

УДК 616.12-005.4-073.55

КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-НЕОДНОРІДНИХ ЛАЗЕРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЮЮЧИХ СТРУКТУР МІОКАРДА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ГОСТРОЇ КОРОНАРНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ

Ванчуляк О.Я.

Кафедра судової медицини Буковинського державного медичного університету

Резюме: в статті обґрунтовується перспективність застосування кореляційного аналізу поляризаційно-неоднорідних лазерних зображень двоприменезаломлюючих структур міокарда для діагностики гострої коронарної недостатності. Розкриваються закономірності поляриметричних характеристик лазерних зображень змін структури міокарда за умов гострої ішемії.

Ключові слова: кореляційний аналіз, структура міокарда, оптико-анізотропні структури, гостра коронарна недостатність.

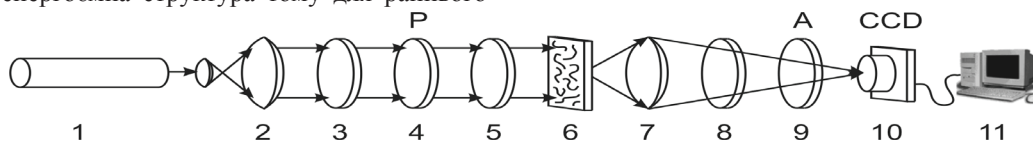
ВСТУП. Структурно-функціональною одиницею міокардіоцитів є саркомер, що складається з скоротливих білків, зокрема міозину який володіє властивостями рідких кристалів. Основними механізмами перетворення параметрів лазерного випромінювання такими біологічними кристалами є дихроїзм і двоприменезаломлення. За умов гострої ішемії пошкоджується скоротливий апарат, як найбільш енергоємна структура тому для раннього

виявлення ішемічних пошкоджень перспективно використовувати методи спрямовані на виявлення зміни применезаломлення.

Мета дослідження. Встановлення можливості діагностики настання смерті внаслідок гострої коронарної недостатності шляхом визначення статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли азимутів еліптичності поляризації лазерних зображень зрізів тканини міокарда.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ. В якості об'єктів дослідження нами використовувалася дві групи зрізів тканини міокарда товщиною 30 ± 5 мкм. Перша група включала міокарди померлих внаслідок ішемічної хвороби серця (ІХС) (17 зразків), в другу групу входили міокарди людей померлих внаслідок гострої коронарної недостатності (ГКН) (14 зразків)

Дослідження структури лазерних зображень тканини міокарда проводилося у традиційному розташуванні поляриметру (мал. 1) [1].



Мал. 1. Оптична схема поляриметра: 1. He-Ne лазер; 2. коліматор; 3. чвертьхвильова платівка; 4. поляризатор; 5. чвертьхвильова платівка; 6. об'єкт дослідження; 7. мікрооб'єктив; 8. чвертьхвильова платівка; 9. аналізатор; 10. CCD камера; 11. персональний комп'ютер.

Дослідження проводилося за стандартною методикою [2].

Розраховували координатні розподіли (поляризаційні мапи) азимутів поляризації зображення міокарда з використанням співвідношень [3]

$$\beta(m \times n) = \arctg \frac{I_{\min}(m \times n)}{I_{\max}(m \times n)} \quad (1)$$

В основу аналізу координатної структури розподілів $\beta(m \times n)$ покладено метод автокореляції з використанням функції [5]:

$$K_{i=1-n}^{\beta}(\Delta m) = \lim_{m \rightarrow 0} \frac{1}{m} \int [\beta_i(m)][\beta_i(m - \Delta m)] dm \quad (2)$$

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

камери [6,7].

Результуючий вираз автокореляційні функції одержується шляхом усереднення виразу (2) по всіх рядках $i = 1 \div n$

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

В якості кількісних параметрів, які характеризують автокореляційні залежності $K^{\beta}(\Delta m)$ обрано [4]:

- кореляційну площу S^{β}

$$S^{\beta} = \int K^{\beta}(\Delta m) dm \quad (4)$$

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

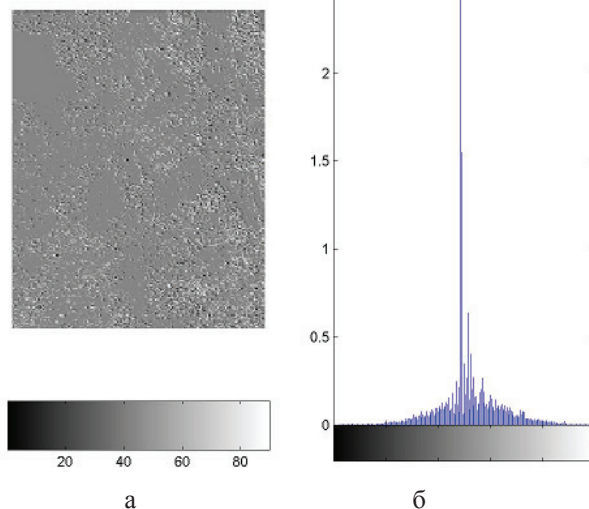
$$Q_2^{\beta} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(\Delta m)^2}; Q_4^{\beta} = \frac{1}{(Q_2^{\beta})^2} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(\Delta m)^4 \quad (5)$$

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Досліджено координатні розподіли еліптичності поляризації β та гістограми їх значень у лазерному зображенні гістологічного зрізу

тканини міокарда групи 1 (мал. 2а). Наявність двопронезаломлення речовини міозинових фібрил позаклітинної матриці тканини міокарда групи 1 ілюструє, дещо асиметрична відносно головного екстремуму ($\beta_0 = 45^\circ$) гістограма випадкових значень β - (мал. 2б).

З іншого боку, співвідношення між величиною головного екстремуму та іншими локальними екстремальними значеннями складає 100 до 1, що



Мал. 2. Зображення зрізу тканини міокарда групи: а - двовимірний $(m \times n)$ розподіл еліптичності поляризації β ; б - гістограми випадкових значень еліптичності поляризації β .

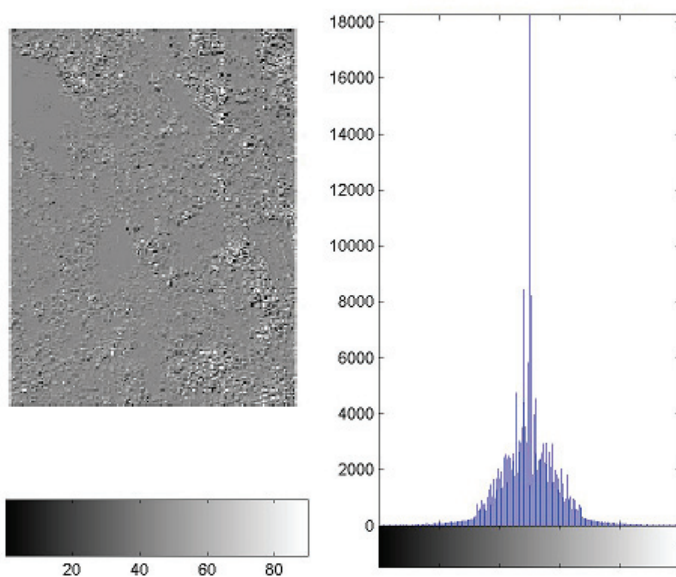
Поляризаційна мапа і гістограма значень еліптичності поляризації лазерного зображення зрізу тканини міокарда групи 2 показані на мал. 3.

Аналіз координатної структури поляризаційної мапи (мал. 3а) свідчать про деяке зростання двопронезаломлення (ділянки з відмінними від 45° значеннями β) речовини позаклітинної матриці зразку тканини міокарда групи 2.

обумовлює високе значення ексцесу розподілу еліптичності поляризованого зображення зразку групи 1. Таку особливість двовимірного розподілу $\beta(m \times n)$ можна пов'язати з певною переважною просторовою орієнтацією протеїнових фібрил, що призводить до збільшення ймовірності відповідних значень еліптичності поляризації лазерного зображення.

Кількісно такі зміни ілюструє асиметрія гістограми випадкових значень β та збільшення її півширини (мал. 3б).

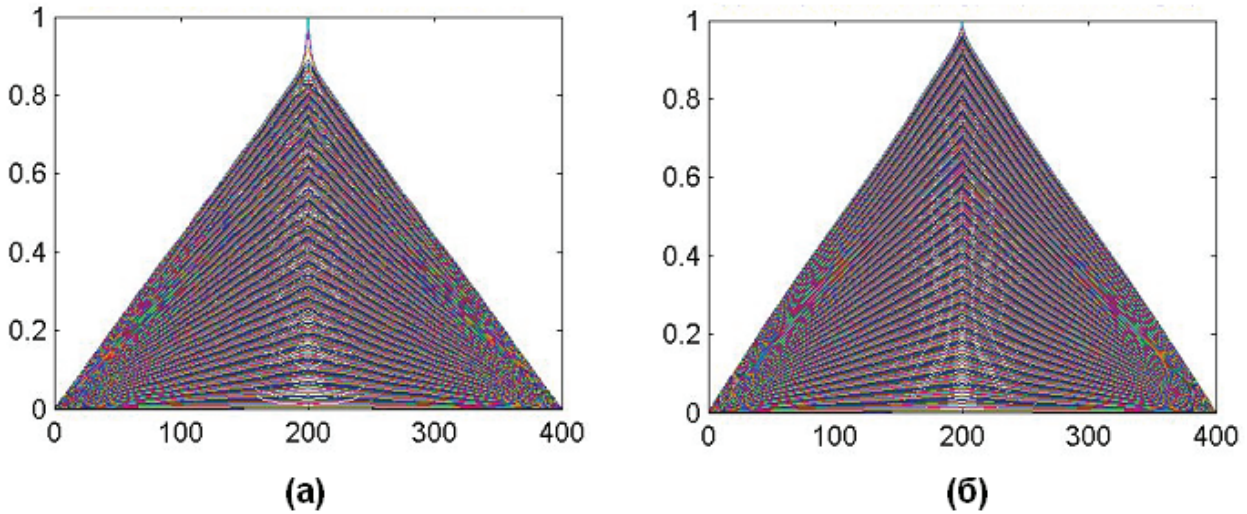
Встановлено кореляційну β структуру поляризаційних мап $\beta(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда групи 1 і групи 2, яка графічно характеризується автокореляційною функцією $K^\beta(\Delta m)$ (мал. 4).



Мал. 3. Лазерне зображення гістологічного зрізу тканини міокарда групи 2: а - двовимірний $\beta(m \times n)$ розподіл еліпсів еліптичності поляризації β ; б - гістограми їх випадкових значень еліптичності поляризації β .

З одержаних даних видно, що координатний розподіл величин еліптичності поляризації лазерного зображення гістологічного зрізу тканини міокарда групи 1 менш однорідний ніж групи 2. На даний факт вказує більш повільне спадання відносних значень

автокореляційної функції $K^\beta(\Delta m)$ для поляризаційної мапи $\beta(m \times n)$ лазерного зображення тканини міокарда з гострою коронарною недостатністю (мал. 4б) у порівнянні з аналогічною кореляційною залежністю, що була одержана для тканини групи 1 (мал. 4а).



Мал. 4. Автокореляційні функції розподілів еліптичності поляризації β у лазерних зображеннях зрізів тканини міокарда: а- за умов ІХС; б- за умов ГКН.

Порівняльний аналіз значень і діапазонів зміни кореляційних параметрів S^β , Q_2^β і Q_4^β координатних розподілів еліптичності поляризації $\beta(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда обох груп приведені в таблиці 1.

Таблиця 1
Кореляційні площа S^β , дисперсія Q_2^β та ексцес Q_4^β автокореляційних функцій $K^\beta(\Delta m)$ розподілів $\beta(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда

Параметри	Група 1 (17 зразків)	Група 2 (14 зразків)
S^β	$0,22 \pm 0,031$	$0,260,029$
Q_2^β	$0,25 \pm 0,027$	$0,29 \pm 0,028$
Q_4^β	$0,61 \pm 0,072$	$0,32 \pm 0,043$

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

Найбільш інформативними виявився кореляційний момент 4-го порядку, що характеризує автокореляційну функцію розподілу значень еліптичності поляризації лазерних зображень зрізів тканини міокарда. Для випадку гострої коронарної недостатності його величини зменшується у два рази.

ВИСНОВКИ: Результати дослідження переконливо свідчать про доцільність використання кореляційного аналізу поляризаційно-неоднорідних лазерних зображень міокарда для діагностики ГКН. Зазначимо, що найбільш інформативним показником зміни двоприменезаломлюючих структур міокарда за даними дослідження є встановлення асиметрії, тобто кореляційний моменту 4-го порядку.

Література

1. Тучин В. В. Исследование биотканей методами светорассеяния / В. В. Тучин // Успехи физ. наук. – 1997. – Т. 167. – С. 517-539.

2. Ушенко О.Г. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин: статистичний і фрактальний підходи. Монографія / О.Г. Ушенко, В.П. Пішак, О.В. Ангельський, Ю.О. Ушенко. – Чернівці: Колір-Друк, 2007. – 314 с.

3. Angel'skiy O. V. Polarization-based visualization of multifractal structures for the diagnostics of pathological changes in biological tissues /O.V. Angel'skiy, A.G. Ushenko, S.B. Ermolenko, D.N. Burkovets, V.P. Pishak, Yu. A.Ushenko and O.V. Pishak // Optics and Spectroscopy. – 2000. – Vol. 89, №5. – P. 799-804.

4. Cowin S.C. How is a tissue built? / S.C. Cowin // J.Biomed. Eng. – 2000. – Vol. 122. – P. 553-568.

5. Laser polarimetry of pathological changes in biotissues / O.V. Angel'sky, A.G. Ushenko, A.D. Arkhelyuk [et al.] // Proc. SPIE.

- 2002. – Vol. 4900. – P. 1045-1049.
6. Polarization visualization and selection of biotissue image two-layer scattering medium / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, D.N. Burcovets [et al.] // J.Biomed. Opt. – 2005. – Vol. 10, № 1. – P. 014010.
7. Ushenko Yu. A. Statistical structure of polarization-inhomogeneous images of biotissues with different morphological structures / Yu. A. Ushenko // Ukr. J. Phys. Opt. – 2005. – Vol. 6, No.2. – P. 63-70.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-НЕОДНОРОДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЯЮЩИХ СТРУКТУР МИОКАРДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОСТРОЙ КОРОНАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

О.Я. Ванчуляк

Резюме. В статье обосновывается перспективность использования корреляционного анализа поляризационно-неоднородных лазерных изображений двулучепреломляющих структур миокарда для диагностики острой коронарной недостаточности. Открываются основные закономерности

поляриметрических характеристик лазерных изображений структуры миокарда при условиях острой ишемии.

Ключевые слова: корреляционный анализ, структура миокарда, оптико-анизотропные структуры, острая коронарная недостаточность.

CORRELATIONAL ANALYSIS OF THE POLARIZING-INHOMOGENOUS LASER IMAGES OF DUAL BEAM REFRACTIVE STRUCTURES OF THE MYOCARDIUM

O. Ya. Wanchuliak

Summary: The article explains the prospects of using correlational analysis of polarization-inhomogeneous laser images of dual beam structures for diagnosis of acute coronary insufficiency. The basic laws of polarimetric characteristics of laser imaging of

myocardial structure under conditions of acute ischemia are presented.

Keywords: correlation analysis, the structure of the myocardium, optical anisotropic structures, acute coronary insufficiency.