

УДК 616.12-005.4-073.55

О.Я.Ванчуляк, В.Т.Бачинський, О.І.Никля, А.Й.Заволович

ДОСЛІДЖЕННЯ МІОКАРДА ЗА УМОВ ГОСТРОЇ КОРОНАРНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗОМ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ МАП АЗИМУТІВ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЛАЗЕРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Резюме. У статті висвітлено можливість застосування вейвлет-аналізу кореляційної структури мап азимутів поляризації лазерних зображень міокарда для діагностики гострої коронарної недостатності (ГКН).

Ключові слова: лазерна поляриметрия, гостра коронарна недостатність міокарда, судово-медична експертиза.

Вступ. Перше місце серед загальної кількості раптових смертей посідає смерть внаслідок хвороб системи кровообігу, зокрема ГКН. Враховуючи складність діагностики змін міокарда при ГКН перспективним є розробка нових методів виявлення змін за даної патології.

Мета дослідження. Встановити ультраструктурні зміни тканин міокарда людини за умови ГКН за допомогою вейвлет-аналізу кореляційної структури мап азимутів поляризації лазерних зображень.

Матеріал і методи. Об'єктами дослідження були дві групи зрізів тканини міокарда: перша група – зрізи міокарда померлих внаслідок гострої коронарної недостатності (14 зразків); друга група – зрізи міокарда померлих внаслідок хронічної ішемічної хвороби (ІХС) (17 зразків). Зразки тканини міокарда брали послідовно з поверхні бічного розрізу лівого шлуночка (від основи до верхівки серця). При цьому зрізи робились з верхівкового відділу стінки лівого шлуночка, із середини папілярних м'язів, заздалегідь розітнутих поздовжньо, далі за необхідності – з різних відділів серця [8]. Після забору матеріалу виготовлялися нативні зрізи за допомогою заморожуючого мікротома. У наступному зрізи досліджувалися з використанням оптичної схеми в традиційному зображенні поляриметра, із наступним аналізом за допомогою програми MatLab 6 [3].

Дослідження проводилося з використанням традиційної оптичної схеми поляриметра для вимірювання сукупності координатних розподілів азимутів поляризації лазерного зображення зрізу тканини міокарда [11] (рис. 1).

Опромінювання проводилося колімованим пучком (радіус $r=10^4 \mu\text{m}$) He – Ne лазера ($\lambda=0.6328 \mu\text{m}$) 1. За допомогою поляризаційного освітлювача (чвертьхвильові пластини 3, 5 і поляризатор 4) формувалися відповідні стани поляризації освітлюючого пучка: 1 – 0° ; 2 – 90° ; 3 – 45° ; 4 – \otimes (права циркуляція) [2, 6, 7].

Зображення шару міокарда формувалися у площині світлочутливої площадки ($800\text{pix} \times 600\text{pix}$) CCD камери 10 за допомогою мікрооб'єктива 7.

Для кожного окремого пікселя визначалися чотири параметри вектора Стокса [1, 5].

Локально – масштабований аналіз координатних розподілів $a(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда здійснювався шляхом лінійного $k1, \dots, km$; $k=1 \div n$ сканування МНАТ – вейвлетом із кроком $b=1\text{pix}$ та розмірами вікна $1\mu\text{m} \leq a_{\text{min}} \leq 70\mu\text{m}$ [4].

Результати дослідження та їх обговорення. Результатом сканування МНАТ–вейвлетом стало обчислення двовимірної сукупності вейвлет-коефіцієнтів для кожного k -го рядка пікселів світлочутливої площадки цифрової камери 10 (рис. 2 і рис. 3).

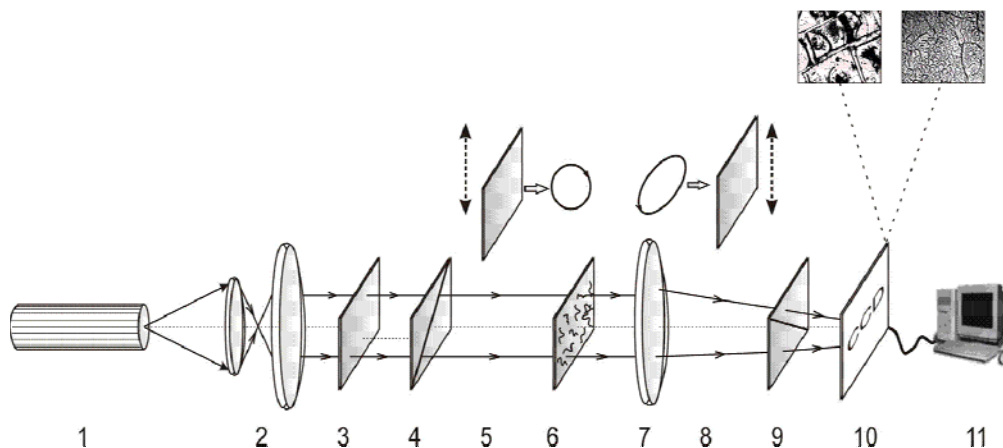


Рис. 1. Оптична схема поляриметра: 1 – He–Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чвертьхвильова пластівка; 4 – поляризатор; 5 – механічно рухомі чвертьхвильові пластівки; 6 – об'єкт дослідження; 7 – мікрооб'єктив; 8 – механічно рухомі чвертьхвильові пластівки; 9 – аналізатор; 10 – CCD-камера; 11 – персональний комп'ютер

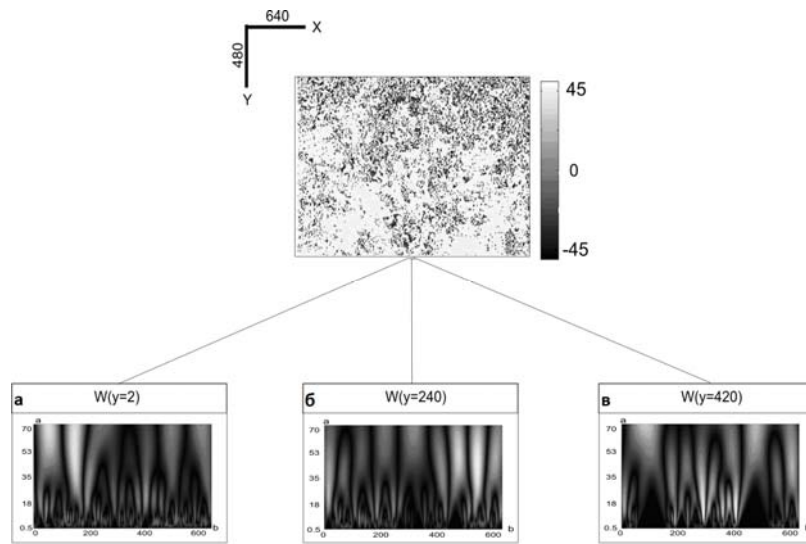


Рис. 2. Розподіли вейвлет-коефіцієнтів $W(a_{min}; b=k1 \div km)$ поляризаційної мапи азимутів $\alpha(m \times n)$ поляризації лазерного зображення шару тканини міокарда групи 1 для різних рядків CCD – камери: а – $k=2$; б – $k=240$; в – $k=420$

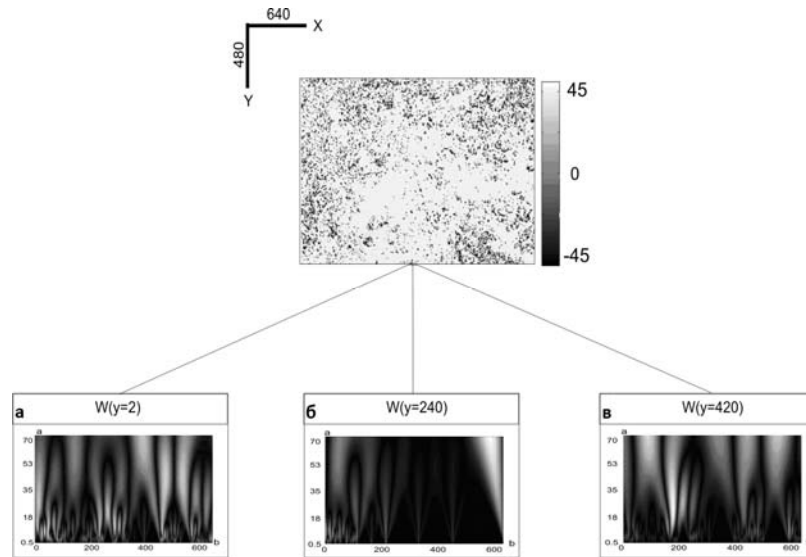


Рис. 3. Розподіли вейвлет-коефіцієнтів $W(a_{min}; b=k1 \div km)$ поляризаційної мапи азимутів $\alpha(m \times n)$ поляризації лазерного зображення шару міокарда групи 2 для різних рядків CCD – камери: а – $k=2$; б – $k=240$; в – $k=420$

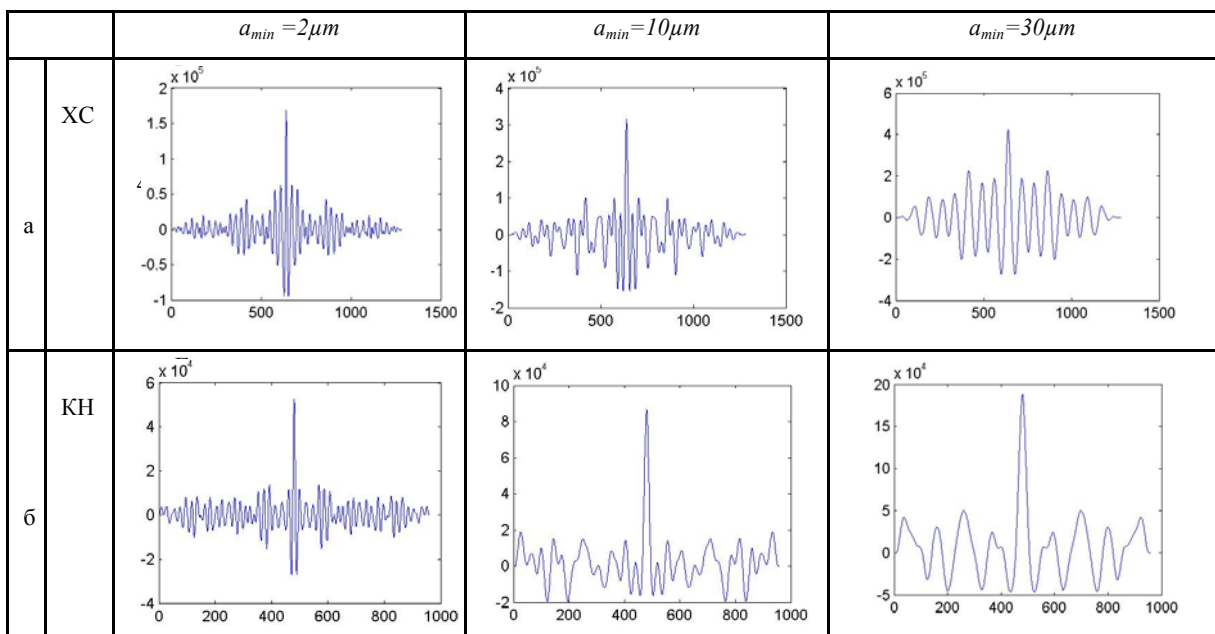


Рис. 4. Автокореляційні функції $K_a(\Delta x)$ розподілів вейвлет-коефіцієнтів $\bar{W} [(a_{min}=2\mu m; =10\mu m; =30\mu m); (b=k1 \div km)]$ поляризаційної мапи азимутів $\alpha(m \times n)$ зображення тканин міокарда: 4а – за умов ІХС; 4б – за умов ГКН

Результати експериментального дослідження розподілів автокореляційних функцій $K_\alpha(\Delta x)$ на трьох масштабах $a_{min}=2\mu\text{m}$; $a_{min}=10\mu\text{m}$; $a_{min}=30\mu\text{m}$ МНАТ–вейвлету поляризаційних мап $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень шарів тканин міокарда контрольної групи (рис. 4а) та групи з ГКН (рис. 4б).

З одержаних даних видно, що автокореляційні функції $K_\alpha(\Delta x)$ розподілів вейвлет – коефіцієнтів $\bar{W}[(a_{min}=2\mu\text{m};=10\mu\text{m};=30\mu\text{m});(b=k1 \div km)]$ поляризаційних мап $\alpha(m \times n)$ зрізів тканин міокарда обох груп є індивідуальними для кожного масштабу ($a_{min}=2\mu\text{m};=10\mu\text{m};=30\mu\text{m}$) МНАТ – вейвлету.

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

Виявлені особливості кореляційної структури розподілів вейвлет – коефіцієнтів поляризаційних мап лазерних зображень зрізів тканини міокарда, на нашу думку, пов'язані з високим ступенем самоподібності розподілів напрямів оптичних осей ρ і фазових зсувів δ полікристалічних міозинових фібрилярних структур на всіх масштабах аналізу ($a_{min}=2\mu\text{m};=10\mu\text{m};=30\mu\text{m}$) МНАТ – вейвлету [10].

Аналіз статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують автокореляційні функції $K_\alpha(\Delta x)$ залежностей $\bar{W}[(a_{min}=2\mu\text{m};=10\mu\text{m};=30\mu\text{m});(b=k1 \div km)]$ виявив різну динаміку зміни величин $M_{j=1,2,3,4}$ із збільшенням масштабу a_{min} МНАТ–вейвлету [9, 12].

Висновки

1. Порівняльний аналіз статистичної структури автокореляційних функцій розподілів вейвлет – коефіцієнтів поляризаційних мап $\alpha(m \times n)$ лазерних зображень зрізів тканини міокарда обох груп виявив:

1) суттєві відмінності (у межах 3 разів) величини дисперсії автокореляційної функції $K_\alpha(\Delta x)$ розподілу $\bar{W}[(a_{min}=2\mu\text{m});(b=k1 \div km)](a)$ на масштабі $a_{min}=2\mu\text{m}$ МНАТ – вейвлет;

2) значне збільшення розбіжностей величин статистичних моментів 3-го (у 3,2 – 6,3 раза) і 4-го (у 2,35 – 4,5 раза) порядків автокореляційних функцій $K_\alpha(\Delta x)$ розподілів $\bar{W}[(a_{min}=2\mu\text{m};30\mu\text{m});(b=k1 \div km)](a)$ визначених для більших масштабів $a_{min}=2\mu\text{m}; 30\mu\text{m}$ МНАТ – вейвлету.

2. Виявлені відмінності статистичних моментів $M_{j=1,2,3,4}$, які характеризують автокореляційні функції $K_\alpha(\Delta x)$ розподілів, можна пов'язати з тим, що гостра коронарна недостатність найбільш виразно виявляється в змінах оптикофізичних властивостей тканини міокарда на малих масштабах міозинових структур. Такий процес призводить до зростання показника двопронезаломлення парціальних кристалів міозину з різними напрямками оптичних осей. Така трансформація полікристалічної структури починається з малих розмірів ($d=1\mu\text{m} \div 50\mu\text{m}$) структурних елементів полікристалічної мережі міокарда. Поляризаційно такі процеси виявляються у формуван-

ні складних асиметричних розподілів азимутів $\alpha(m \times n)$ відповідних лазерних зображень шару міокарда у випадку гострої коронарної недостатності.

Перспективи подальших досліджень. Продемонстрована діагностична ефективність вейвлет-аналізу координатних розподілів азимутів поляризації лазерних зображень зрізів шару тканин міокарда для діагностики ГКН. Разом з тим необхідним є подальше вивчення структури міокарда при інших ішемічних станах, що стане основою диференційної діагностики.

Література

- 2-D tomography of biotissue images in pre-clinic diagnostics of their pre-cancer states / O.Angelsky, Yu.Tomka, A.Ushenko [et al.] // Proc. SPIE. – 2005. – Vol. 5972. – P. 158-162.
- Angelsky O. Polarization reconstruction of orientation structure of biological tissues birefringent architectonic nets by using their Mueller-matrix speckle-images / O.Angelsky, A.Ushenko, Yu.Ushenko // Journal of Holography and Speckle. – 2005. – Vol. 2. – P. 72-79.
- 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.
- Cowin S.C. How is a tissue built? / S.C.Cowin // J. Biomed. Eng. – 2000. – Vol. 122. – P. 553-568.
- 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.
- Polarization-correlation mapping of biological tissue coherent images / O.Angelsky, A.Ushenko, Yu.Ushenko [et al.] // J. Biomed. Opt. – 2005. – Vol. 10, № 6. – P. 064025.
- 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.
- Review of polarization sensitive optical coherence tomography and Stokes vector determination / J.F.de Boer, T.E.Milner, M.J. van Gemert [et al.] // J. Biomed. – 2002. – Opt. 7. – P. 359-371.
- Ushenko Yu.A. Statistical structure of polarization-inhomogeneous images of biotissues with different morphological structures / Yu.A.Ushenko // Ukr. J. of Physical. – 2005. – Opt. 6, № 2. – P. 63-70.
- Two-dimensional birefringence imaging in biological tissue using polarization-sensitive optical coherence tomography / Johannes F. de Boer, T.E.Milner, M.J. van Gemert [et al.] // Proc. SPIE. – 1998. – Vol. 3196. – P. 32-37.
- Ushenko A.G. Laser Polarimetry of Biological Tissue. Principles and Applications, In: Coherent-Domain Optical Methods. Biomedical Diagnostics, Environmental and Material Science

(V.Tuchin, ed.). Kluwer Academic Publishers / A.G.Ushenko, V.P.Pishak. – 2004. – P. 67-93.
12. 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. – 2004. – Opt. 9, № 4. – P. 1023-1028.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИОКАРДА ПРИ ОСТРОЙ КОРОНАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ КАРТ АЗИМУТОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

О.Я.Ванчуляк, Т.В.Бачинський, О.І.Никля, А.Й.Заволович

Резюме. В статье отражены возможности применения вейвлет-анализа корреляционной структуры карт азимутов поляризации лазерных изображений миокарда для диагностики острой коронарной недостаточности.

Ключевые слова: лазерная поляриметрия, миокард, острая коронарная недостаточность, судебно-медицинская экспертиза.

A MYOCARDIAL EXAMINATION WITH UNDERLYING ACUTE CORONARY INSUFFICIENCY BY MEANS OF THE WAVELET-ANALYSIS OF THE CORRELATION STRUCTURE OF MAPS OF POLARIZATION AZIMUTHS OF LASER IMAGES

O.Ya.Vanchuliak, V.T.Bachyns'kyi, O.I.Nykliya, A.Y.Zavolovych

Abstract. The paper ascertains a possibility of using the wavelet-analysis of the correlation structure of maps of the polarization azimuths of myocardial laser images with a view of diagnosing acute coronary insufficiency (ACI).

Key words: laser polarimetry, acute coronary insufficiency, forensic medical examination.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Рецензент – проф. М.В.Шаплавський

Buk. Med. Herald. – 2011. – Vol. 15, № 2 (58). – P. 148-151

Надійшла до редакції 23.02.2011 року