

© В. Т. Бачинський, 2008
УДК 616-091.8:612.013-073

СТАТИСТИЧНИЙ СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛАЗЕРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ГЕМАТОМ ВНУТРІШНІХ ОРГАНІВ ЛЮДИНИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ДАВНОСТІ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

Доц. В. Т. Бачинський

Характеристика патологічних змін при виникненні ушкоджень внутрішніх органів та часу утворення гематом залишаються нез'ясованими. Використання спектрального аналізу лазерних зображень дозволяє діагностувати, провести моніторинг та розширити можливості по визначенню часу змін оптичних властивостей гематом.

STATISTICAL SPECTRAL ANALYSIS OF LASER IMAGES OF HEMATOMAS OF HUMAN INTERNAL ORGANS IN ORDER TO ESTABLISH THE PRESCRIPTION OF THEIR ORIGIN

V. T. Bachinskiy

A characteristic of pathological changes after the onset of injuries of the internal organs and the time of the formation of hematomas remain obscure. The application of a spectral analysis of laser images enable to diagnose, carry out monitoring and broaden potentialities to determine the time of changes of the optical properties of hematomas.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

В основу діагностики в даній роботі покладено метод спектральної лазерної поляриметрії, що базується на визначенні набору статистичних моментів розподілів еліптичності поляризації мікроскопічних зображень зразків гематом внутрішніх органів людини.

Мета роботи — пошук можливостей високо-точного встановлення часу виникнення гематоми людини при її незначній давності.

Матеріали та методи

Проаналізуємо процес формування поляризаційної структури лазерного зображення оптико-анізотропної складової біологічної тканини в різних спектральних діапазонах [1–5].

Нехай такий біологічний об'єкт (рис.1) опромінює еліптично поляризована лазерна хвиля з довжиною λ .

Процес перетворення об'єктом стану поляризації лазерного випромінювання описується наступним матричним рівнянням:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ \cos 2\alpha \cos 2\beta \\ \sin 2\alpha \cos 2\beta \\ \sin 2\beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ 0 & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ 0 & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ \cos 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 \\ \sin 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 \\ \sin 2\beta_0 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Розв'язок рівняння (1) дає наступні співвідношення для значень азимута α і еліптичності β

поляризації, перетвореного біологічним об'єктом випромінювання:

$$\alpha = 0,5 \arctg \left(\frac{M_{32} \cos 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 + M_{33} \sin 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 + M_{34} \sin 2\beta_0}{M_{22} \cos 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 + M_{23} \sin 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 + M_{24} \sin 2\beta_0} \right); \quad (2)$$

$$\beta = 0,5 \arcsin (M_{42} \cos 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 + M_{43} \sin 2\alpha_0 \cos 2\beta_0 + M_{44} \sin 2\beta_0). \quad (3)$$

Результати та їх обговорення

Як об'єкти експериментального дослідження були обрані групи зразків гематом людини, що характеризувалися наступними особливостями:

- гематоми нирки — група А;
- гематоми печінки — група Б;

- гематоми тканини скелетного м'яза — група В.
- На рис. 2 наведена схема двохвильового (λ_1, λ_2) вимірювання двовимірних розподілів інтенсивності лазерних зображень гістологічних гематом трупа людини.

Освітлення зразків 10 гематом органів людини

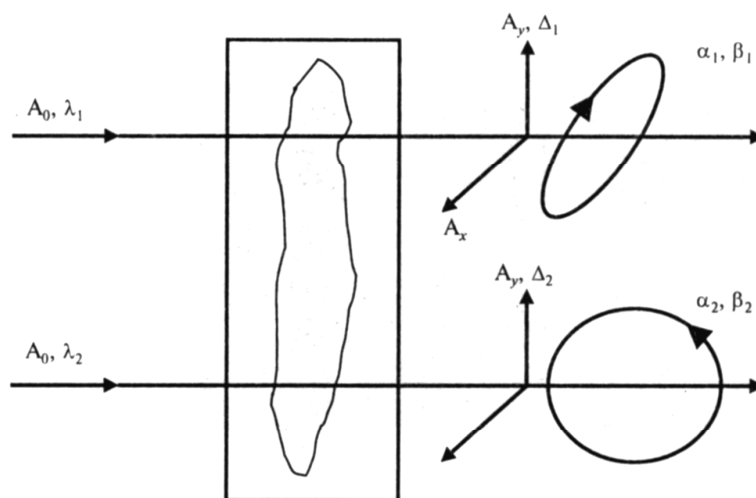


Рис. 1. До аналізу формування поляризаційної структури спектральних лазерних зображень біологічного об'єкту: Δ_1, Δ_2 — фазові зсуви між ортогональними компонентами (A_x, A_y) поляризації лазерних хвиль з довжинами λ_1, λ_2 ; α_1, α_2 і β_1, β_2 — значення азимутів і еліптичностей поляризації в точках спектральних зображень

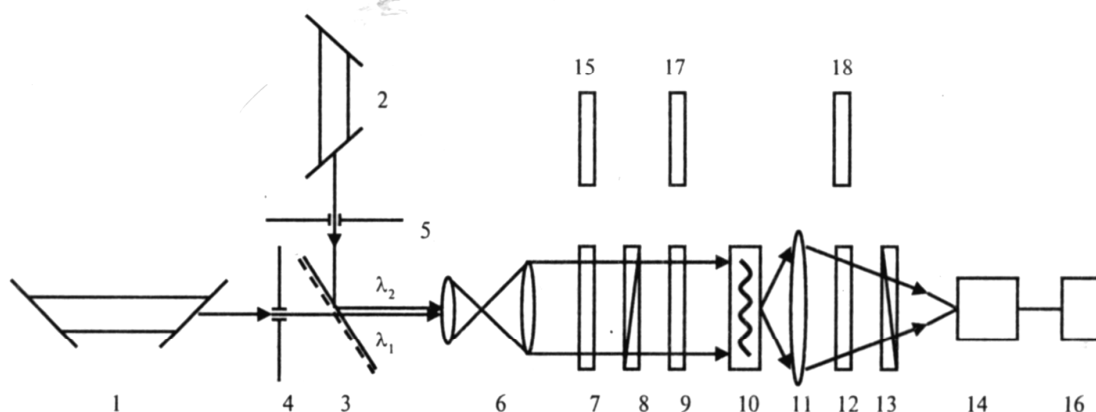


Рис. 2. Оптична схема експерименту

проводилося паралельними пучками He-Ne лазера 1 ($\lambda_1 = 0,633 \mu m, W = 10,0$ мВт) і He-Cd лазера 2 ($\lambda_2 = 0,414 \mu m, W = 10,0$ мВт). Пучки лазерів 1 і 2 послідовно спрямовувалися на світлоподільник 3, який задавав орієнтацію розповсюдження в напрямку коліматора 6, що формував паралельний пучок променів ($\varnothing = 10^2 \mu m$). Черговість освітлення визначалась шляхом перекриття оптичної траси механічними діафрагмами 4 і 5.

Поляризаційний освітлювач для кожної довжини хвилі складався з пластинок $\lambda_1/4$ (7; 15), $\lambda_2/4$ (9; 17) і поляризатора 8 і формував лінійно поляризовані лазерні пучки.

Поляризаційні зображення зразків гематом органів людини за допомогою мікроб'єктиву 11 проектувалися в площину світлочутливої площини (800x600 пікселів) CCD-камери 14, яка забезпечувала діапазон вимірювання структурних елементів біологічної тканини для наступних розмірів $2 \mu m - 2000 \mu m$.

На рис. 3 приведені двовимірні розподіли значень еліптичності поляризації лазерних зображень

гематом А («а»), Б («б»), В («в») типів.

Порівняльний аналіз одержаних експериментальних даних про розподіли еліптичності поляризації зразків гематом органів людини в різних спектральних діапазонах виявив суттєві відмінності між ними. По мірі протікання часу після їх утворення значно зростає рівень випадкових значень еліптичності поляризації, що обумовлено процесами полімеризації фібрил фібрину.

Більш детально відмінності між координатною будовою двовимірних розподілів еліптичності поляризації описують дані про діапазони зміни значень набору статичних моментів $Z_{\Delta}^{(q)}$, які визначалися в межах зразків А, Б, В типів (табл. 1—3).

Висновки

Проведене порівняльне дослідження залежностей координатної структури значень еліптичності зображень сукупності зразків гематом тканин внутрішніх органів людини виявило високу ефективність у визначенні часу їх виникнення. При цьому найбільш точні і діагностично достовірні значення

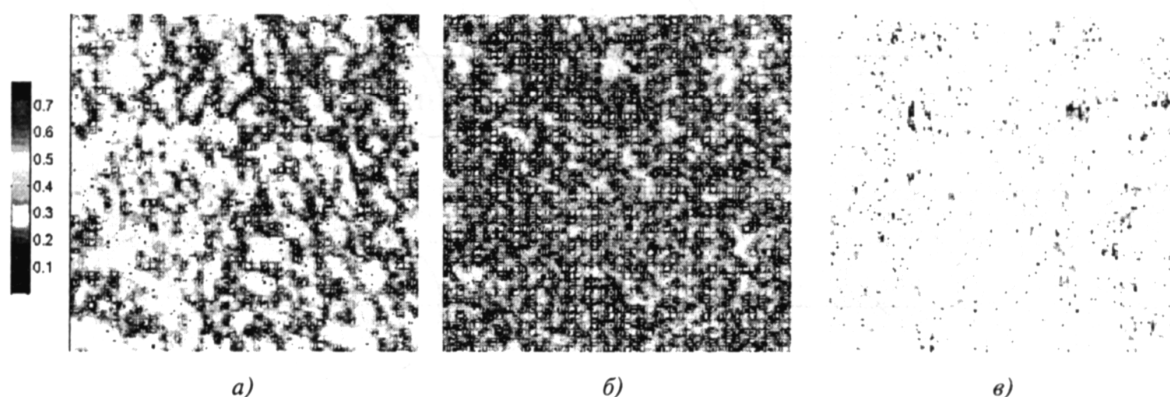


Рис. 3. Поляризаційна структура лазерних зображень гематом органів людини

Таблиця 1. Статистичні моменти 1—4-го порядків розподілів еліптичності зображення гематоми нирки

$\Delta Z^{(k)}$	1 год		3 год		6 год	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
$\Delta Z^{(1)}$	0,21±9%	0,33±7%	0,28±5%	0,42±8%	0,36±14%	0,57±9%
$\Delta Z^{(2)}$	0,35±8%	0,33±9%	0,27±9%	0,23±7%	0,18±7%	0,12±5%
$\Delta Z^{(3)}$	16,3±15%	17,8±11%	11,6±8%	12,4±5%	3,9±7%	5,6±8%
$\Delta Z^{(4)}$	41,6±9%	52,6±7%	38,1±7%	46,3±9%	4,4±13%	9,8±11%

Таблиця 2. Статистичні моменти 1—4-го порядків розподілів еліптичності зображення гематоми печінки

$\Delta Z^{(k)}$	1 год		3 год		6 год	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
$\Delta Z^{(1)}$	0,27±8%	0,37±6%	0,32±4%	0,46±7%	0,39±11%	0,59±8%
$\Delta Z^{(2)}$	0,31±7%	0,29±8%	0,23±6%	0,19±5%	0,14±7%	0,11±3%
$\Delta Z^{(3)}$	13,3±15%	15,8±11%	9,6±8%	11,4±5%	5,9±6%	7,6±6%
$\Delta Z^{(4)}$	43,6±4%	56,6±8%	41,1±7%	49,3±9%	8,4±8%	11,8±9%

Таблиця 3. Статистичні моменти 1—4-го порядків розподілів еліптичності зображення гематоми тканини скелетного м'язу

$\Delta Z^{(k)}$	1 год		3 год		6 год	
	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2	λ_1	λ_2
$\Delta Z^{(1)}$	0,61±9%	0,73±7%	0,43±5%	0,52±8%	0,26±14%	0,47±9%
$\Delta Z^{(2)}$	0,45±8%	0,53±9%	0,37±9%	0,43±7%	0,28±7%	0,42±5%
$\Delta Z^{(3)}$	9,3±15%	11,8±8%	3,6±8%	5,4±5%	2,9±7%	4,6±8%
$\Delta Z^{(4)}$	26,6±9%	38,6±7%	22,1±7%	29,3±9%	7,4±13%	11,8±7%

часу формування гематом несуть статистичні моменти вищих порядків (асиметрія $Z_{\Delta}^{(3)}$ і ексцес $Z_{\Delta}^{(4)}$) розподілів еліптичності (табл. 4).

Таблиця 4. Точність визначення давності настання смерті статистичним методом

$\Delta Z^{(k)}$	T^*
$\Delta Z^{(1)}$	±2,5 год
$\Delta Z^{(2)}$	±2 год
$\Delta Z^{(3)}$	±1—1,5 год
$\Delta Z^{(4)}$	±0,5 год

Перспективність роботи полягає в можливості вивчення взаємозв'язку деполаризації лазерного випромінювання гематомами людини з метою розширення діапазону визначення давності та підвищення точності визначення діагностики давності їх виникнення.

Література

- Максимова И. Л., Татаринцев С. Н., Шубочкин Л. П. Эффекты многократного рассеяния в биообъектах при лазерной диагностике // Опт. спектр. — 1992. — Т. 72. — С. 1171—1177.
- Тучин В. В. Лазеры и волоконная техника в биомеди-

- цинских исследованиях. — Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1998. — 384 с.
3. Bronk B.V., van de Merwe W.P., Stanley M. In vivo measure of average bacterial cell size from a polarized light scattering function // Cytometry. — 1992. — Vol. 13. — P. 155—162.
 4. Letokhov V.S. Laser biology and medicine // Nature. — 1985. — Vol. 316. — P. 325—328.
 5. Ushenko A.G. Polarization structure of scattering laser fields // Optical Engineering. — 1995. — Vol. 34, № 4. — P. 1088—1093.