

Є. Г. Махрова

Буковинський державний медичний
університет, м. ЧернівціСТУПІНЬ ВЗАЄМНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ
ЛАЗЕРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ М'ЯЗОВОЇ
ТКАНИНИ МІОКАРДА**Ключові слова:** ступінь взаємної
поляризації, м'язова тканина
міокарда.**Резюме.** Дослідження ступеня взаємної поляризації лазерних
зображень біологічних тканин можна використовувати для
діагностики орієнтаційної будови двопронезаломлюючих
структур їх фізіологічно нормальних та патологічно змінених
архітектонічних сіток.**Вступ**

Для аналізу поляризаційно-неоднорідних полів запропоновано підхід Догаріу [1], в якому кореляція між станами поляризації (α , β) об'єктного поля в різних точках (r_1 , r_2) з амплітудами $U(r_1)$, $U(r_2)$ розглядається як ступінь взаємної поляризації $V^2(r_1, r_2)$:

$$V^2(r_1, r_2) = \frac{(U_x(r_1)U_x(r_2) - U_y(r_1)U_y(r_2))^2 + 4U_x(r_1)U_y(r_2)U_x(r_2)U_y(r_1)\exp(i(\delta_2(r_2) - \delta_1(r_1)))}{(U_x^2(r_1) + U_y^2(r_1))(U_x^2(r_2) + U_y^2(r_2))}$$

де U_x, U_y – ортогональні компоненти U , δ – це фазові зсуви між U_x, U_y .

$$\delta(r_1) = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_1)}{\operatorname{tg} \alpha(r_1)} \right]; \delta(r_2) = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_2)}{\operatorname{tg} \alpha(r_2)} \right]$$

де α, β – азимут і еліптичність поляризації.**Мета дослідження**

Дослідити діагностичні можливості 2D-розподілів ступеня взаємної поляризації зображень м'язової тканини міокарда для доклінічної діагностики дегенеративно-дистрофічних змін її структури.

Матеріал і методи

Об'єктом дослідження виступали “оптично тонкі” (коефіцієнт ослаблення $\tau \leq 0.1$) гістологічні зрізи фізіологічно нормальної та дистрофічно зміненої м'язової тканини міокарда. Методика заморожування тонких шарів біологічних тканин до “азотних” температур забезпечувала практично повну ідентичність їх морфологічної структури *in vivo* та *in vitro*.

Морфологічна архітектонічна структура м'язової тканини формується квазівпорядкованими пучками двопронезаломлюючих міозинових фібрил та волокон із показником двопронезаломлення $\Delta n = 1.5 \times 10^{-3}$ [3].

Ранні (доклінічні) дегенеративно-дистрофічні зміни м'язової тканини морфологічно проявляються при незмінному рівні двопронезаломлення у разорієнтовуванні міозинових фібрил та волокон у межах моноорієнтованих пучків м'язової тканини.

Рис. 1 демонструє оптичну схему вимірювання сукупності координатних розподілів інтенсивностей зображення біологічних тканин.

Освітлювання проводилося колімованим пучком ($\varnothing = 10^4$ мкм) He-Ne лазера ($\lambda = 0.6328$ мкм) 1. Поляризаційний освітлювач складався з чвертьхвильової пластини 3, 5 і поляризатора 4. Поляризаційні зображення біологічних тканин з допомогою мікрооб'єктива 7 проектувалася в площину світлочутливої площадки (800x600) CCD камери 10, яка забезпечувала діапазон вимірювань структурних елементів біологічних тканин таких масштабів 2 мкм - 2000 мкм.

Розраховується поляризаційна мапа зображення біологічної тканини, використовуючи координатні розподіли азимутів та еліптичностей [2]:

$$\alpha \begin{pmatrix} r_{11} \dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1} \dots r_{nm} \end{pmatrix} = \Theta(I(r) \equiv I_{\min}) - \frac{\pi}{2};$$

$$\beta \begin{pmatrix} r_{11} \dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1} \dots r_{nm} \end{pmatrix} = \arctg \frac{I(r)_{\min}}{I(r)_{\max}},$$

$$\text{Де } \begin{pmatrix} r_{11} \dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1} \dots r_{nm} \end{pmatrix} -$$

- координати сукупності $m \times n$ пікселів цифрової камери 10; $I(r)$ - координатний розподіл інтенсивності зображення біотканини, виміряний CCD камерою 10 (без аналізатора 9); $I^{(0)}(r)$; $I^{(90)}(r)$ - множини інтенсивностей, що вимірюють при аналізаторі, площину пропускання якого орієнтують під кутами $\varnothing = 0^\circ$, $\varnothing = 90^\circ$; $I^{\min}(r)$; - множини мінімальної та максимальної інтенсивності, що

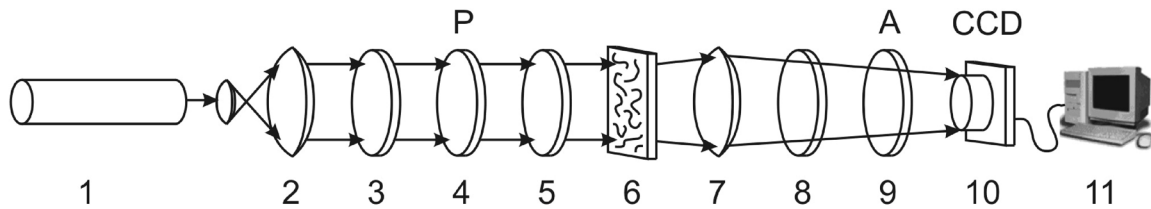
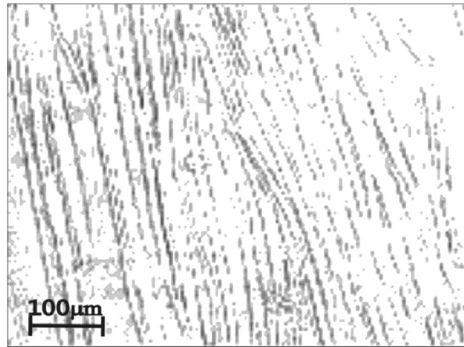
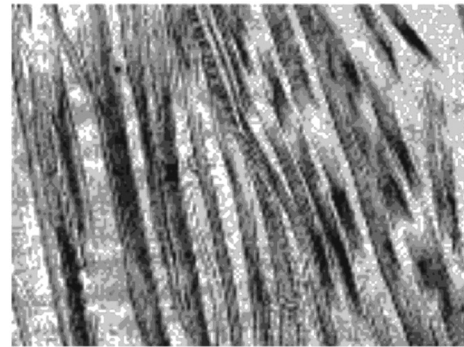


Рис. 1. Оптична схема вимірювання 2DS, де 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3, 5, 8 – чвертьхвильові платівки; 4, 9 – поляризатор та аналізатор відповідно; 6 – об’єкт дослідження; 7 – мікрооб’єктив; 10 – CCD камера; 11 – персональний комп’ютер

$2D[V^2(\Delta r)]$

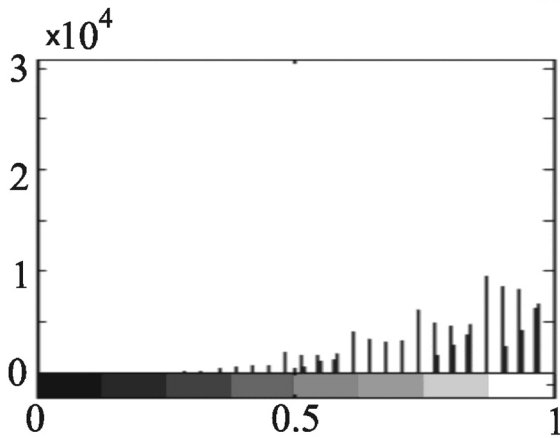


(а)

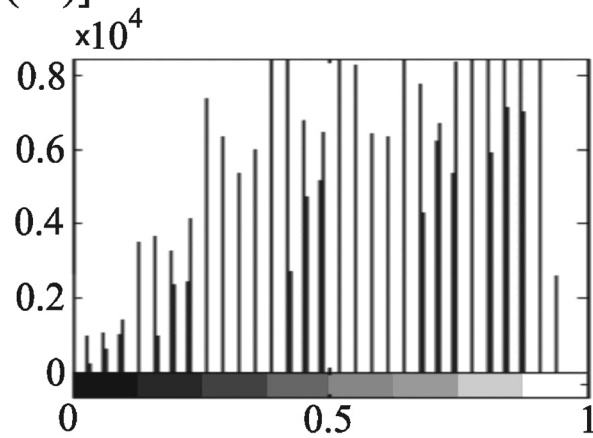


(б)

$W[V^2(\Delta r)]$



(в)



(г)

Рис. 2. Координатна структура (а, б) і гістограми розподілу (в, г) значень ступеня взаємної поляризації лазерних зображень здорової (а, в) і патологічної (б, г) м’язової тканини міокарду

визначають обертянням площини пропускання аналізатора на кут \varnothing в межах $\varnothing = 0^0 - 180^0$.

Далі розраховуються координатні розподіли фазових зсувів $d(r)$ та ступінь взаємної поляризації зображень біологічної тканини:

$$V^2(r_{n,m+k}, r_{n,m}) = \frac{\left((I^{(0)}(r_{n,m+k})I^{(0)}(r_{n,m}))^{\frac{1}{2}} - (I^{(90)}(r_{n,m+k})I^{(90)}(r_{n,m}))^{\frac{1}{2}} \right)^2}{I(r_{n,m+k})I(r_{n,m})} + \frac{4(I^{(0)}(r_{n,m+k})I^{(90)}(r_{n,m+k})I^{(0)}(r_{n,m})I^{(90)}(r_{n,m}))^{\frac{1}{2}} \cos(\delta_{n,m+k}(r_{n,m+k}) - \delta_{n,m}(r_{n,m}))}{I(r_{n,m+k})I(r_{n,m})}$$

Обговорення результатів дослідження

На рисунку 2 представлені координатні розподіли значень ступеня взаємної поляризації та гістограми їх розподілу, визначені з кроком дискретизації $\Delta r = 1$ піксель для лазерних зображень фізіологічно нормальної та дегенеративно-дистрофічно зміненої м’язової тканини.

Аналіз одержаної інформації виявив, що розподіли $2D[V^2(\Delta r_i)]$ зображень зразків здорової біологічної тканини сформовані переважно ділянками з максимально скорельованим станом поляризації $V^2(\Delta r_i) \rightarrow 1$ (рис. 2 а). На це вказує го-

ловний екстремум відповідних гістограм $W [V^2 (\Delta\gamma)]$ (рис. 2 в). Координатні розподіли ступеня взаємної поляризації зображень дегенеративно-дистрофічно змінених зразків біологічних тканин сформовані областями, для яких значення ступеня взаємної поляризації змінюються в широких межах ($0 \leq V^2 (\Delta\gamma) \leq 1$) (рис. 2 б). Відповідні їм гістограми $W [V^2 (\Delta\gamma)]$ характеризуються великою кількістю екстремумів і близькі до рівномірних (рис. 2 г).

Зміни координатних розподілів ступеня взаємної поляризації лазерних зображень біологічних тканин різного фізіологічного стану характеризують статистичні моменти 1-4 порядків, наведені в таблиці.

Таблиця

Статистичні моменти 1-4-го порядків координатних розподілів ступеня взаємної поляризації лазерних зображень м'язової тканини міокарда

М'язова тканина (37 зразків)			
Норма		Дистрофічно змінена	
$M_{V^2}^*$	$0.18 \pm 4\%$	M_{V^2}	$0.96 \pm 11\%$
$\sigma_{V^2}^*$	$0.11 \pm 6\%$	σ_{V^2}	$0.67 \pm 17\%$
$A_{V^2}^*$	$67.4 \pm 11\%$	A_{V^2}	$189.7 \pm 19\%$
$E_{V^2}^*$	$32.2 \pm 15\%$	E_{V^2}	$51.3 \pm 23\%$

Примітка. М – середнє, D – дисперсія, А – коефіцієнт асиметрії, Е – коефіцієнт ексцесу

Порівняльний аналіз статистичних моментів 1-4-го порядків розподілів значень $V^2 (\Delta\gamma)$ лазерних зображень фізіологічно нормальної та патологічно зміненої м'язової тканини демонструє наступне:

$$M_{V^2} \geq M_{V^2}^* ; \sigma_{V^2} \geq \sigma_{V^2}^* ; A_{V^2} \geq A_{V^2}^* ; E_{V^2} \geq E_{V^2}^*$$

Зміна орієнтаційної структури архітектоники дистрофічної м'язової тканини найбільш виразно виявляється в збільшенні (у 3-4 рази) асиметрії координатного розподілу ступеня взаємної поляризації відповідного лазерного зображення.

Висновок

Статистичний аналіз координатних розподілів ступеня взаємної поляризації лазерних зображень м'язової тканини міокарду виявив ефективність діагностичного використання для доклінічної діагностики дегенеративно-дистрофічних змін її структури. Найбільш чутливими до зміни орієнтацій оптичних осей двопронезаломлюючих фібрил є асиметрія розподілу ступеня взаємної поляризації, її значення, що характеризують зображення патологічно змінених тканин, відрізняються від значень, що характеризують зображення здорових тканин, у декілька разів.

Перспективи подальших досліджень

Розглянуті “граничні” випадки трансформації будови оптично анізотропних фібрил на прикладі м'язової тканини повною мірою не охоплюють все різноманіття архітектонічних структур біологічних тканин інших типів, що об'єктивно потребує розширення (варіації) величини інтервалів дискретизації $\Delta\gamma$.

Література. 1. Ellis J. Complex degree of mutual polarization / J.Ellis, A.Dogariu / Opt.Lett. – 2004. – Vol.29. – P.536-538. Wolf E. Correlation-induced changes in the degree of polarization, the degree of coherence, and the spectrum of random electromagnetic beams on propagation / E.Wolf / Opt. Lett. – 2003. – Vol.28. – P.1078-1080. Mueller matrices mapping of biological tissue architectonics / A.G. Ushenko, V.P. Pishak, O.V. Pishak, S.B. Yermolenko and others // Proc. SPIE. – 2004. – Vol. 5477. – P. 422-429.

СТЕПЕНЬ ВЗАИМНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МИОКАРДА

Е.Г. Махрова

Резюме. Исследование степени взаимной поляризации лазерных изображений биологических тканей можно использовать для диагностики ориентационного строения дволучепреломляющих структур их физиологически нормальных и патологически измененных архитектурных сеток.

Ключевые слова: степень взаимной поляризации, мышечная ткань миокарда.

DEGREE OF MUTUAL POLARIZATION OF MYOCARDIUM TISSUE LASER IMAGES

Ye. G. Makhrova

Purpose. Degree of mutual polarization of laser images of biological tissues can be used to diagnose the orientational birefringent structure of their physiologically normal and pathologically changed architectonic nets.

Design/approach. The study objects were “optically thin” histological sections of physiologically normal and dystrophic changed muscle myocardium tissue. For the analysis of polarization-inhomogeneous fields an approach, proposed by Dohariu, in which the correlation between the states of polarization (α, β) of the object field in different points (r_1, r_2) with the amplitudes $U(r_1), U(r_2)$ is considered as the degree of mutual polarization $V^2(r_1, r_2)$. Change of coordinate distributions of degree of mutual polarization of laser images of biological tissues of different physiological state are characterized by statistical moments of 1-4 orders.

Conclusion. Statistical analysis of coordinate distributions of degree of mutual polarization of laser images of muscle myocardium tissue showed the effectiveness of diagnostic use for preclinical diagnosis of degenerative changes in its structure. Most sensitive to changes in orientation of the birefringent fibrils optical axes are asymmetry of distribution of the degree of mutual polarization, its values that characterize abnormal tissue images differ from the values that characterize healthy tissue images in several times.

Key words: degree of mutual polarization, myocardium tissue.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi)

Theatral Sq.,2

Chernivtsi,

UA-58002

Ukraine

Cell phone: +38(095)1585877, Phone: (+380372)52-45-44,

(+380372)52-35-63

Clin. and experim. pathol. - 2013. - Vol.12, №1 (43). - P.109-111.

Надійшла до редакції 07.02.2013

Рецензент – проф. В. Т. Бачинський

© Е. Г. Махрова, 2013