

© Ванчуляк О.Я.

УДК: 616.12-005.4-073.55

Ванчуляк О.Я.

Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства (вул. Кишинівська, 2, м. Чернівці, Україна, 58000)

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ФАЗОВОГО ЛАЗЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СТРУКТУРНИХ ЗМІН МІОКАРДА

Резюме. У статті висвітлені основні структурні перебудови міокарда за умов гострої коронарної недостатності, які отримані шляхом дослідження лазерних поляриметричних зображень методом фазового лазерного аналізу. Матеріал дослідження - зрізи тканин міокарда, які були поділені на дві групи: 97 зразків міокарда трупів людей, померлих внаслідок ішемічної хвороби серця та 94 зразки міокарда трупів, померлих від гострої коронарної недостатності. У роботі використано метод фазового аналізу лазерних поляриметричних зображень. Дослідження виконано на інтерферометрі Маха-Цандера. Нами встановлено, що за умов гострої коронарної недостатності при тривалості ішемії менше шести годин морфологічні зміни структури міокарда проявляються змінами будови міозинових волокон. З одержаних даних експериментальних досліджень кореляційної структури розподілів 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 зрізів тканини міокарда.

Ключові слова: гостра ішемія міокарда, лазер, судово-медична експертиза.

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 мікρο-структурних 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 при ГКН та визначення її достовірних критеріїв.

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

Матеріали та методи

Матеріал дослідження - зрізи тканин міокарда. Матеріал був поділений на дві групи 97 зразків міокарда трупів людей, померлих внаслідок ішемічної хвороби серця (ІХС) та 94 зразки міокарда трупів, померлих від ГКН.

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

Дослідження проведено за стандартною методи-

кою [Angelsky et al, 2010].

В основу аналізу координатної структури розподілів $\lambda(m \times n)$ покладено метод автокореляції з використанням функції [Angelsky et al., 2012]:

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

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

Результуючий вираз автокореляційної функції одержували шляхом усереднення виразу (1) по всіх рядках $i = 1 \div n$ [Бачинський, 2009]:

$$K^{\delta}(\Delta m) = \frac{\sum_{i=1}^n K_i^{\delta}(\Delta m)}{n}. \quad (2)$$

В якості кількісних параметрів, які характеризують автокореляційні залежності $K^{\delta}(\Delta m)$ використано [Ушенко та ін., 2010; Vachinskiy, 2008] кореляційну площу S^{δ} :

$$S^{\delta} = \int_1^m K(\Delta m) dm; \quad (3)$$

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

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

Результати. Обговорення

Встановлено координатні розподіли фазових зсувів (рис. 2а) і гістограму їх випадкових значень (рис. 2б) лазерних зображень зрізів тканини міокарда першої групи.

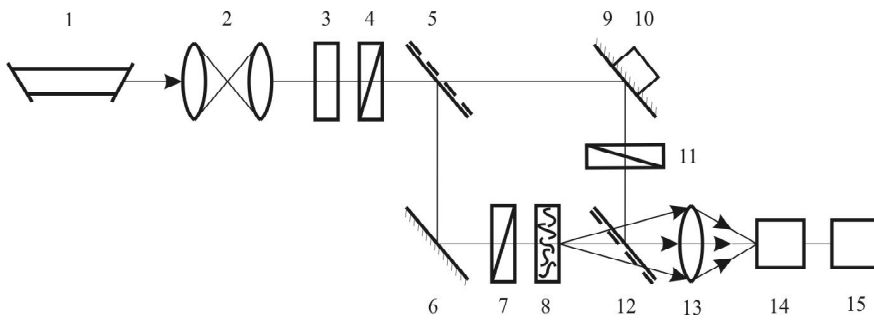


Рис. 1. Оптична схема інтерферометра Маха-Цандера.

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

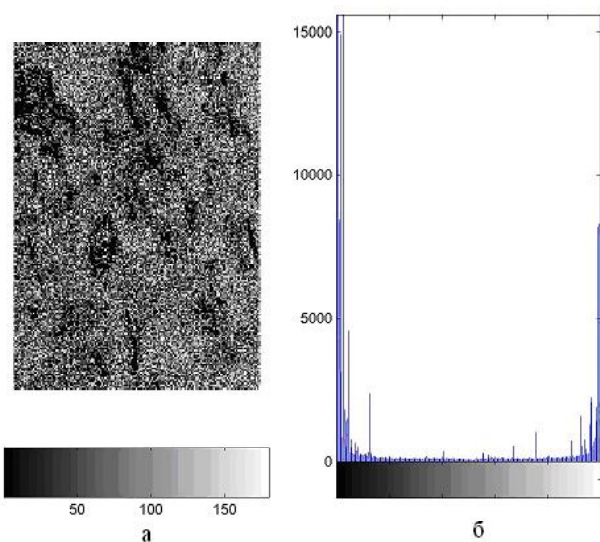


Рис. 2. Лазерне зображення зрізу тканини міокарда першої групи.

Примітки: а - двовимірний $(m \times n)$ розподіл фаз $\delta(m \times n)$; б - гістограми випадкових значень фазових зсувів.

Результати дослідження координатного розподілу фазових зсувів (рис. 2а) вказують на високу чутливість методу фазометрії до аналізу оптичної анізотропії речовини позаклітинної матриці тканини міокарда. Значення фази δ у площині лазерного зображення змінюється у максимально широкому діапазоні ($0^\circ \leq \Delta\delta \leq 180^\circ$).

На рисунку 3 наведені результати експериментального дослідження координатних фазових розподілів (рис. 3а) і гістограм (рис. 3б) їх випадкових значень у площині гістологічного зрізу лазерного зображення зразку тканини міокарда групи 2.

Порівняльний аналіз фазових мап зрізів тканини міокарда обох типів (рис. 2б і рис. 3б) показує, що фазозсуваюча здатність позаклітинної двоприменезаломлюючої міозинової матриці зразку ткани-

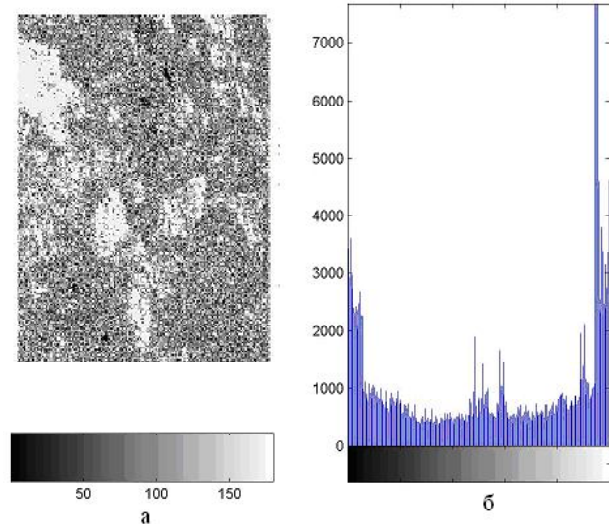


Рис. 3. Лазерне зображення зрізу тканини міокарда другої групи.

Примітки: а - двовимірний $(m \times n)$ розподіл фаз $\delta(m \times n)$; б - гістограми випадкових значень фазових зсувів.

ни міокарда групи 2 зазнає істотних змін.

Визначено автокореляційні функції $K^0(\Delta t)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда груп 1 і 2, що відображають кореляційну структуру фазових мап $\delta(m \times n)$ (рис. 4).

З одержаних даних видно, що координатний розподіл величин фазових зсувів лазерного зображення

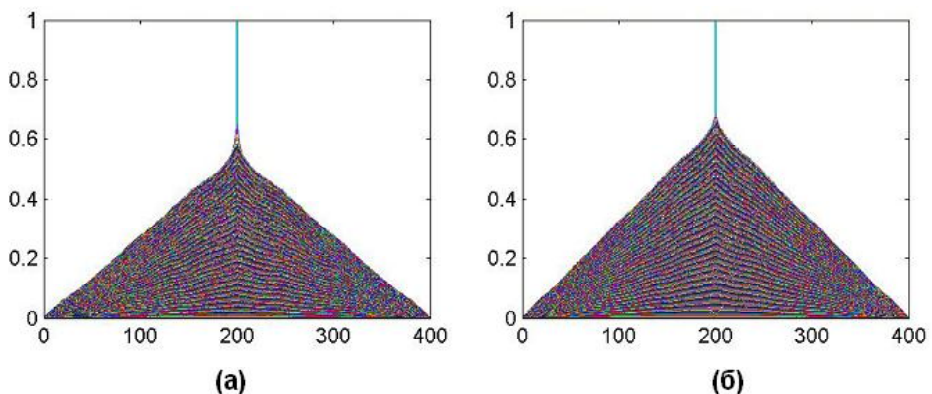


Рис. 4. Автокореляційні функції розподілів фазових зсувів у лазерних зображеннях зрізів тканини міокарда людини.

Примітки: а - група 1; б - група 2.

Таблиця 1. Значення кореляційної площі та статистичних моментів 2-4-го порядків лазерних зображень зрізів тканини міокарда.

Параметри	Група 1 (97 зразків)	Група 2 (94 зразків)
S^{δ}	0,17±0,0022	0,20±0,0026
Q_2^{δ}	0,36±0,0037	0,21±0,0028
Q_4^{δ}	2,31±0,0048	1,14±0,0018

Примітка. $p \leq 0,005$.

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 при ГКН (рис. 4б) у порівнянні з аналогічною кореляційною залежністю, що була одержана для тканини групи 1 (рис. 4а).

Результати порівняльного аналізу значень і діапазонів зміни кореляційних параметрів S^{δ} , Q_2^{δ} і Q_4^{δ} координатних розподілів поворотів площини поляризації $\delta(m$

$\times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда обох груп наведені в таблиці.

Висновки та перспективи подальших розробок

1. За умов гострої коронарної недостатності при тривалості ішемії менше шести годин морфологічні зміни структури міокарда проявляються змінами будови міозинових волокон.

2. 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 зрізів тканини міокарда.

Для випадку гострої коронарної недостатності дисперсія Q_2^{δ} зменшується у 1,7 рази, а ексцес Q_4^{δ} у 2 рази.

Список літератури

- Бачинський В. Т. Лазерна спектроскопія поляриметрія біологічних тканин людини в розробці об'єктивних критеріїв визначення давності настання смерті та часу утворення гематом : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. мед. наук: спец. 14.01.25 "Судова медицина" / Бачинський В.Т. - Київ, 2009. - 35 с.
- Основи лазерної поляриметрії: патоморфологічні зміни біологічних тканин / [Ушенко О. Г., Бачинський В. Т., Ванчуляк О. Я., Беженар І. Л.] - Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2010. - 372 с.
- Bachinskiy V. T. Polarization properties of biological rough surfaces / V. T. Bachinskiy, Yu. A. Ushenko // Proc. SPIE. - 2008. - 797363.
- Optical Measurements: Polarization and Coherence of Light Fields / O. V. Angelsky, V. T. Bachinskiy, T. M. Boichuk, A. G. Ushenko [et al.] // Modern Metrology Concerns; ed. by Luigi Cocco. - InTech, 2012. - P. 263-316.
- 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.

Ванчуляк О. Я.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ФАЗОВОГО ЛАЗЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИОКАРДА

Резюме. В статье рассмотрены основные структурные перестройки миокарда в условиях острой коронарной недостаточности, полученные путем исследования лазерных поляриметрических изображений методом фазового лазерного анализа. Материал исследования - срезы тканей миокарда, которые были разделены на две группы: 97 образцов миокарда трупов людей, умерших в результате ишемической болезни сердца и 94 образцы миокарда трупов, умерших от острой коронарной недостаточности. В работе использован метод фазового анализа лазерных поляриметрических изображений. Исследование выполнено на интерферометре Маха-Цандера. Нами установлено, что при условиях острой коронарной недостаточности и при продолжительности ишемии менее шести часов морфологические изменения структуры миокарда проявляются изменениями строения миозиновых волокон. Из полученных данных экспериментальных исследований корреляционной структуры распределений поляризации образцов тканей миокарда следует объективная возможность достоверной диагностики наступления смерти в результате острой коронарной недостаточности. Наиболее информативными оказались корреляционные моменты 2-го и 4-го порядков, характеризующие автокорреляционной функции распределения значений фазовых сдвигов лазерных изображений срезов ткани миокарда.

Ключевые слова: острая ишемия миокарда, лазер, судебно-медицинская экспертиза.

Vanchulyak O. Ya.

FEASIBILITY OF THE PHASE LASER CORRELATION ANALYSIS FOR DIAGNOSIS OF MYOCARDIAL STRUCTURAL CHANGES

Summary. The article describes the main structural changes of the myocardium under conditions of acute coronary insufficiency, obtained by the study of laser polarimetric images by phase laser analysis. Materials. Myocardial tissue slices, which were divided into two groups: 97 samples of myocardium from corpses of people who died as a result of ischemic heart disease and myocardial samples of 94 corpses, who died from acute coronary insufficiency. In this paper, we used the method of phase analysis of laser polarimetric images. The study was performed on a Mach-Zehnder interferometer. We found that under conditions of acute coronary insufficiency and ischemia duration of less than six hours morphological changes in the structure of the myocardium manifest as changes in the structure of the myosin filaments. From the data obtained by experimental studies of the correlation structure of the distributions of the polarization of myocardial tissue samples, the objective possibility of reliable diagnosis of death due to acute coronary insufficiency. The most informative turned out to be correlation moments of the 2nd and 3rd order, characterizing the autocorrelation function of the distribution of values of phase shift laser images of myocardial tissue samples.

Key words: *acute coronary insufficiency, laser, forensic examination.*

Рецензент - д.мед.н., проф. Бачинський В.Т.

Стаття надійшла до редакції 25.06.2015 р.

Ванчуляк Олег Ярославович - к.мед.н., доц. кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету; +38 050 504-09-11; sudmed@bsmu.edu.ua
