

## ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ЗА ФАЗОВОЮ КАРТОГРАФІЄЮ ЗОБРАЖЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

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

**Резюме.** У зв'язку з тим, що в сучасній судово-медичній практиці використовують методи визначення давності настання смерті, які багато в чому суб'єктивні і залежать від багатьох чинників зовнішнього середовища, виникла необхідність розробки нових високоточних об'єктивних методів дослідження біотканин людини. Ми пропонуємо використання методів лазерної поляриметрії. У даній роботі показані експерименталь-

ні дослідження біологічних тканин методом фазової картографії. Запропонований метод дозволяє виключно повно описати посмертну динаміку змін анізотропії тканин різних типів і дає можливість розширити часовий інтервал визначення давності настання смерті.

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

**Вступ.** Дослідження ранніх посмертних змін біотканин (БТ) організму на макроскопічному чи мікроскопічному рівні та встановлення давності настання смерті (ДНС) людини є однією із головних проблем у судовій медицині. Впродовж минулих десятиріч вітчизняними та закордонними вченими розроблено чимало методів діагностики посмертних дегенеративно-дистрофічних змін БТ, аналізу і обробки отриманих результатів встановлення ДНС [1-6]. Це переважно застарілі методи встановлення ДНС, які великою мірою є суб'єктивними, залежать від багатьох чинників зовнішнього середовища та обставин настання смерті. У цьому напрямку є фізичні методи дослідження БТ з використанням методик кореляційної оптики, які вивчають явища світлорозсіяння, дозволяють отримувати об'єктивні дані динаміки посмертних змін досліджуваних тканин організму та більш точно визначати часовий проміжок, що пройшов із моменту настання смерті [2,3].

**Мета дослідження.** Розширити можливості лазерної діагностики оптико-геометричної будови біологічних кристалів основних типів тканин органів людини на основі нових методів фазового картографування двоприменезаломлювальних позаклітинних матриць для визначення давності настання смерті.

**Матеріал і методи.** Під час виконання роботи досліджено БТ від 40 осіб (з відомим часом настання смерті) різної статі віком від 25 до 90 років, які померли від хронічної ішемічної хвороби серця (34 випадки) та ішемічної хвороби сер-

ця, яка ускладнилася гострою коронарною недостатністю (6 випадків). При цьому для дослідження проводили забір таких БТ: шкіри з передньої стінки живота, серцевий м'яз, тканину легень та печінки. Забір проводився 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 БТ за допомогою заморожувального мікротома отримували нативні гістологічні зрізи БТ товщиною від 20 до 60 мкм. Як об'єкти дослідження використовувалися гістологічні зрізи сполучної тканини (дермальний шар шкіри людини), м'язової тканини міокарда, легеневої тканини та тканини печінки.

Для безпосереднього експериментального визначення координатного розподілу фаз  $\varphi(x,y)$  у зображенні гістологічних зрізів біологічних тканин трупа людини запропоновано [7;8] розмістити її зразок між двох перехрещених фазових фільтрів – чвертьхвильових пластинок і поляризаторів, площини пропускання яких складають кути з осями найбільшої швидкості  $+45^\circ$  і  $-45^\circ$ .

Амплітуда  $E$  об'єктного лазерного пучка в такому експериментальному розташуванні визначається рівнянням (1)

Тут  $\{F_1\}$ ,  $\{F_2\}$  – матриці Джонса чвертьхвильових пластинок.

Розв'язком (1) є значення інтенсивності  $I_\varphi$  у точці "фазового" зображення гістологічного зрізу біологічної тканини із координатами  $(x,y)$  (2).

$$E = 0.25 \{A\} \{F_2\} \{M\} \{F_1\} \{P\} D_0 = 0.25 \begin{vmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \times \\ \times \begin{vmatrix} \cos^2 \gamma + \sin^2 \gamma \exp[-i\varphi] & \cos \gamma \sin \gamma \{1 - \exp[-i\varphi]\} \\ \cos \gamma \sin \gamma \{1 - \exp[-i\varphi]\} & \sin^2 \gamma + \cos^2 \gamma \exp[-i\varphi] \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} \quad (1).$$

$$I_\varphi(x,y) = E(x,y)E^*(x,y) = I_0 \sin^2 \left[ \frac{\varphi(X,Y)}{2} \right] \quad (2).$$

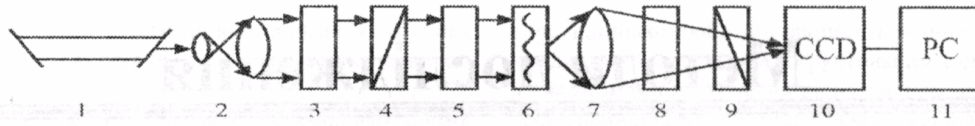


Рис. 1. Оптична схема вимірювання

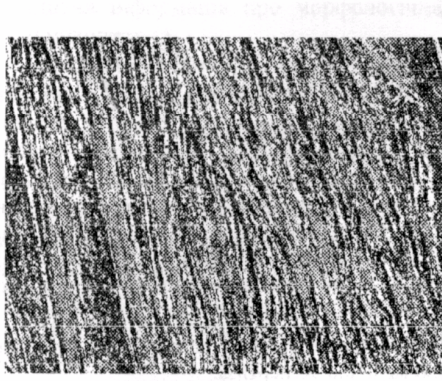


Рис. 2. Координатний розподіл фазових зсувів у зображенні м'язової тканини

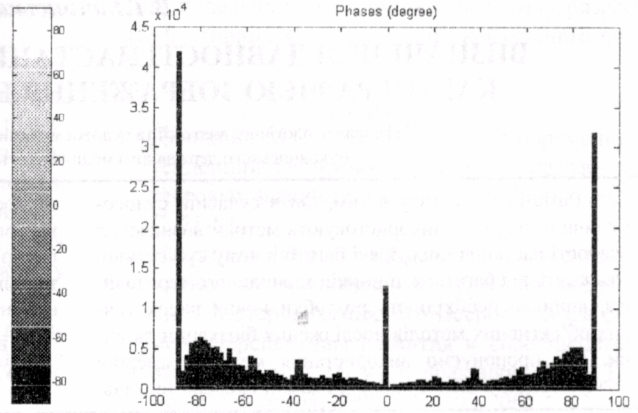


Рис. 3. Гістограма фазових зсувів у зображенні м'язової тканини

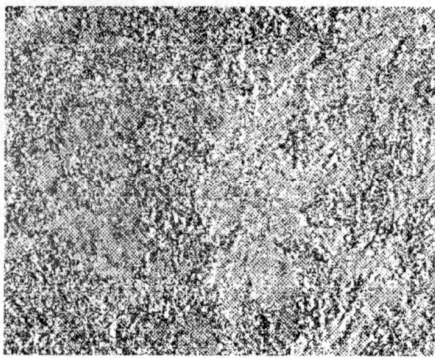


Рис. 4. Координатний розподіл фазових зсувів у зображенні дермального шару

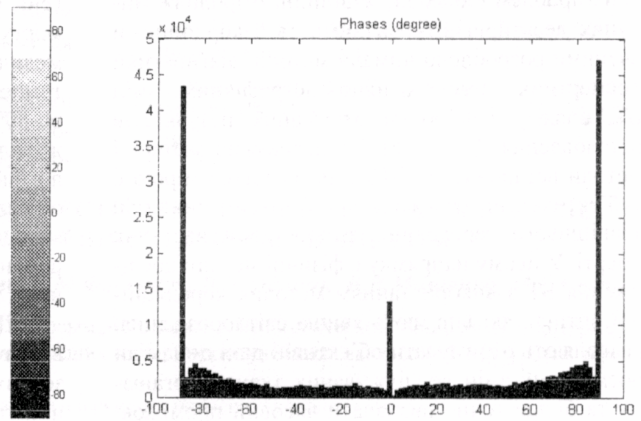


Рис. 5. Гістограма координатного розподілу фазових зсувів у зображенні дермального шару

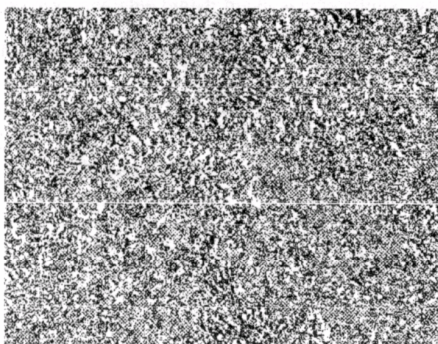


Рис. 6. Координатний розподіл фазових зсувів у зображенні тканин печінки

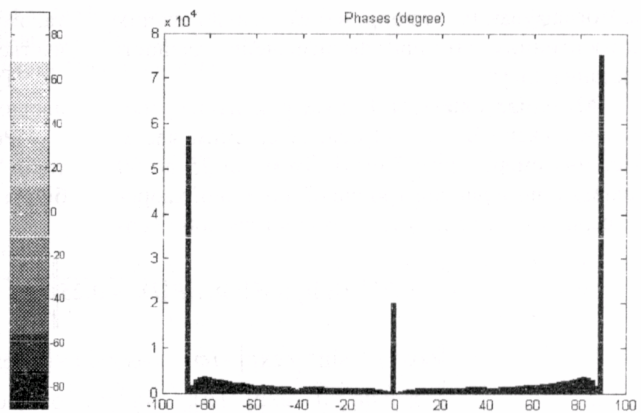


Рис. 7. Гістограма координатного розподілу фазових зсувів у зображенні тканин печінки

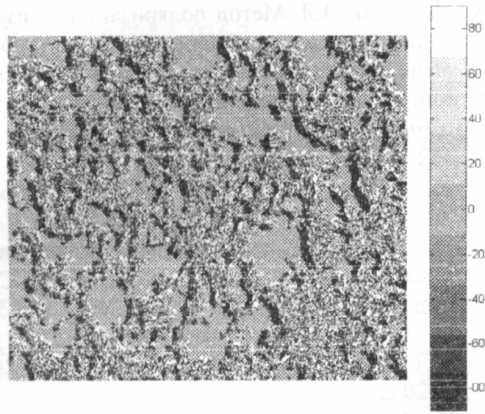


Рис. 8. Координатний розподіл фазових зсувів зображення легеневої тканини

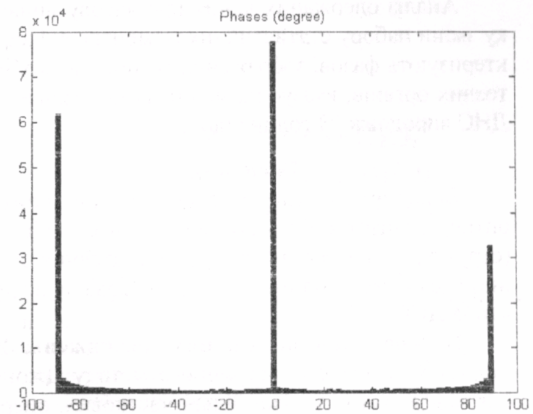


Рис. 9. Гістограма координатного розподілу фазових зсувів у зображенні легеневої тканини

Таким чином, вираз (2) дозволяє в “чистому” вигляді одержати експериментальні дані про координатні розподіли фазових зсувів  $\varphi(x,y)$ , які виникають між ортогональними складовими комплексної амплітуди лазерної хвилі, що розповсюджується крізь сукупність двоприменезаломлювальних біологічних кристалів позаклітинної матриці БТ.

Вимірювання координатних розподілів здійснювалось у традиційному поляриметричному розташуванні [2,3,7], оптична схема якого наведена на рис. 1.

Освітлення проводилося паралельним ( $\mathcal{E} = 10^4$  мкм) пучком He-Ne лазера 1 ( $I = 0.6328$  мкм,  $W = 5.0$  мВт). Поляризаційний освітлювач складається з коліматора – 2, чвертьхвильових пластинок – 3; 5 і поляризатора – 4.

Зображення гістологічного зрізу біологічної тканини за допомогою мікрооб’єктива 7 проектувалися в площину світлочутливої площадки (800x600 пікселів) CCD-камери 10, яка забезпечувала діапазон вимірювання розмірів структурних елементів біологічних тканин від 2 до 2000 мкм.

Обчислення статистичних моментів  $K^{(i)}$  розподілів значень фаз  $\varphi$  у зображенні гістологічних зрізів трупа людини проводилося з використанням наступних співвідношень

$$K^{(1)} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |(\varphi)_j|; K^{(2)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\varphi)_j^2};$$

$$K^{(3)} = \frac{1}{(R^{(2)})^3} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\varphi)_j^3; K^{(4)} = \frac{1}{(R^{(2)})^2} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\varphi)_j^4, \quad (3)$$

де  $N$  - кількість елементів аналізу, що на експерименті визначається масивом ( $m \times n$ ) світлочутливих пікселів цифрової камери.

#### Результати дослідження та їх обговорення.

Методика експериментального дослідження фазових зображень гістологічних зрізів трупа людини полягала у наступній послідовності дій:

1. Кожен такий гістологічний зріз розміщувався між перехресними чвертьхвильовими пластинками (рис. 1).
2. Формувалося фазове зображення тканин трупа людини (співвідношення 2), яке реєструвалося CCD-камерою.

3. Обчислювалася гістограма двовимірного розподілу випадкових значень фази.

4. За одержаною гістограмою знаходили статистичні моменти фазових розподілів (співвідношення 3).

5. Вимірювання проводилися на часовому проміжку 70 годин з інтервалом 10 хвилин.

З одержаних даних про статистичну структуру фазових зображень тканин людини зі структурованою позаклітинною матрицею випливає:

- Координатні розподіли значень фаз мають складну неоднорідну будову (рис. 2 і 4).
- Гістограми випадкових значень фази (рис. 3 і 5) свідчать про складний статистичний характер формування фазових зображень.
- Часові залежності статистичних моментів двовимірних фазових розподілів мають спільну закономірність – вони досягають “насичення” через 5 – 7 годин після настання смерті.

Отже, така закономірність часової зміни статистики фазових зображень може слугувати як критерій давності настання смерті.

Аналогічні дослідження часової динаміки зміни статистичних фазових властивостей зображень гістологічних зрізів тканин паренхіматозних органів ілюструє серія рис. 6-9.

Таблиця

#### Часові інтервали визначення давності настання смерті методом статистичного аналізу фазових зсувів зображень тканин людини

Тканина	Період визначення ДНС, год
М'язова тканина (поперечносмугастий м'яз)	1 – 70
М'язова тканина (серцевий м'яз)	1 – 70
Дерма шкіри	1 – 70
Печінка	1 – 26
Легенева тканина	1 – 27
Стінка товстої кишки	1 – 26
Селезінка	1 – 28
Нирка	1 – 27
Мозок	1 – 13

Аналіз одержаних даних про часову динаміку зміни набору статистичних моментів, які характеризують фазові зображення тканин паренхіматозних органів, вказує на можливість визначення ДНС впродовж 70 годин (табл.).

#### Висновок

Використання фазового методу, який описує оптичну анізотропію речовини різних типів БТ (структурованих тканин та паренхіматозних органів), дозволяє уточнити часові інтервали визначення ДНС.

**Перспективи подальших досліджень.** Інформаційна повнота матричного методу Джонса є базовою для розробки більш часткових, оперативних методів діагностики ДНС.

#### Література

1. Бабкіна О.П., Долотін С.О. Вивчення впливу прижиттєвих захворювань на імунні показники крові загинувших від травм при визначенні часу настання смерті // Укр. мед. альманах. – 2003. – Т.6, №5. – С.16-17.
2. Ванчуляк О.Я., Ушенко О.Г., Бачинський В.Т. Поляризаційно-кореляційний аналіз динаміки зміни мікроструктури м'язової тканини // Клін. та експерим. патологія. – 2002. – Т.1, №1. – С.69-74.

3. Ванчуляк О.Я. Метод поляризаційної візуалізації та статистичної обробки лазерних зображень архітекtonіки паренхіматозних біотканей у діагностиці часу настання смерті // Клін. та експерим. патологія. – 2005. – Т.4, №2. – С.105-110.
4. Кильдюшов Е.М., Кильдюшов М.С. Определение времени наступления смерти по данным ректальной термометрии с применением численных методов расчета на ЭВМ // Суд.-мед. экспертиза. – 2002. – Т.45, №5. – С.3-5.
5. Судебная медицина: Практикум / Под ред. В.Л. Попова. - Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 320 с.
6. Проблема приживаемости тканей при использовании современных методов морфологического исследования / В.В. Томилин, В.П. Туманов, О.А. Захарова и др. // Суд.-мед. экспертиза. – 1999. – Т.42, №4. – С.12-15.
7. Angelsky O.V., Tomka Yu.Ya., Ushenko A.G., et al. Investigation of 2D Mueller matrix structure of biological tissues for pre-clinical diagnostics of their pathological states // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2005. – Vol.38. – P.4227-4235.
8. Ushenko Yu.A. Polarized cartography of biofractals // Elektronika. – 2004. – № 8-9. – P.313-315.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ ПО ФАЗОВОЙ КАРТОГРАФИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

*В.Т.Бачинский*

**Резюме.** В связи с тем, что в современной судебно-медицинской практике используют методы определения давности наступления смерти, которые во многом субъективны и зависят от многих факторов внешней среды, возникла необходимость разработки новых высокоточных объективных методов исследования биотканей человека. Мы предлагаем использование методов лазерной поляриметрии. В данной работе нами показано экспериментальные данные исследования биотканей методом фазовой картографии. Предлагаемый нами метод разрешает исключительно полно описать послесмертную динамику изменений анизотропии тканей различных типов и дает возможность расширить временные интервалы определения давности наступления смерти.

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

### DETERMINING THE PRESCRIPTION OF DEATH COMING BY MEANS OF PHASE MAPPING OF IMAGING BIOLOGICAL TISSUES

*V.T.Bachynskyi*

**Abstract.** In connection with the fact that modern medico legal practice employs methods of determining the prescription of death coming that are in many ways subjective and depend on many factors of the environment, there arises a need of elaborating new highly precise objective methods of investigating human biotissues. We propose to use the methods of laser polarimetry. The present paper demonstrates experimental studies of biological tissues, using the methods of phase mapping. The method proposed by us makes it possible to describe in full detail the postmortem dynamics of changes of anisotropy of tissues of different types and enables to expand the temporal interval of the prescription of death coming.

**Key words:** laser polarimetry, biotissues, forensic medicine.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Рецензент – проф. М.В.Шаплавський

Buk. Med. Herald. – 2007. – Vol.11, №4. – P.149-152

Надійшла до редакції 2.10.2007 року