УДК 57.086/.089:61:340.6

СУЧАСНІ ПЕРСПЕКТИВИ МАСШТАБНО-СЕЛЕКТИВНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН У СУДОВІЙ МЕДИЦИНІ

В.Т. Бачинський,

Ю.В. Саркісова,

О.Г. Паливода,

А.О. Андрійчук

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Ключові слова: *судова медицина, лазер, ішемія, біотканини.*

Резюме. *У статті висвітленні перспективи вдосконалення існуючих методів досліджень біологічних тканин людини. Визначено новітні діагностичні критерії встановлення патологічного стану на основі координатного та статистичного підходів вейвлет-аналізу архітектонічної структури поляризованих лазерних зображень зрізів біотканин. Також наведені сучасні погляди на процес морфологічного формування змін міокарда людини у випадку гострої коронарної недостатності.*

Вступ

Виходячи з досвіду практичних судово-медичних експертів, статистичних даних про структуру смертності (за даними Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи), та виходячи з питань які ставляться перед експертами судово-слідчими органами, назріла необхідність у вдосконаленні традиційних методів досліджень. Одними з основних проблем судово-медичної науки і практики є діагностика давності настання смерті та діагностика гострих ішемічних процесів у внутрішніх органах. Візуальна та мікроскопічна оцінка структурних змін в органах та тканинах залежно від методів досліджень не можуть повністю задовільнити потреби як судово-медичних експертів так і судово-слідчих органів.

Мета роботи

Встановити діагностичну ефективність координатного та статистичного підходів вейвлет-аналізу поляризаційних розподілів лазерних зображень зрізів біологічних тканин на прикладі міокарда людини з метою виявлення новітніх діагностичних критеріїв зміни оптичної структури при різних патологічних процесах для вдосконалення існуючих методів досліджень біотканин.

Матеріал і методи

Досліджувались дві групи зрізів тканин міокарда. Першу групу складали зрізи міокарда трупів, померлих внаслідок хронічної ішемічної хвороби серця (62 зразки); другу групу - зрізи міокарда померлих внаслідок ГКН (65 зразків).

Дослідження проводилось за допомогою традиційної оптичної схеми лазерного поляриметра.

Для кожного окремого пікселя визначалися чотири параметри вектора Стокса [3].

Значення еліптичності поляризації обчислювалося за співвідношенням:

Розподіл еліптичності поляризації β(x) розкладали в ряд за допомогою вейвлет - функції

$$\beta(m\times n)=0.5\arcsin[S_4(m\times n)] / S_1(m\times n)] \quad (1)$$

ψ_{ab}(x)= ψ(ax-b), що утворена зміщенням b та масштабуванням - a [6].

Коефіцієнти такого розкладу визначалися за формулою:

Результатом вейвлет-перетворення одномірного розподілу $\beta(x)$ став двомірний масив коефіцієнтів $W_\beta(a,b)$, які визначаються наступним співвідношенням:

$$C_{ab} = \int \beta(x)\ \Psi_{ab}(x)\ dx. \quad (2)$$

У роботі, в якості вейвлет - функції, ми використали МНАТ - функцію - друга похідна Гаусової функції.

$$W(a,b) = \frac{1}{|a|^{1/2}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\beta)\Psi\left(\frac{x-b}{a}\right)dx. \quad (3)$$

У випадку статистичного підходу використання вейвлет-аналізу ми обчислювали сукупність статистичних моментів 1-4-го порядків $M_{j=1;2;3;4}$ на різних масштабах вейвлет - функції ψ [7]:

При розрахунку координатних розподілів еліптичності поляризації ми користувались наступним алгоритмом $W_{\alpha;\beta}(a,b=1,2,...m)$. На першому етапі проведено розрахунок коефіцієнтів розподілів азимутів поляризації лазерного зображення зрізів тканини міокарда за стандартною формулою [5].

$$M_1 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}|W_i|,\ M_2 = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}W_i^2},\ M_3 = \frac{1}{M_2^3}\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}W_i^3,\ M_4 = \frac{1}{M_2^2}\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}W_i^4.$$

© В.Т. Бачинський, Ю.В. Саркісова, О.Г. Паливода, А.О. Андрійчук , 2014

На наступному етапі здійснено обчислення сукупності статистичних моментів 1-4-го порядків $M_{j=1;2;3;4}$ за попередньо вказаною методикою [2]

Обговорення результатів дослідження

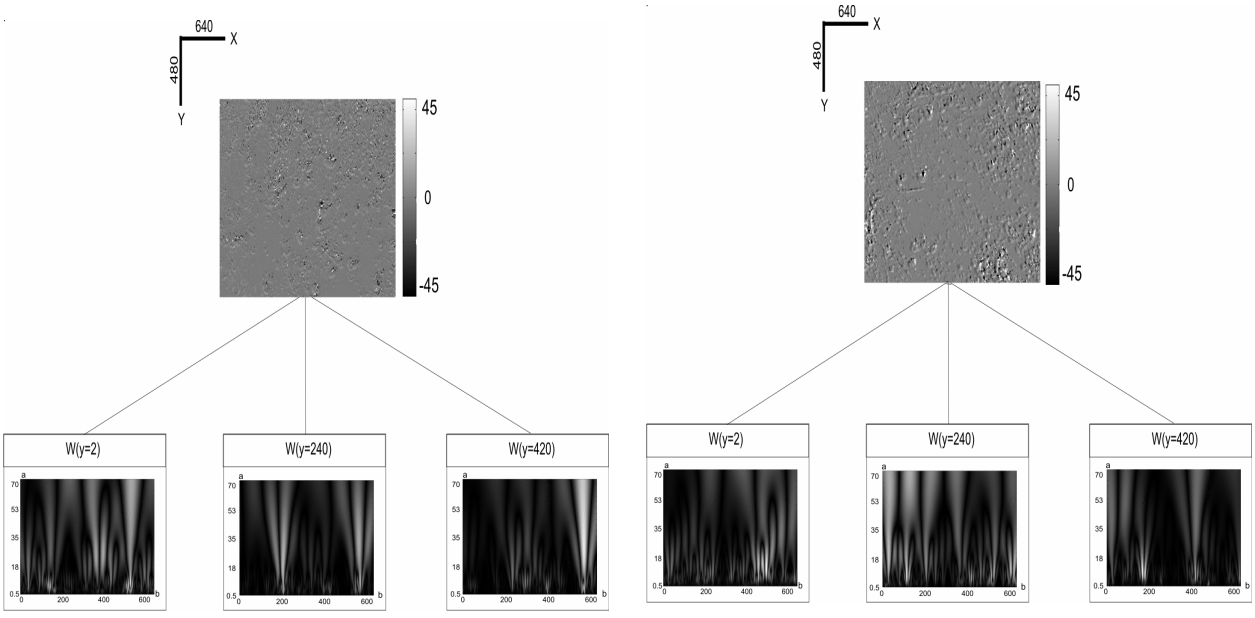
У результаті аналізу сучасних наукових джерел ми прийшли до висновку, що наразі перспективними є міжгалузево-інтегральні методи дослідження, які дозволять удосконалити існуючі, а можливо і розробити нові критерії виявлення, аналізу та оцінки новітніх стандартів [3-5]. На сьогоднішній день ми пропонуємо для вирішення вищевказаних питань використання методів лазерної поляриметрії, які виходячи з даних літератури дозволяють значно покращити вирішення питань судово-медичної науки та практики. У даній роботі, як зразок вирішення питання встановлення оптичних критеріїв змін біотканин ми пропонуєм біофізичні методи, які основані на аналізі лазерних поляризаційних зображень тканини міокарда людини. У цьому дослідженні однією з цілей є встановлення діагностичної ефективності шляхом порівняння статистичного та координатного підходів вейвлет-аналізу мап еліптичності поляризації у випадках гострої ішемії міокарда.

Ми проводили локально - масштабований аналіз координатних розподілів $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда, який був однаковим в обох випадках. Так, як в обох випадках проводилось сканування МНАТ - вейвлетом з кроком $b=pix$ та розмірами вікна $1\mu m \le a_{min} \le 70\ \mu m$.

Результатом такого сканування є обчислення (співвідношення (1) - (3)) двовимірної сукупності вейвлет - коефіцієнтів для кожного k- го рядку пікселів світлочутливої площадки цифрової камери (рис. 1).

На основі статистичного аналізу вейвлет-функції нами отримано розподіли $W(a_{min};b=k1\div km)$ на трьох масштабах МНАТ - вейвлету поляризаційних мап $\beta(m \times n)$ лазерних зображень шарів міокарда обох груп (Рис. 2).

Із одержаних даних видно, що розподіли вейвлет-коефіцієнтів зрізів міокарда обох груп є індивідуальними для кожного масштабу ($a_{min}=2\ \mu m;10\mu m;30\mu m$) МНАТ - вейвлету.



а) б)

Рис. 1. Розподіли вейвлет-коефіцієнтів $W(a_{min};b=k1\div km)$ поляризаційної мапи еліптичності $b(m \times n)$ поляризації лазерного зображення міокарда для різних рядків k=2;240;420 CCD - камери: а) група 1; б) група 2.

Також ми отримали результати експериментального дослідження автокореляційних функцій $K_a(\Delta x)$ розподілів $W(a_{min};b=k1\div km)$ на трьох масштабах $a_{min}=2\mu m;\ a_{min}=10\mu m;\ a_{min}=30\mu m$ МНАТ - вейвлету поляризаційних мап $\beta(m \times n)$ лазерних зображень шарів міокарда для обох груп (рис. 3).

Аналіз автокореляційних залежностей $K_a(\Delta x)$ виявив їх осцилюючий тип на всіх масштабах поляризаційної мапи $\beta(m \times n)$.

Виявлені особливості кореляційної структури розподілів вейвлет - коефіцієнтів поляризаційних мап лазерних зображень зрізів тканини міокарда, на нашу думку, пов'язані із високим ступенем самоподібності розподілів напрямів оптичних осей ρ і фазових зсувів δ полікристалічних міозинових

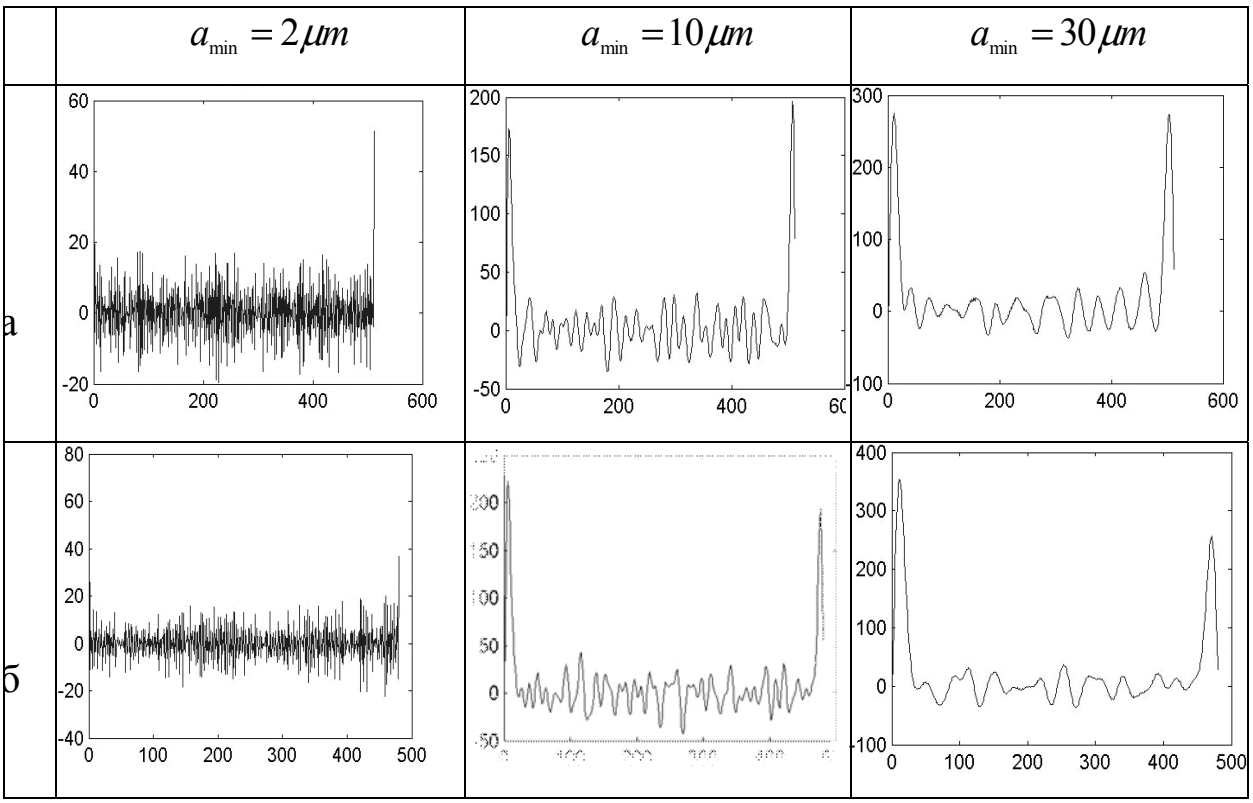


Рис. 2. Розподіли величини вейвлет - коефіцієнтів W[(a_{min}=2 μm;10μm;30μm); b=k1÷km)] поляризаційної мапи еліптичності *b*(*m* x *n*) поляризації зображення міокарда: а) група 1; б) група 2.

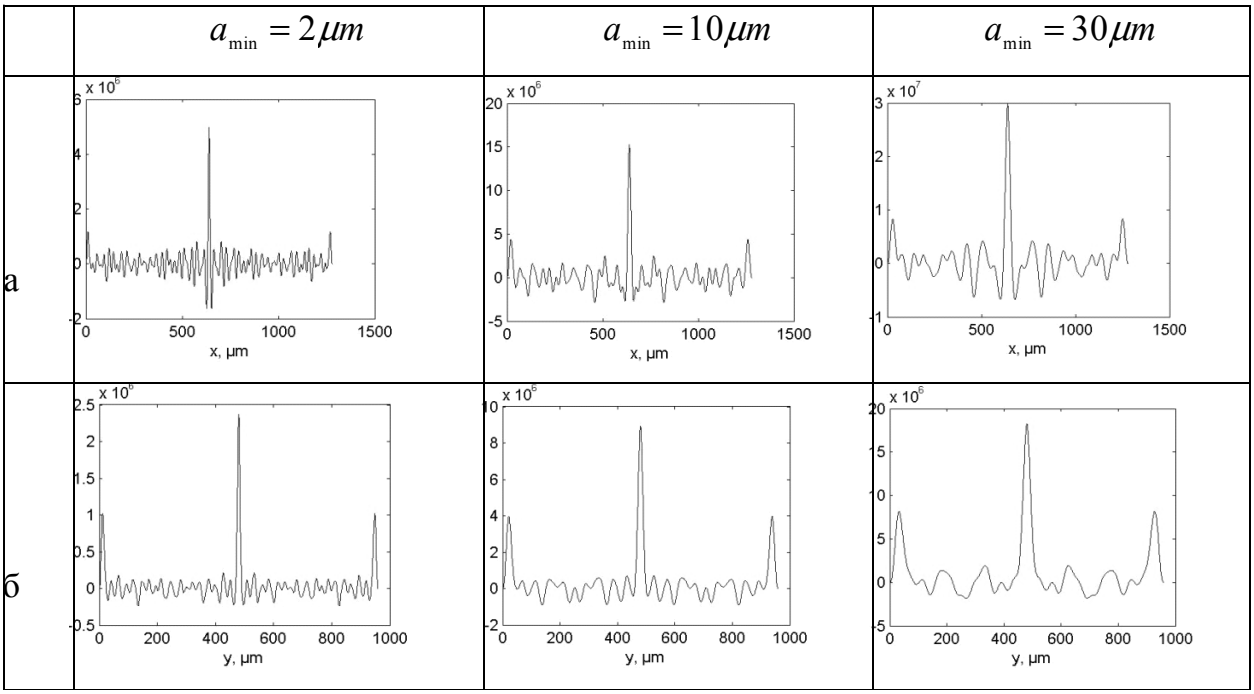


Рис. 3. Автокореляційні функції $K_a(\Delta x)$ розподілів величини вейвлет - коефіцієнтів W[(a_{min}=2 μm;10μm;30μm); b=k1÷km)] поляризаційної мапи еліптичності *b*(*m* x *n*) поляризації зображень міокарда: а) група 1; б) група 2.

фібрилярних структур [1] на всіх масштабах аналізу (a_{min}=*2 μm;10μm;30μm)* МНАТ - вейвлету.

Проте на даному етапі інтерпретація отриманих результатів практичними судово-медичними експертами утруднена. Оскільки ми ставили перед собою мету знайти об'єктивні та швидкі методи діагностики ішемії на прикладі міокарда людини та дослідження можливостей застосування статистичного та координатного розподілів, які носять більше фізичний ніж біолого-медичний характер. Тому наступним етапом нашого дослідження стало встановлення середнього, асиметрії, дисперсії та ексцесу.

Аналіз даних показників виявив різну динаміку зміни величин $M_{j=1;2;3;4}$ із збільшенням масштабу a_{min} МНАТ - вейвлету, (табл 1).

Порівняльний аналіз статистичної структури розподілів вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап $\beta(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда обох груп виявив:

1) суттєві відмінності (у межах 1,9 - 2,4 разів)

Таблиця 1

Середнє, асиметрія, дисперсія та ексцес розподілу вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап азимутів $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень зрізів міокарда обох груп

ІХС			ГКН		
a_{min}	M_j		a_{min}	M_j	
$a_{min} = 2\mu m$	M_1	0,23 ± 0,034	$a_{min} = 2\mu m$	M_1	0,45 ± 0,052
	M_2	0,39 ± 0,045		M_2	0,17 ± 0,021
	M_3	1,24 ± 0,23		M_3	0,55 ± 0,064
	M_4	1,76 ± 0,27		M_4	0,72 ± 0,083
$a_{min} = 10\mu m$	M_j		$a_{min} = 10\mu m$	M_j	
	M_1	0,31 ± 0,034		M_1	0,51 ± 0,057
	M_2	0,26 ± 0,031		M_2	0,19 ± 0,024
	M_3	2,35 ± 0,34		M_3	2,76 ± 0,38
	M_4	2,98 ± 0,41		M_4	3,14 ± 0,52
$a_{min} = 30\mu m$	M_j		$a_{min} = 30\mu m$	M_j	
	M_1	0,35 ± 0,054		M_1	0,57 ± 0,063
	M_2	0,22 ± 0,028		M_2	0,13 ± 0,015
	M_3	3,19 ± 0,47		M_3	3,63 ± 0,43
	M_4	3,46 ± 0,51		M_4	4,21 ± 0,54

величин середнього, асиметрії, дисперсії та ексцесу, які характеризують розподіли $W_{[(amin=2\,\mu m);\ b=k1 \div km)]}(\beta)$ на масштабі a_{min}= 2μm МНАТ - вейвлету.

2) суттєве зменшення розбіжностей величин середнього, асиметрії, дисперсії та ексцесу розподілів $W_{[(amin=10\mu m;30\mu m);\ b=k1 \div km)]}(\beta)$ визначених для більших масштабів a_{min}=10μm;30μm МНАТ - вейвлету (від 1,05 до 1,69 раз між 1 та 2 групою).

Визначення даних показників проведено і для автокореляційних залежностей $K_a(\Delta x)$ вейвлет-коефіцієнтів поляризаційної мапи еліптичності

Таблиця 2

Середнє, асиметрія, дисперсія та ексцес автокореляційних функцій розподілу вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап еліптичності лазерних зображень зрізів міокарда обох груп

Група 1			**Група 2**		
a_{min}	M_j		a_{min}	M_j	
$a_{min} = 2\mu m$	M_1	0,75 ± 0,086	$a_{min} = 2\mu m$	M_1	0,69 ± 0,084
	M_2	0,12 ± 0,018		M_2	0,25 ± 0,033
	M_3	0,29 ± 0,038		M_3	0,74 ± 0,087
	M_4	0,47 ± 0,062		M_4	1,02 ± 0,13
$a_{min} = 10\mu m$	M_j		$a_{min} = 10\mu m$	M_j	
	M_1	0,64 ± 0,071		M_1	0,54 ± 0,067
	M_2	0,17 ± 0,024		M_2	0,27 ± 0,036
	M_3	0,73 ± 0,085		M_3	2,39 ± 0,36
	M_4	0,83 ± 0,091		M_4	2,18 ± 0,36
$a_{min} = 30\mu m$	M_j		$a_{min} = 30\mu m$	M_j	
	M_1	0,57 ± 0,069		M_1	0,49 ± 0,058
	M_2	0,23 ± 0,031		M_2	0,34 ± 0,038
	M_3	0,92 ± 0,14		M_3	4,83 ± 0,56
	M_4	1,12 ± 0,17		M_4	3,84 ± 0,43

поляризації зображеннь міокарда (табл. 2.)

Порівняльний аналіз середнього, асиметрії, дисперсії та ексцесу автокореляційних функцій розподілів вейвлет-коефіцієнтів поляризаційних мап еліптичності β (m x n) лазерних зображень зрізів тканини міокарда обох груп виявив:

1) суттєві відмінності (у межах 2,5 разів) величини дисперсії автокореляційної функції $K_a(\Delta x)$ розподілу $W_{[(amin=2\mu m);b=k1\div km)]}(\beta)$ на масштабі $a_{min}=2\mu$m МНАТ - вейвлету.

2) суттєве збільшення розбіжностей величин дисперсії автокореляційних функцій $K_a(\Delta x)$ у 3,7 та 5,25 між першою та другою групою на більших масштабах a_{min}=10μm;30μm МНАТ - вейвлету.

Виявлені відмінності статистичних моментів $M_{j=1;2;3;4}$, які характеризують автокореляційні функції $K_a(\Delta x)$ розподілів $W_{[(amin=2\mu m);b=k1\div km)]}(\beta)$ можна пов'язати з тим, що гостра коронарна недостатність найбільш починає проявлятись змінами оптико-фізичних властивостей тканини міокарда на малих масштабах міозинових структур. Такий процес призводить до зростання показника двопроменезаломлення парціальних кристалів міозину розупорядкованих за напрямами оптичних осей. Причому, така трансформація полікристалічної структури починається з малих розмірів (d=1μm÷50μm) структурних елементів полікристалічної мережі міокарда.

Висновки

1.При статистичному підході до аналізу вейвлет-функції лазерних поляриметричних зображень міокарда людини в якості диференційного критерію визначення гострого ішемічного ушкодження міокарда можна використовувати ексцес на малих масштабах вейвлет-функції.

2.Аналіз автокореляційної функції вейвлет аналізу у випадку ГКН виявив, що найбільш чутливими є визначення асиметрії на всіх діапазонах вейвлет-функції.

3.В якості діагностичного маркера гострого ішемічного пошкодження міокарда ми рекомендуємо визначення дисперсії на масштабі вейвлет-функції.

4.Виявлені оптичні зміни біологічних тканин на прикладі міокарда дозволяють встановити діагностичну ефективність координатного та статистичного підходів вейвлет-аналізу поляризаційних розподілів лазерних зображень при різних патологічних процесах для вдосконалення існуючих методів досліджень.

Перспективи подальших досліджень

Буде проведено вивчення в наміченому науковому напрямку.

Література.1.Ванчуляк О.Я. Поляризаційна візуалізація та аналіз пошкоджень архітектоніки біотканин / О.Я. Ванчуляк // Українськийсудово-медичний вісник. - 2004. - №1. - С.36-38. 2. Ванчуляк О.Я. Метод поляризаційної візуалізації та статистичної обробки лазерних зображень архітектоніки паренхіматозних біотканин у діагностиці часу настання смерті / О.Я. Ванчуляк // Клінічна та експериментальна патологія. - 2005. - Т.4, №2. - С.105-110. 3. Основилазерноїполяриметрії: патоморфологічні зміни біологічнихтканин / О.Г. Ушенко, В.Т. Бачинський, О.Я. Ванчуляк, І.Л. Беженар . - Чернівці : Чернівецькийнац. ун-т , 2010. - 372 с. 4. Polarization visualization and selection of biotissue image two-layer scattering medium / O. V. Angelsky, A. G. Ushenko, D. N. Burcovets, Yu. A. Ushenko// J. Biomed. Opt. 10. - 2005. - No. 1, 014010. 5.UshenkoA. G Wavelet-analysis of two-dimensional birefringence images of architectonics in biotissues for the diagnostics of pathological changes / A. G. Ushenko, D. N. Burkovets// J. Biomed. Opt. 9. - 2004. - No. 4. - P. 1023-1028. 6. WanchuliakO.Y. Vector Microstructure of Laser Biospecles / O.Y. Wanchuliak, O.A. Bendas, A.G. Ushenko // Proc. SPIE. - 2000. - Vol. 4242. - P. 227-232. 7.WanchuliakO.Y. Wavelet analysis of dynamics of changes in orientation-phase structures biotissuearchitechtonies /O.Y.Wanchuliak, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko // Proc. SPIE. - 2002. - Vol. 5067. - P. 50-55.

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ МАШТАБНО-СЕЛЕКТИВНОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ В СУДЕБНОЙ МЕДИЦИНЕ

В.Т. Бачинский, Ю.В. Саркисова, А.Г. Паливода,

А.О. Андрейчук

Резюме. В статье показаны перспективы совершенствования существующих методов исследования биологических тканей человека. Определены новые диагностические критерии установления патологического состояния на основе координатного и статистического подходов вейвлет-анализа архитектонической структуры поляризированных лазерных изображений срезов биотканей. Также приведены современные взгляды на процесс морфологического формирования изменений миокарда человека при острой коронарной недостаточности.

Ключевые слова: судебная медицина, лазер, ишемия, биоткани.

MODERN PERSPECTIVES OF LARGE-SCALE SELECTIVE METHOD OF RESEARCHES OF BIOLOGICAL TISSUES IN FORENSIC MEDICINE

V.T.Bachinsky, Y.V.Sarkisova , O.G.Palyvoda ,

A.O. Andriychuk

Abstract. Thispaperhighlightsthe prospects of improving existing methods of research of biological tissues. The latest diagnostic criteria for the establishment of a pathological condition based on coordinate and statistical approaches of wavelet analysis of the architectonic structure of polarized laser images of sections of biological tissues are defined. Modern views on the formation process of morphological changes in human myocardium in case of acute coronary insufficiency are also described.

Key words:forensicmedicine, laser, ischemia, biological tissue.

BukovinianStateMedicalUniversity, (Chernivtsi)

Clin. and experim. pathol.- 2014.- Vol.13, №2 (48).-P.13-17.

Надійшла до редакції 01.06.2014

Рецензент – проф. М.В. Шаплавський

© В.Т. Бачинський, Ю.В. Саркісова, О.Г. Паливода, А.О. Андрійчук, 2014