

УДК: 616.12-005.4-073.55  
 © Ванчуляк О.Я., 2013

## СТРУКТУРНІ ЗМІНИ МІОКАРДА ЛЮДИНИ ЗА УМОВ ГОСТРОЇ ІШЕМІЇ ВИКОРИСТАННЯМ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ФАЗОВОГО ЛАЗЕРНОГО АНАЛІЗУ Ванчуляк О.Я.

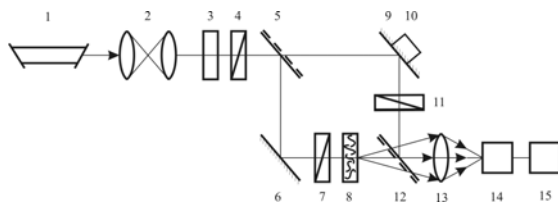
Буковинський державний медичний університет

**Вступ.** Структурні зміни міокарда за умов гострої коронарної недостатності (ГКН) тривалістю до шести годин залишаються на сьогодні не вивченими на достатньому рівні. Це зумовлено тим, що розвиток макро та мікροструктурних змін можна виявити при достатньому рівні розвитку некрозу. З іншого боку дана патологія є достатньо поширеною і її частка в нозологічній структурі захворюваності не має тенденції до зменшення. Важкість діагностики та частота поширення ГКН зумовлюють необхідність дослідження структурних перебудов міокарда людини за ГКН та визначення її достовірних критеріїв.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження було встановлення структурних перебудов міокарда за умов гострої коронарної недостатності, шляхом дослідження лазерних поляриметричних зображень методом фазового лазерного аналізу. Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання: встановити оптичні критерії зміни будови міокардних волокон за умов ГКН у термін до шести годин від початку ішемії; визначити діагностичну ефективність застосування фазового аналізу лазерних поляризаційних зображень для встановлення ГКН;

Матеріал і методи. Матеріал дослідження – зрізи тканин міокарда. Матеріал був поділений на дві групи 17 зразків міокарда трупів людей, померлих внаслідок ішемічної хвороби серця (ІХС) та 14 зразків міокарда трупів, померлих при ГКН.

У роботі використано метод фазового аналізу лазерних поляриметричних зображень. Дослідження виконано на інтерферометрі Маха-Цандера, оптична схема якого представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Оптична схема інтерферометра Маха-Цандера:

1. одномодовий He-Ne лазер з довжиною хвилі  $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$ ; 2. коліматор; 3. поляризатор; 4. чвертьхвильова платівка; 5. світлоподільник; 6. рухоме дзеркало; 7. поляризатор; 8. зріз міокарда; 9. рухоме дзеркало; 10. п'єзоелектричний елемент; 11. поляризатор; 12. світлоподільник; 13. мікрооб'єктив CCD-камери; 14. процесор.

Дослідження проведено за стандартною методикою [2]. Вимірювали координатний розподіл масив інтенсивності  $I(m \times n)$  лазерного зображення. Орієнтуючи осі поляризаційного фільтра 11 під кутами  $\Theta = 0^\circ$  і  $\Theta = 90^\circ$ , вимірювали масиви значень інтенсивності  $I_x^*(m \times n); I_y^*(m \times n)$  [2].

Перемішуючи дзеркало 9 з допомогою п'єзоелектричного елемента 10, визначали масиви мінімальних і максимальних значень інтенсивності  $I_x^{\min}(m \times n); I_y^{\min}(m \times n)$  інтерференційного поля для кожного пікселя CCD-камери. На основі цього визначали розподіли фазових зсувів між ортогональними компонентами лазерних коливань

$$\delta(m \times n) \Rightarrow \{I_y(m \times n) \equiv I_y^{\min}(m \times n)\} [6].$$

Формула 1?????????

В основу аналізу координатної структури розподілів  $\delta(m \times n)$  покладено метод автокореляції з використанням функції [4]

$$K_{i=1+n}^{\delta}(\Delta m) = \lim_{m \rightarrow 0} \frac{1}{m} \int_1^m [\delta_i(m) \delta_i(m - \Delta m)] dm \cdot (2)$$

Тут ( $\Delta m = 1 \text{ pix}$ ) - "крок" з яким змінюються координати ( $x = 1 + m$ ) розподілу сукупності поляризаційних розподілів  $\delta(m)$  для окремого  $i$  - го горизонтального рядка сукупності пікселів цифрової камери.

Результуючий вираз автокореляційної функції одержували шляхом усереднення виразу (2) по всіх рядках  $i = 1 \div n$  [1]:

$$K^{\delta}(\Delta m) = \frac{\sum_{i=1}^n K_i^{\delta}(\Delta m)}{n} \cdot (3)$$

В якості кількісних параметрів, які характеризують автокореляційні залежності  $K^{\delta}(\Delta m)$  використано [3]:

- кореляційну площу  $S^{\delta}$ :  

$$S^{\delta} = \int_1^m K(\Delta m) dm; (4)$$

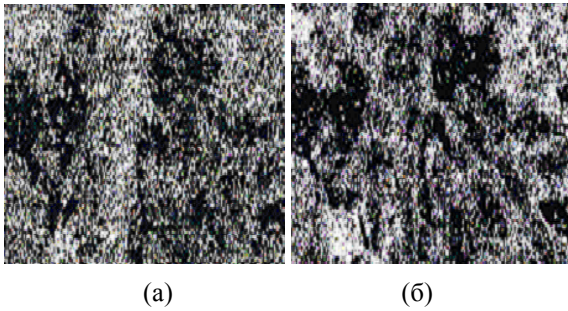
- кореляційні моменти  $Q_2^{\delta}$  і  $Q_4^{\delta}$ , які визначають дисперсію та ексцес залежності автокореляційної функції  $K^{\delta}(\Delta m)$ :

$$Q_2^{\delta} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(\Delta m)^2}; Q_4^{\delta} = \frac{1}{(Q_2^{\delta})^2} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(\Delta m)^4 \cdot (5)$$

**Результати досліджень, їх обговорення.**

Отримано серію поляризаційних зображень оптико анізотропної матриці (у перехрещених  $\Theta = 90^\circ$  площинах пропускання поляризатора 4 і аналізатора 9) зразків тканини міокарда обох груп (Рис. 2)

Порівняльний аналіз поляризаційно візуалізованих лазерних зображень зразків міокарда виявив, що незалежно від причини настання смерті значний внесок у формування розподілів фазових зсувів дають оптико анізотропні структури міозинові структури.



**Рис. 2.** Лазерні зображення поляризаційно візуалізованої позаклітинної матриці тканини міокарда: а – група 1; б – група 2.

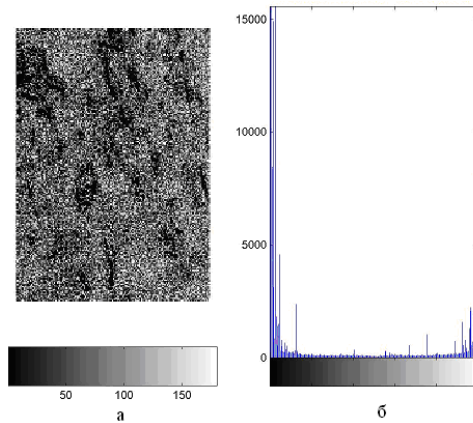
Даний факт підтверджує наявність великої кількості світлих ділянок, поляризаційно трансформованих внаслідок впливу оптичної анізотропії речовини міозину у зображеннях гістологічних зрізів зразків міокарда обох груп [8].

Для зображення зразку тканини міокарда групи 1 (рис. 2а) характерний достатньо рівномірний розподіл площі світлих ділянок, які відповідають міозиновим фібрилам позаклітинної матриці міокарда.

Морфологічні зміни тканини міокарда у наслідок гострої коронарної недостатності виявляються у формуванні локальних кластерів анізотропних структур - у відповідних візуалізованих зображеннях позаклітинної матриці гістологічних зрізів таких тканин (рис. 2б) спостерігається певна координатна локалізація світлих ділянок.

Слід очікувати, що якісно проаналізовані оптичні прояви тенденції зміни морфологічної будови тканини міокарда внаслідок різною причини настання смерті більш виразно виявляться у відмінностях величин і діапазонів зміни параметрів (співвідношення (4), (5)), які характеризують автокореляційні функції (співвідношення (2), (3))) координатних розподілів фазових зсувів (співвідношення (1)) лазерних мікроскопічних зображень досліджуванних зразків.

**Експериментальні результати та їх обговорення.** Встановлено координатні розподіли  $\delta(m \times n)$  фазових зсувів (рис. 3а) і гістограму їх випадкових значень (рис. 3б) лазерних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда першої групи.

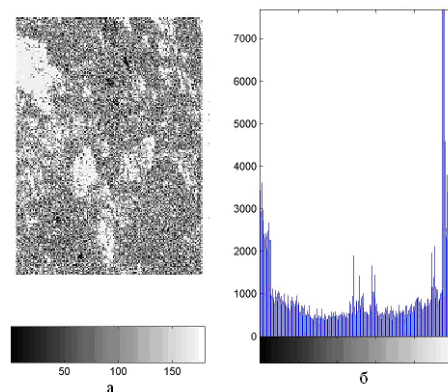


**Рис. 3.** Лазерне зображення гістологічного зрізу тканини міокарда групи 1: а - двовимірний  $(m \times n)$  розподіл фаз  $\delta(m \times n)$ ; б - гістограми випадкових значень фазових зсувів.

Результати дослідження координатного розподілу фазових зсувів (рис. 3а) вказують на високу чутливість методу фазометрії до аналізу оптичної анізотропії речовини позаклітинної матриці тканини міокарда. Значення фази  $\delta$  у площині лазерного зображення змінюється у максимально широкому діапазоні  $(0^\circ \leq \Delta\delta \leq 180^\circ)$ .

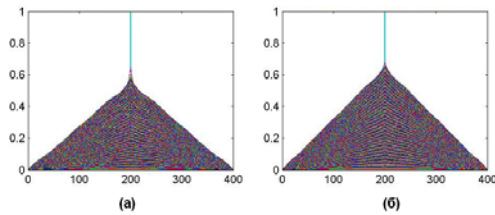
На рис. 4 наведені результати експериментального дослідження координатних фазових розподілів (Рис. 4а) і гістограм (Рис. 4б) їх випадкових значень у площині гістологічного зрізу лазерного зображення зразку тканини міокарда групи 2.

Порівняльний аналіз фазових мап гістологічних зрізів тканини міокарда обох типів (рис. 3б і рис. 4б) показує, що фазозсуваюча здатність позаклітинної двопронезаломлюючої міозинової матриці зразку тканини міокарда групи 2 зазнає істотних змін.



**Рис. 4.** Лазерне зображення гістологічного зрізу тканини міокарда групи 2: а - двовимірний  $(m \times n)$  розподіл фаз  $\delta(m \times n)$ ; б - гістограми випадкових значень фазових зсувів.

Визначено автокореляційні функції  $K_\delta(\Delta m)$  лазерних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда групи 1 і групи 2, що відображають кореляційну структуру фазових мап  $\delta(m \times n)$  (Рис. 5).



**Рис. 5.** Автокореляційні функції розподілів фазових зсувів  $\delta$  у лазерних зображеннях гістологічних зрізів тканини міокарда людини: а – група 1; б – група 2.

З одержаних даних видно, що координатний розподіл величин фазових зсувів лазерного зображення гістологічного зрізу тканини міокарда групи 1 менш однорідний ніж групи 2.

На даний факт вказує більш повільне спадання відносних значень автокореляційної функції  $K^\delta(\Delta m)$  для фазової мапи  $\delta(m \times n)$  лазерного зображення тканини міокарда з гострою коронарною недостатністю (рис. 5б) у порівнянні з аналогічною кореляційною залежністю, що була одержана для тканини групи 1 (рис. 5а).

Результати порівняльного аналізу значень і діапазонів зміни кореляційних параметрів  $S^\delta$ ,  $Q_2^\delta$  і  $Q_4^\delta$  координатних розподілів поворотів площини поляризації  $\delta(m \times n)$  лазерних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда обох груп приведені в таблиці.

**Висновки:** За умов гострої коронарної не-

достатності при тривалості ішемії менше шести годин морфологічні зміни структури міокарда проявляються змінами будови міозинових волокон.

**Таблиця.** начення кореляційної площі та статистичних моментів 2-го та 4-го порядків лазерних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда

Параметри	Група 1 (17 зразків)	Група 2 (14 зразків)
$S^\delta$	$0,17 \pm 0,022$	$0,20 \pm 0,026$
$Q_2^\delta$	$0,36 \pm 0,037$	$0,21 \pm 0,015$
$Q_4^\delta$	$2,31 \pm 0,32$	$1,14 \pm 0,18$

З одержаних даних експериментальних досліджень кореляційної структури розподілів поворотів поляризації зразків тканин міокарда впливає об'єктивна можливість достовірної діагностики настання смерті внаслідок гострої коронарної недостатності.

Найбільш інформативними виявилися кореляційні моменти 2-го і 4-го порядків, що характеризують автокореляційну функцію розподілу значень фазових зсувів лазерних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда.

Для випадку гострої коронарної недостатності дисперсія  $Q_2^\delta$  зменшується у 1,7 рази, а ексцес  $Q_4^\delta$  у 2 рази.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. **Angelsky O.V.** Statistical, Correlation, and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues/ O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko [et al.] // Handbook of Photonics for Biomedical Science, USA: CRC Press. – 2010. - P. 21-67.
2. **Angel'skii O. V.** Structure of matrices for the transformation of laser radiation by biofractals / O.V. Angel'skii, A.G. Ushenko, A.D. Arkheliuk [et al.] //Quantum Electronics. - 1999. - Vol. 29(12). - P. 1074-1077.
3. **Cowin S. C.** How is a tissue built? / S. C. Cowin // J. Biomed. Eng. – 2000. – Vol. 122. – P. 553-568
4. **Ushenko A.G.** Laser polarization visualization and selection of biotissue images / A. G. Ushenko, D. N. Burkovets, Y. A. Ushenko // Laser Physics. – 2001. - Vol. 11(5). - P. 624-631.
5. **Ushenko A. G.** Polarization structure of laser scattering fields./ A. G.Ushenko // - Optical Engineering. - 1995. - Vol. 34(4). - P. 1088-1093.
6. **Ushenko A.G.** The Vector Structure of Laser Biospeckle Fields and Polarization Diagnostics of Collagen Skin Structures /A.G. Ushenko //Laser Physics. – 2000. - Vol. 10(5). - P. 1143-1149.

**Ванчуляк О.Я.** Структурні зміни міокарда людини за умов гострої ішемії використанням кореляційного фазового лазерного аналізу // Український медичний альманах. – 2013. – Том 16, № 2. – С. 111-113.

В статті висвітлено основні структурні зміни міокарда за умов гострої та хронічної ішемії від початку якої минуло менше шести годин, що виявляються методом фазового лазерного аналізу. Сформовано основні критерії для діагностики досліджуваного стану.

**Ключові слова:** гостра коронарна недостатність, міокард, діагностика, міозин.

**Ванчуляк О.Я.** Структурные изменения миокарда человека в условиях острой ишемии используя корреляционный фазовый лазерный анализ // Украинский медицинский альманах. – 2013. – Том 16, № 2. – С. 111-113.

В статье показано основные структурные изменения миокарда в условиях острой и хронической ишемии от начала которой прошло не более шести часов, что определяются методом фазового лазерного анализа. Обнаружено основные критерии диагностики исследуемого состояния.

**Ключевые слова:** острая коронарная недостаточность, миокард, диагностика, миозин.

**Wanchuliak O.Ya.** Structural changes of the human myocardium under the conditions of acute ischemia by means of using the correlation phase laser analysis // Украинский медицинский альманах. – 2013. – Том 16, № 2. – С. 111-113.

The paper has ascertained the principal structural changes of the myocardium under the conditions of acute and chronic ischemia from whose incipience 6 hours have passed, these changes are detected by means of the method of the phase laser analysis. The principal criteria of the diagnostics of the condition under study have been formed.

**Key words:** acute coronary insufficiency, myocardium, diagnostics, myosin.

Надійшла 11.01.2013 р.  
Рецензент: проф. С.А.Кащенко