

BASIC PRINCIPLES OF AN ASSESSMENT OF THE MORPHOLOGICAL CONDITION OF THE BIOLOGICAL KIDNEY TISSUES IN THE PRISM OF LASER POLARIMETRY

T.M. Boichuk, O.I. Petryshen, H.M. Chernikova, S.B. Yermolenko *

Abstract. The polarization properties of the biological tissues of the kidney in health and under the conditions pathology induced by the nephrotoxic action of metal salts were studied on histological sections. The diagnostic criteria were evaluated on the basis of a statistical, correlation and fractal analysis of the architectonic structure of polarized laser images.

Key words: morphology, kidney, laser polarimetry.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)
* Yuriy Fedkovych National University (Chernivtsi)

Рецензент – проф. І.С. Давиденко

Buk. Med. Herald. – 2013. – Vol. 17, № 3 (67), part 1. – P. 18-20

Надійшла до редакції 06.06.2013 року

© Т.М. Бойчук, О.І. Петришен, Г.М. Чернікова, С.Б. Єрмоленко, 2013

УДК 616.12-005.4-073.55

О.Я. Ванчуляк

ПРИНЦИПИ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО МАСШТАБНО-СЕЛЕКТИВНОГО КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ РОЗПОДІЛІВ ЕЛІПТИЧНОСТІ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНИХ ЦИФРОВИХ МІКРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МІОКАРДА ЗА УМОВ ГОСТРОЇ ІШЕМІЇ

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Резюме. У роботі висвітлено показники, що об'єктивно свідчать про пошкодження міокарда людини за умов гострої ішемії. На засадах принципів доказової медицини обґрунтовано доцільність використання вейвлет-аналізу кореляційної структури мап еліптичності поляризації лазерних зображень міокарда для діагно-

тики гострої коронарної недостатності та визначено операційні характеристики сили даного методу.

Ключові слова: поляризаційна мікроскопія, гостра коронарна недостатність міокарда, судово-медична експертиза.

Вступ. Актуальність дослідження в першу чергу пов'язана із необхідністю розширення інформаційної бази (урахування не тільки розподілів азимутів, що характеризують оптичну активність міозину, але й еліптичності поляризації, що характеризує структурованість сіток міозинових фібрил) для масштабного-селективного вейвлет-аналізу.

Мета дослідження. Пошук та встановлення взаємозв'язку між даними вейвлет-аналізу кореляційної структури мап еліптичності поляризації лазерних зображень міокарда при гострій коронарній недостатності (ГКН) та визначення на цій основі інформативності даного методу.

Матеріал і методи. Матеріалом дослідження були нативні зрізи міокарда людини товщиною 30 ± 5 мкм, виготовлені за допомогою заморожуючого мікротома: 27 зразків склали зрізи міокарда померлих із хронічною ішемічною хворобою серця (ХІХС), 30 зразків – забрані від трунів померлих від ГКН. Після чого зрізи досліджувались із використанням оптичної схеми в традиційному зображенні поляриметра [1]. Використовували пучок ($\varnothing=10_4$ мкм) He-Ne лазера ($\lambda=0.6328$ мкм) [3].

Основний інформаційний засіб для аналізу поляризаційних мікроскопічних зображень зрізів

міокарда ми застосовували вейвлет-аналіз. З використанням програмного продукту MATLAB.

Як об'єкт для дослідження ми обрали координатний розподіл еліптичності поляризації в площині мікроскопічного зображення міокарда, який проводився програмою MatLab. Проведено лінійне $k1, \dots, km$; $k=1 \div n$ сканування МНАТ - вейвлетом із кроком $b=1pix$ з розмірами вікна $1 \mu m \leq a_{min} \leq 70 \mu m$. МНАТ – функцію, це – вейвлет – функція, друга похідна Гаусової функції [2]. Для оцінювання координатної впорядкованості розподілу еліптичності поляризації в площині гістологічного зрізу міокарда використовувався метод автокореляції. Для оцінки розподілів власних значень автокореляційних функцій $K(\Delta x)$ на різних масштабах a вейвлет-функції ψ обчислювалася сукупність їх статистичних моментів 1-4-го порядків $M_{j=1,2,3,4}$.

В основу визначення інформативності даного об'єктивного аналізу з позицій доказової медицини покладено чутливість (Se), специфічність (Sp), точність (Ac), прогностичність від'ємного результату ($-VP$), прогностичність позитивного результату ($+VP$).

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті сканування обчислено двовимірну

N
Y

ns pathol-
teria were
er images.

Chernivtsi)
Chernivtsi)

Р. 18-20

2013 року

ВИХ ПЕМІЇ

визначено
оду.
скопія, гост-
во-медична

аналіз. З ви-
АТЛАВ.

брали коор-
поляризації в

я міокарда.

Проведено

НАТ - вей-

рами вікна

- вейвлет -

кції [2]. Для

ності розпо-

ніні гістоло-

вався метод

власних зна-

х) на різних

ислювалася

в 1-4-го по-

вності дано-

оказової ме-

специфічність

ь від'ємного

позитивного

обговорення.

о двовимірну

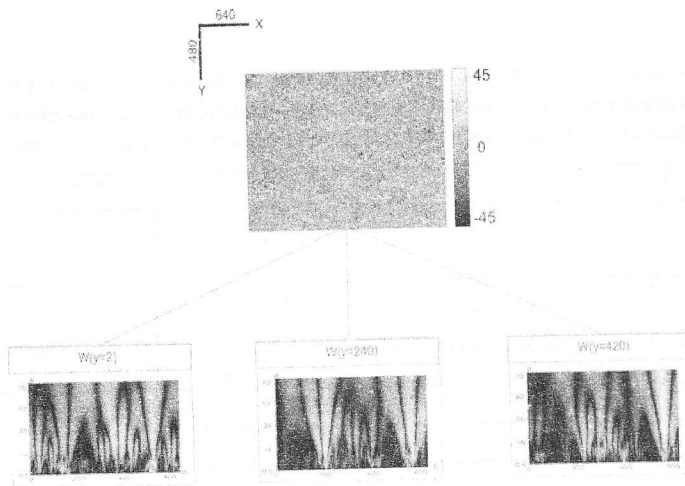


Рис. 1. Розподіли вейвлет-коефіцієнтів поляризаційної мапи еліптичності поляризації лазерного цифрового мікроскопічного зображення міокарда групи 1 для різних рядків CCD – камери: а) - $k=2$; б) - $k=240$; в) - $k=420$

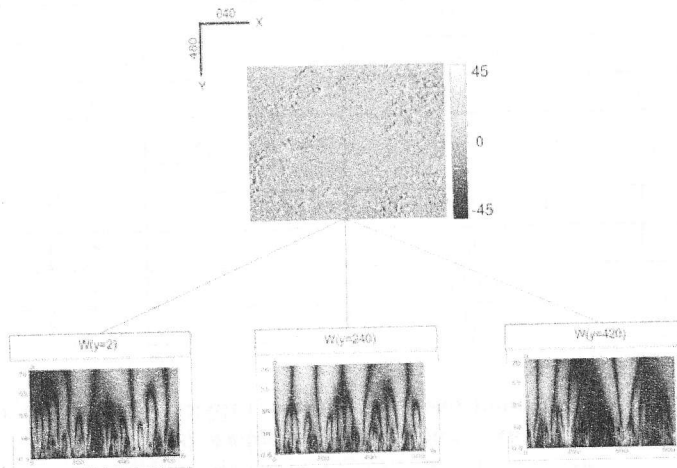


Рис. 2. Розподіли вейвлет-коефіцієнтів поляризаційної мапи еліптичності поляризації лазерного цифрового мікроскопічного зображення шару міокарда групи 2 для різних рядків CCD – камери: а) - $k=2$; б) - $k=240$; в) - $k=420$

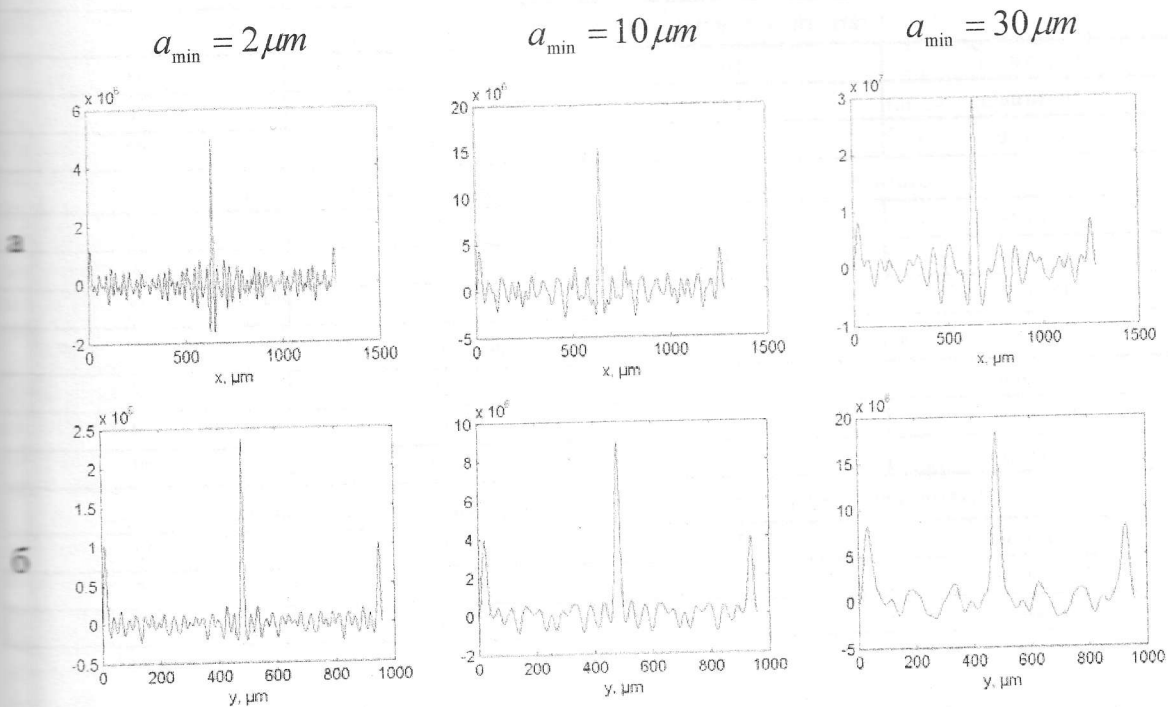


Рис. 3. Автокореляційні функції $K_a(Dx)$ розподілів величини вейвлет- коефіцієнтів поляризаційної мапи еліптичності поляризації цифрового мікроскопічного зображення міокарда: а) - зображення міокарда контрольної групи; б) - групи хворих від ГКН

Таблиця 1

Статистичні моменти 1-4-го порядків автокореляційних функцій $K_a(\Delta x)$ розподілу вейвлет-коefficientів поляризаційних мап еліптичності лазерних цифрових мікроскопічних зображень зрізів міокарда за умов хронічної ішемічної хвороби серця та гострої коронарної недостатності

XIXC (27 зразків)			ГКН (30 зразків)		
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
$a_{\min} = 30 \mu m$	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	

Таблиця 2

Розподіл зразків за вейвлет-аналізом кореляційної структури розподілів еліптичності поляризації лазерних цифрових мікроскопічних зображень зрізів гістологічних зрізів міокарда групи 1 (XIXC) і групи 2 (ГКН)

Вейвлет-аналіз	Патологія (ГКН)		Всього
	(XIXC, група 1)	(ГКН, група 2)	
Статистичний момент 2-го порядку M_2 (масштаб $a_{\min}=2\mu m$)			
Позитивні	10	21	31
Негативні	17	9	26
Всього	27	30	57
Статистичні моменти 3-го M_3 і 4-го M_4 порядку (масштаб $a_{\min}=2\mu m$)			
Позитивні	8	23	31
Негативні	19	7	26
Всього	27	30	57
Статистичний момент 2-го порядку M_2 (масштаби $a_{\min}=10\mu m; 30\mu m$)			
Позитивні	9	20	29
Негативні	18	10	28
Всього	27	30	57
Статистичні моменти 3-го M_3 і 4-го M_4 порядку (масштаби $a_{\min}=10\mu m; 30\mu m$)			
Позитивні	7	25	32
Негативні	20	5	25
Всього	27	30	57

сукупність вейвлет-коefficientів для кожного k -го рядка пікселів світлочутливої площадки цифрової камери 10 (рис. 1, рис. 2).

Дослідження автокореляційних функцій $K_a(\Delta x)$ на трьох структурних розмірах поляризаційних мап лазерних цифрових мікроскопічних

Таблиця 3

Операційні характеристики інформативності вейвлет-аналізу кореляційної структури розподілів еліптичності поляризації лазерних цифрових мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів міокарда групи 1 (ХІХС) і групи 2 (ГКН)

Параметри	M_2 $a_{min}=2\mu m$	M_3, M_4 $a_{min}=2\mu m$	M_2 $a_{min}=10\mu m; 30\mu m$	M_3, M_4 $a_{min}=10\mu m; 30\mu m$
Чутливість Se , %	70	77	67	83
Специфічність Sp , %	63	70	63	74
Точність Ac , %	67	74	65	78
Прогностичність позитивного результату +VP, %	68	74	69	78
Прогностичність негативного результату -VP, %	65	73	64	80

зображень шарів міокарда при ХІХС (рис. 3а) та шарів міокарда за умов ГКН (рис. 3б) показало, що автокореляційні функції $K_a(\Delta x)$ розподілів вейвлет-коєфіцієнтів мап еліптичності поляризації лазерних зображень обох груп індивідуальні для кожного масштабу.

Порівняльний аналіз статистичної структури автокореляційних функцій розподілів вейвлет-коєфіцієнтів поляризаційних мап еліптичності лазерних цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів тканини міокарда обох груп наведено в табл. 1):

- 1) Суттєві відмінності (у межах 2,2 раза) величини дисперсії автокореляційної функції $K_a(\Delta x)$ на масштабі $a_{min}=2\mu m$ МНАТ - вейвлету.
- 2) Значне збільшення розбіжностей величин статистичних моментів 3-го (у 2,5-4,4 раза) і 4-го (у 2,1-3,2 раза) порядків автокореляційних функцій $K_a(\Delta x)$ визначених для більших масштабів $a_{min}=10\mu m; 30\mu m$ МНАТ - вейвлету.

Виявлені відмінності статистичних моментів $M_{j=2,3,4}$, які характеризують автокореляційні функції $K_a(\Delta x)$, можна пов'язати з тим, що ГКН найбільш виразно виявляється у змінах оптико-фізичних властивостей тканини міокарда на малих масштабах міозинових структур. Такий процес призводить до зростання показника двопродукту незаломлення парціальних кристалів міозину розпорядкованих за напрямками оптичних осей.

Поляризаційно такі процеси виявляються у формуванні складних асиметричних розподілів еліптичності поляризації відповідних лазерних цифрових мікроскопічних зображень шару міокарда у випадку гострої коронарної недостатності.

Результати застосування даного методу вейвлет-аналізу кореляційної структури розподілів еліптичності поляризації лазерних цифрових мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів міокарда групи 1 (ГКН) і групи 2 (ІХС) для кожного об'єктивного параметра $M_{j=1,2,3,4}$ зведено в матрицю рішень, яку ілюструє таблиця 2.

Визначені на основі матриці рішень (табл. 2) операційні характеристики вейвлет-аналізу кореляційної структури розподілів еліптичності поля-

ризації лазерних цифрових мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів міокарда групи 1 (ХІХС) і групи 2 (ГКН), наведені в таблиці 3.

Аналіз одержаних даних виявив наступне:

- встановлено, що для статистичного моменту M_2 ($a_{min}=2\mu m$) кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 21 та 9 (чутливість $Se=70\%$), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 17 та 10 (специфічність $Sp=63\%$);
- встановлено, що для статистичних моментів 3-го M_3 і 4-го M_4 порядку (масштаб $a_{min}=2\mu m$) кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 23 та 7 (чутливість $Se=77\%$), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 19 та 8 (специфічність $Sp=70\%$);
- встановлено, що для статистичного моменту M_2 ($a_{min}=10\mu m; 30\mu m$) кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 20 та 10 (чутливість $Se=67\%$), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 18 та 9 (специфічність $Sp=63\%$);
- встановлено, що для статистичних моментів 3-го M_3 і 4-го M_4 порядку ($a_{min}=10\mu m; 30\mu m$) кількість позитивних і хибно негативних рішень складає 25 та 5 (чутливість $Se=83\%$), а кількість негативних і хибно позитивних рішень складає 20 та 7 (специфічність $Sp=74\%$);
- точність методу Ac становить 65%-78% з наступними параметрами прогностичності +VP=68 %-78 % і +VP=64 %-80 %.

Висновок

Запропоновано новий об'єктивний метод вейвлет-аналізу кореляційної структури мап еліптичності поляризації цифрових поляризаційних мікроскопічних зображень гістологічних зрізів міокарда для діагностики гострої коронарної недостатності зокрема та проведення диференційної діагностики із суміжною патологією – хронічною ішемічною хворобою серця.

Перспектива подальших досліджень. Подальші дослідження структури міокарда за умов

гострої коронарної недостатності за допомогою лазерної поляриметрії дадуть можливість створити базу характеристик її зображень, як теоретичну основу для практичної діагностики даного виду патології.

Автор висловлює щирі подяки доктору фізико-математичних наук, завідувачу кафедри оптики і спектроскопії, проректору з наукової роботи Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, професору Ушенку Олександрову Григоровичу та колективу його лабораторії за детальне обговорення результатів роботи та стимулювальні дискусії.

Література

1. Angelsky O.V. Polarization reconstruction of orientation structure of biological tissues birefringent architectonic nets by using their Mueller-matrix speckle-images / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko // J. Holography Speckle 2. – 2005. – P. 72-79.
2. Birefringence characterization of biological tissue by use of optical coherence tomography / M. J. Everett, K. Shoenenberger, B. W. Colston [et al.] // Opt. Lett. – 1998. – Vol. 23. – P. 228-230.
3. Investigation of 2D Mueller matrix structure of biological tissues for pre-clinical diagnostics of their pathological states / O. Angelsky, Yu. Tomka, A. Ushenko [et al.] // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2005. – Vol. 38. – P. 4227-4235.

ПРИНЦИПЫ ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО МАСШТАБНО-СЕЛЕКТИВНОГО КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЭЛЛИПТИЧНОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ЦИФРОВЫХ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МИОКАРДА ПРИ УСЛОВИИ ОСТРОЙ ИШЕМИИ

О.Я. Ванчуляк

Резюме. В работе освещены показатели, объективно свидетельствующие о повреждении миокарда человека при острой ишемии. На основе принципов доказательной медицины обоснована целесообразность использования вейвлет-анализа корреляционной структуры карт эллиптичности поляризации лазерных изображений миокарда для диагностики острой коронарной недостаточности и определены операционные характеристики силы данного метода.

Ключевые слова: поляризационная микроскопия, острая коронарная недостаточность, судебно-медицинская экспертиза.

THE PRINCIPLES OF EVIDENTIAL MEDICINE FOR A LOCAL LARGE-SCALE-SELECTIVE CORRELATION ANALYSIS OF THE DISTRIBUTIONS OF ELLIPTICITY FOR THE POLARIZATION OF LASER DIGITAL MICROSCOPIC IMAGES OF THE MYOCARDIUM UNDER THE CONDITIONS OF ACUTE ISCHEMIA

O.Ya. Wanchuliak

Abstract. This paper ascertains the use of indicators that objectively show evidence of damage to the human myocardium under conditions of acute ischemia. On the basis of the principles of evidence-based medicine, the feasibility, effectiveness, and operational characteristics of the application of wavelet analysis of the correlation structure of maps of ellipticity in polarization laser images for the diagnosis of acute coronary insufficiency are shown

Key words: polarization microscopy, acute coronary insufficiency, forensic-medical examination.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Рецензент – проф. В.Т. Бачинський

Buk. Med. Herald. – 2013. – Vol. 17, № 3 (67), part 1. – P. 20-24

Надійшла до редакції 05.06.2013 року