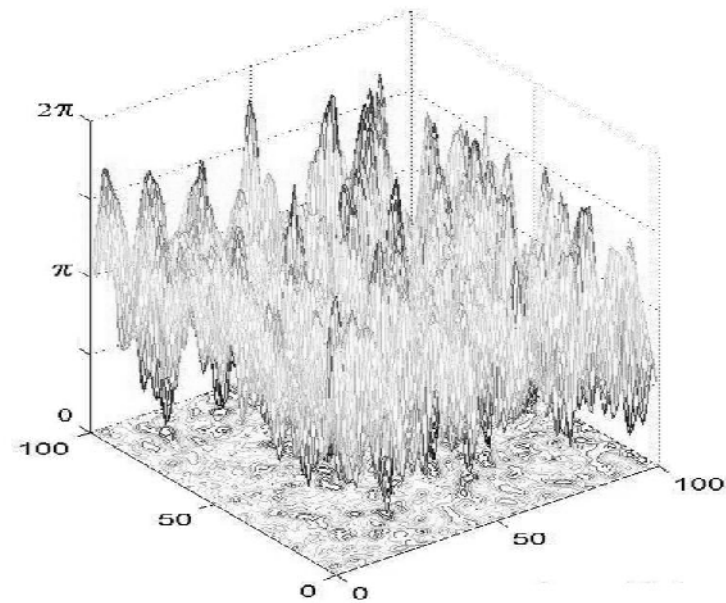


Рис. 4. Координатний розподіл (100px X 100px) фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною нирки для $\lambda_1 = 0,63\mu m$

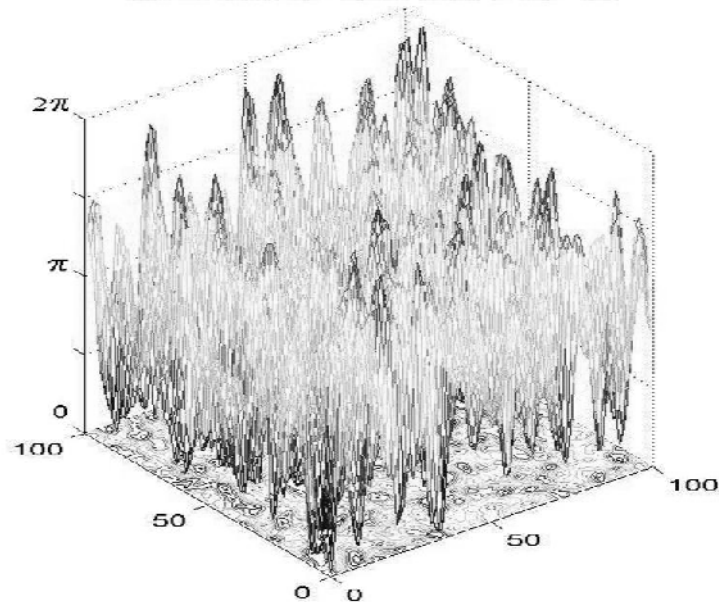


Рис. 5. Координатний розподіл (100px X 100px) фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною нирки для $\lambda_2 = 0,41\mu m$

Часові залежності зміни координатного розподілу фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерних зображень гістологічних зрізів тканини нирки в червоній і синій ділянках спектру ілюструють рис. 6, рис. 7 і таблиці №1, №2.

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\delta_i| = \frac{1}{N} (|\delta_1| + |\delta_2| + \dots + |\delta_N|); \\
 \sigma &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_i^2} = \sqrt{\frac{1}{N} (\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_N^2)}; \\
 A &= \frac{1}{\sigma^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_i^3 = \frac{1}{\sigma^3} \frac{1}{N} (\delta_1^3 + \delta_2^3 + \dots + \delta_N^3); \\
 E &= \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_i^4 = \frac{1}{\sigma^2} \frac{1}{N} (\delta_1^4 + \delta_2^4 + \dots + \delta_N^4),
 \end{aligned} \tag{2}$$

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

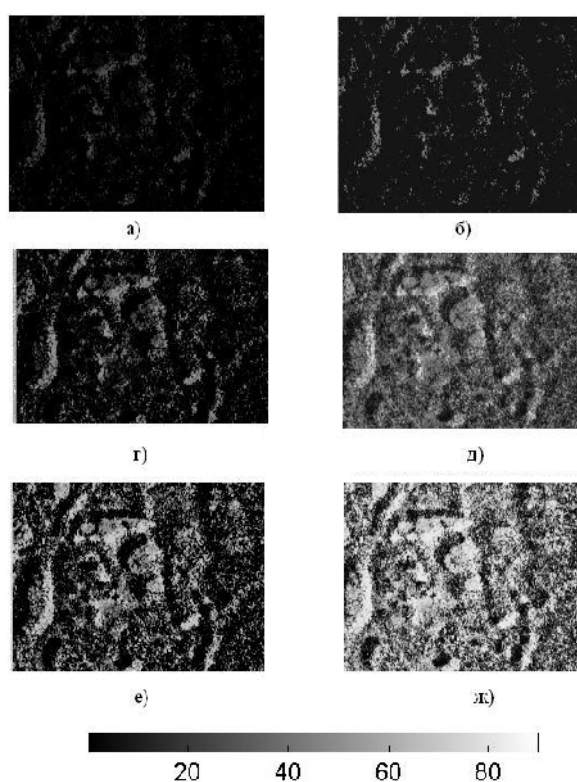


Рис. 6. Часова динаміка зміни двовимірного розподілу фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною нирки для $\lambda_1 = 0,63 \mu m$: 1 год (а); 4 год (б); 10 год (в); 14 год (г); 22 год (д); 26 год (е)

Як основний аналітичний інструмент для оцінювання розподілів випадкових значень δ , які характеризують поле розсіяного випромінювання гістологічними зрізами тканини печінки, використовувалися статистичні моменти першого M , другого σ , третього A і четвертого E порядків, які обчислювалися за стандартними алгоритмами програмного продукту MATLAB [8].

Таблиця 1

Часові залежності статистичних моментів 1 – 4 порядків розподілу фаз лазерного випромінювання, розсіяного тканиною нирки для $\lambda_1 = 0,63 \mu\text{m}$

T	1	4	6	10	14	18	22	26
M	0,81 \pm 0,093	0,89 \pm 0,094	1,23 \pm 0,099	1,47 \pm 0,13	1,48 \pm 0,12	1,46 \pm 0,14	1,47 \pm 0,16	1,49 \pm 0,15
σ	0,65 \pm 0,069	0,57 \pm 0,065	0,41 \pm 0,047	0,33 \pm 0,038	0,28 \pm 0,031	0,16 \pm 0,018	0,15 \pm 0,016	0,17 \pm 0,019
A	1,31 \pm 0,15	1,13 \pm 0,14	0,91 \pm 0,11	0,83 \pm 0,093	0,66 \pm 0,074	0,57 \pm 0,062	0,43 \pm 0,045	0,41 \pm 0,043
E	2,62 \pm 0,29	3,48 \pm 0,36	3,89 \pm 0,41	4,73 \pm 0,48	5,15 \pm 0,56	5,93 \pm 0,62	6,28 \pm 0,66	7,06 \pm 0,72

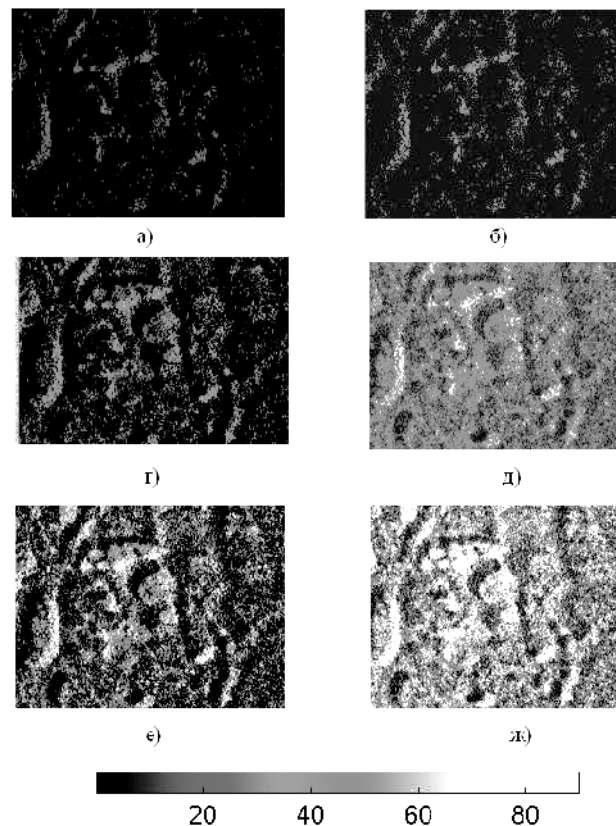


Рис. 7. Часова динаміка зміни двовимірного розподілу фазових зсувів лазерного випромінювання, розсіяного тканиною нирки для $\lambda_2 = 0,41 \mu\text{m}$: 1 год (а); 6 год (б); 10 год (в); 22 год (г); 22 год (д); 34 год (е)

Таблиця 2

Часові залежності статистичних моментів 1 – 4 порядків розподілу фаз лазерного випромінювання, розсіяного тканиною нирки для $\lambda_2 = 0,41\mu m$

T	1	4	6	10	16	22	28	34
M	1,12 ± 0,14	1,27 ± 0,17	1,32 ± 0,16	1,42 ± 0,18	1,73 ± 0,21	1,92 ± 0,21	1,94 ± 0,23	1,93 ± 0,22
σ	0,82 ± 0,085	0,73 ± 0,071	0,68 ± 0,069	0,51 ± 0,054	0,32 ± 0,037	0,28 ± 0,033	0,11 ± 0,014	0,12 ± 0,016
A	0,91 ± 0,098	0,82 ± 0,087	0,74 ± 0,077	0,59 ± 0,063	0,31 ± 0,35	0,16 ± 0,018	0,08 ± 0,097	0,09 ± 0,011
E	1,81 ± 0,21	2,38 ± 0,22	3,77 ± 0,35	4,23 ± 0,39	5,85 ± 0,54	7,83 ± 0,72	8,38 ± 0,81	9,86 ± 0,94

Аналіз часових залежностей структури координатних розподілів фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного зображень тканини нирки для всіх довжин хвиль і сукупності статистичних моментів 1 – 4 порядків, які їх характеризують, показав, що зі збільшенням часу T після настання смерті спостерігається монотонне зростання значень фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди по всій площині досліджуваного гістологічного зрізу – рис. 6, рис. 7, фрагменти “а”, “б”, “в”, “г”, “д”, досягаючи через певні проміжки часу стабільного рівня, що визначає граничні умови встановлення часу настання смерті.

У червоній області ($\lambda_1 = 0,63\mu m$) діапазони визначення часу настання смерті тканини нирки лежать у межах:

- від 1 год до 10 год (середнє);
- від 1 - год до 12 год (дисперсія);
- від 1 год до 16 год (асиметрія);
- від 1 год до 20 год (ексцес).

Для синьої області ($\lambda_2 = 0,41\mu m$) діапазони визначення часу настання смерті тканини нирки лежать у межах:

- від 1 год – 18 год (середнє);
- від 1 год – 24 год (дисперсія);
- від 1 год – 28 год (асиметрія);
- від 1 год – 34 год (ексцес).

Висновки

1. Зі збільшенням часу спостереження після настання смерті значення середнього двовимірного розподілу фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди зростає практично на 40% - від 1,12 до 1,93.
2. Протилежних, змін зазнає другий статистичний момент відхилень випадкових значень фазових зсувів між ортогональними складовими амплітуди лазерного випромінювання.
3. Дисперсія зменшується в межах від 0,82 до 0,12.
4. Значення асиметрії фазових розподілів зменшуються у межах одного порядку величини - від 0,91 до 0,09.
5. Четвертий статистичний момент зростає від 1,81 до 9,86.

Перспективи подальших досліджень

Як показали отримані результати спостерігається певна закономірність між розподілами фаз між ортогональними станами поляризації лазерних зображень тканин нирки і давністю настання смерті. Залишається перспективним вивчення даних змін в інших групах тканин та органів з метою покращення отриманих результатів.

Література.

1. Ushenko A. G. 2D phase tomography of biotissues: II. Polarization visualization and selection of biotissue image two-layer scattering medium / A.G. Ushenko // SPIE. – Vol. 5477. – P. 450-456.
2. Ushenko A. G. 2D phase tomography of biotissues: I. Topological structure value of birefringence / A.G. Ushenko // SPIE. – Vol. 5477. P. 438-449.

3. Ushenko Y. A. Polarization phase mapping of biological tissues: II. Skin as a transformer of vector structure of coherent radiation / Y. A. Ushenko // SPIE. – 2004. – Vol. 5477. – P. 506-512.
4. Wang X. Polarized light propagation through scattering media: time-resolved Monte Carlo simulation and experiments / X. Wang, L. V. Wang, Ch.-W. Sun [et al.] // J. Biomed. Opt. – 2003. – Vol. 8. – P. 608-617.
5. Wang X. Propagation of polarized light in birefringent turbid media: A Monte Carlo study / Xueding Wang, Lihong V. Wang. // J. Biomed. Opt. – 2002. – Vol. 7. – P. 279-290.
6. Wang X. Polarized light propagation through the scattering media: time-resolved Monte Carlo and experiments / X. Wang, L.-H. Wang, C.-W. Sun, [et al.] // J. Biomed. Opt. – 2003. – Vol. 8. – P. 608-617.
7. Wang X. Monte Carlo model and single-scattering approximation of polarized light propagation in turbid media containing glucose / X. Wang, G. Yao, L.-H. Wang. // Appl. Opt. – 2002. – Vol. 41. – P. 792–801.
8. Wang X. Propagation of polarized light in birefringent turbid media: a Monte Carlo study / X. Wang, L.-H. Wang. // J. Biomed. Opt. – 2002. – Vol. 7. – P. 279–290.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ
МЕЖДУ ОРТОГОНАЛЬНЫМИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ АМПЛИТУДЫ
ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, РАССЕЯНОГО ТКАНЯМИ ПОЧКИ, ДЛЯ
ДИАГНОСТИКИ ВРЕМЕНИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ**

В.Т. Бачинский

Резюме. В современной судебно-медицинской науке и практике возникла необходимость разработки новых высокоточных и объективных методов исследования биотканей человека для диагностики времени наступления смерти. Использование методов лазерной поляриметрии в исследовании динамики изменений биотканей – перспективное направление в решении данной задачи. В представленной работе предлагается метод определения времени

наступления смерти путём исследования двумерных распределений фаз между ортогональными состояниями поляризации лазерных изображений серии гистологических срезов ткани почки в различных спектральных участках. Предложенный метод даёт возможность исключительно полно описать послесмертную динамику изменений анизотропии тканей почки и даёт возможность расширить временной интервал и точность определения давности наступления смерти.

Ключевые слова: судебная медицина, лазер, спектр, время.

**A STUDY OF THE DYNAMICS OF A CHANGE OF PHASE SHIFTS
BETWEEN ORTOGONAL COMPONENTS OF THE AMPLITUDE OF
LASER RADIATION DIFFUSED BY THE RENAL TISSUES IN ORDER TO
DIAGNOSE THE PRESCRIPTION OF DEATH COMING**

V.T. Bachinsky

Abstract. A need to elaborate new highly accurate and objective methods of research of human biotissues has arisen in modern forensic medical science and practice in order to diagnose the prescription of death coming. The use of the methods of laser polarimetry, when investigating the dynamics of changes of biotissues is a promising trend to solve this particular problem. This paper suggests a method of evaluating the prescription of death coming via investigating bivariate phase distributions between the orthogonal polarization conditions of laser images of a series of histological sections of renal tissues in different spectral areas. The proposed method gives the possibility exceptionally completely to describe the postmortem dynamics of changes of renal tissue anisotropy and enables to expand the temporal interval and the accuracy of calculating the prescription of death coming.

Key words: forensic medicine, laser, spectrum, time.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Clin. and experim. pathol.- 2008.- Vol.7, №3.-P.2-.

Надійшла до редакції 18.07.2008

Рецензент – проф. М.В. Шаплавський