

© О.Я. Ванчуляк, 2013

УДК 616.12-005.4-073.55

О.Я. ВАНЧУЛЯК

*Буковинський державний медичний університет, кафедра судової медицини та медичного правознавства, Чернівці***ДІАГНОСТИЧНІ МОЖЛИВОСТІ МЕТОДУ СТАТИСТИЧНОГО МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ГОСТРОЇ КОРОНАРНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ**

З'ясування причин смерті в практиці судово-медичного експерта є одним із найбільш частих завдань. При гострій коронарній недостатності з'ясування причин смерті залишається складним завданням, коли пройшов короткий період від розвитку ішемії до смерті людини. Це викликає пошук нових методів і модернізації існуючих методів встановлення змін при даній патології.

Ключові слова: гостра коронарна недостатність, лазерна поляриметрія, діагностика

Вступ. Встановлення причини смерті в практиці лікаря судово-медичного експерта є одним з найчастіших завдань, що є достатньо складним та залежить насамперед від рівня теоретичних відомостей про зміни та методів, що дозволяють їх виявити. Так, при гострій коронарній недостатності (ГКН), коли від початку ішемії до смерті людини минуло небагато часу, встановити причину смерті складно. Це зумовлює пошук нових та удосконалення наявних методів встановлення змін при даній патології.

Мета дослідження. Встановити діагностичну ефективність методу статистичного Мюллер-матричного аналізу та зміни лазерних поляриметричних зображень міокарда людей за умов гострої коронарної недостатності.

$$\begin{aligned} Z_{i1} &= 0,5 \left[S_i^{(1)} + S_i^{(1)} \right], \\ Z_{i2} &= 0,5 \left[S_i^{(1)} - S_i^{(1)} \right], \\ Z_{i3} &= S_i^{(3)} - Z_{i1}, \\ Z_{i4} &= S_i^{(4)} - Z_{i1}, i = 1, 2, 3, 4. \end{aligned} \quad (3)$$

Індекси 1 – 4 відповідають таким станам поляризації лазерного пучка: 1 – 0°; 2 – 90°; 3 – +45°; 4 – ⊗ (права циркуляція).

Двовимірний масив “орієнтаційного” Мюллер-матричного елемента $Z_{22}(m \times n)$ сканувався у горизонтальному напрямку $x \equiv 1, \dots, m$ з кроком $\Delta x = 1 \text{ pix}$. У межах кожної локальної вибірки $(1_{\text{pix}} \times n_{\text{pix}})^{(k=1, 2, \dots, m)}$ обчислювалася кількість (N) характеристичних значень $Z_{22}(k) = 0, - (N_0^{(k)})$ і $Z_{22}(k) = 1, - (N_1^{(k)})$ [1].

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження були зрізи міокарда 100 людей, 50 з яких померли внаслідок ГКН, 50 внаслідок ішемічної хвороби серця (ІХС). Дослідження зрізів міокарда здійснено лазерним поляриметром. Інтенсивності право- (I_{\otimes}) і ліво- (I_{\ominus}) циркулярно поляризованих компонент для кожного окремого пікселя CCD – камери визначалися за допомогою обертання осі аналізатора на кути $\pm 45^\circ$ відносно напрямку осі найбільшої швидкості чвертьхвильової пластинки. На цій основі розраховуються координатні $(m \times n)$ розподіли елементів Z_{ik} матриці Мюллера міокарда [2-4].

Таким чином, визначалися залежності $N_0(x) \equiv (N_0^{(1)}, N_0^{(2)}, \dots, N_0^{(m)})$ і $N_1(x) \equiv (N_1^{(1)}, N_1^{(2)}, \dots, N_1^{(m)})$ кількості екстремальних значень фазового матричного елемента Z_{44} у межах його координатного розподілу $(m \times n)$ [5].

Статистичну структуру координатних розподілів $Z_{22}(m \times n)$ і залежності кількості їх екстремальних значень $N_0(x)$ і $N_1(x)$ гістологічного зрізу міокарда характеризує сукупність статистичних моментів $M_{j=1;2;3;4}$, обчислена за співвідношеннями (2) [6].

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(Z_{22}; N_{0;1})_i|; \\
 M_2 &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((Z_{22}; N_{0;1})_i)^2}; \\
 M_3 &= \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((Z_{22}; N_{0;1})_i)^3; \\
 M_4 &= \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((Z_{22}; N_{0;1})_i)^4,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де $N = 800 \times 600$ - повна кількість пікселів CCD-камери.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати експериментальних досліджень координатної $Z_{22}(m \times n)$ і статистичної $h(Z_{22})$ структури

“орієнтаційних” елементів Z_{22} матриці Мюллера міокарда людей подано на рисунку 1. Проте якісне порівняння координатної структури “орієнтаційного” елемента Z_{22} матриці Мюллера міокарда випадків ІХС та ГКН для їх диференціації утруднено.

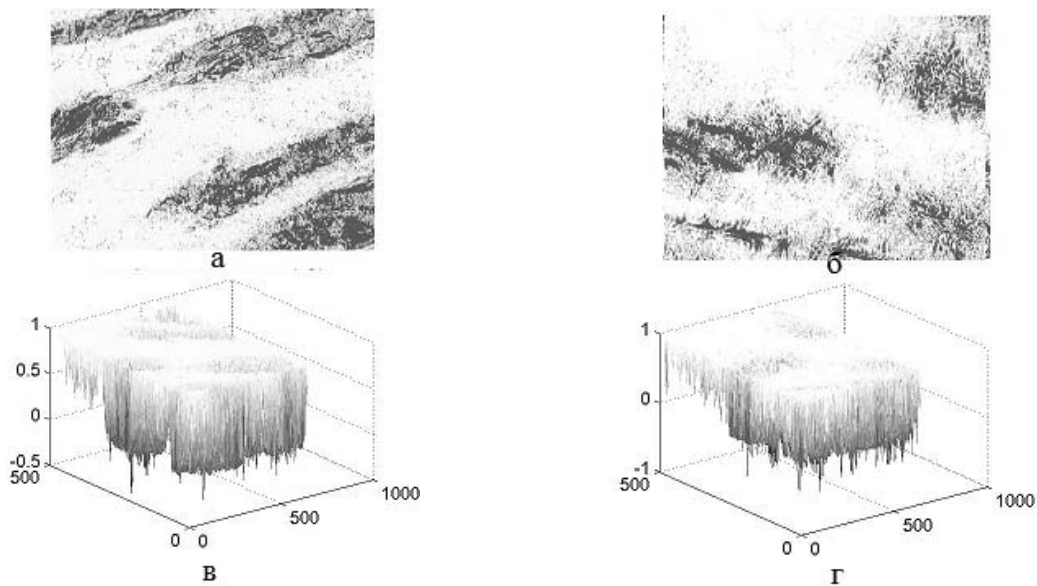


Рис. 1. Лазерне поляриметричне зображення міокарда: а - координатна структура “орієнтаційного” матричного елемента $Z_{22}(m \times n)$ міокарда людини, що померла внаслідок ІХС; б – координатна структура “орієнтаційного” матричного елемента $Z_{22}(m \times n)$ міокарда людини, що померла внаслідок ГКН; в – статистична структура “орієнтаційного” матричного елемента $Z_{22}(m \times n)$ міокарда людини, що померла внаслідок ІХС; г – статистична структура “орієнтаційного” матричного елемента $Z_{22}(m \times n)$ міокарда людини, що померла внаслідок ГКН.

Розподіли $Z_{22}(m \times n)$, що характеризують розподіли напрямів оптичних осей міозинових волокон міокарда координатно неоднорідні і володіють однаковим діапазоном зміни власних значень $-1 \leq Z_{22} \leq 1$. Кількісно структуру розподілів фазо-

вих елементів Z_{22} , визначених для двох груп зразків (ІХС – $q = 29$ і ГКН - $q = 21$) міокарда, ілюструють величини і діапазони зміни значень (співвідношення (2)) статистичних моментів 1–4-го порядків $M_{j=1;2;3;4}(Z_{22})$ (табл. 1).

Таблиця 1

Статистичні моменти 1 – 4-го порядку координатних розподілів $Z_{22}(m \times n)$ тканини міокарда для випадків ішемічної хвороби серця та гострої коронарної недостатності

$M_j(Z_{22})$	Ішемічна хвороба серця	Гостра коронарна недостатність
$M_1(Z_{22})$	0,72±0,086	0,86±0,097
$M_2(Z_{22})$	0,13±0,014	0,11±0,013
$M_3(Z_{22})$	0,24±0,035	0,33±0,036
$M_4(Z_{22})$	0,51±0,063	0,67±0,076

Діапазони зміни значень середнього $M_1(Z_{22})$, дисперсії $M_2(Z_{22})$, асиметрії $M_3(Z_{22})$ та ексцесу $M_4(Z_{22})$ перекриваються для різних груп міокарда з ІХС і ГКН, тому визначення величин і діапазонів зміни значень статистичних моментів 1–4-го порядків $M_{j=1;2;3;4}(Z_{22})$ не ефективно при встановленні та диференціації таких випадків настання смерті.

З метою пошуку більш чутливих діагностичних критеріїв досліджувалася статистична

структура залежностей $N(Z_{22} = 0) \equiv N_0$ і $N(Z_{22} = 1) \equiv N_1$ (рис. 2 та рис. 3).

У результаті досліджень залежностей кількості екстремальних значень $N(Z_{22} = 1) \equiv N_1$ і $N(Z_{22} = 0) \equiv N_0$ виявлена суттєва діагностична чутливість до диференціації випадків настання смерті внаслідок ІХС і ГКН розподілів $N(Z_{22} = 1) \equiv N_1$.

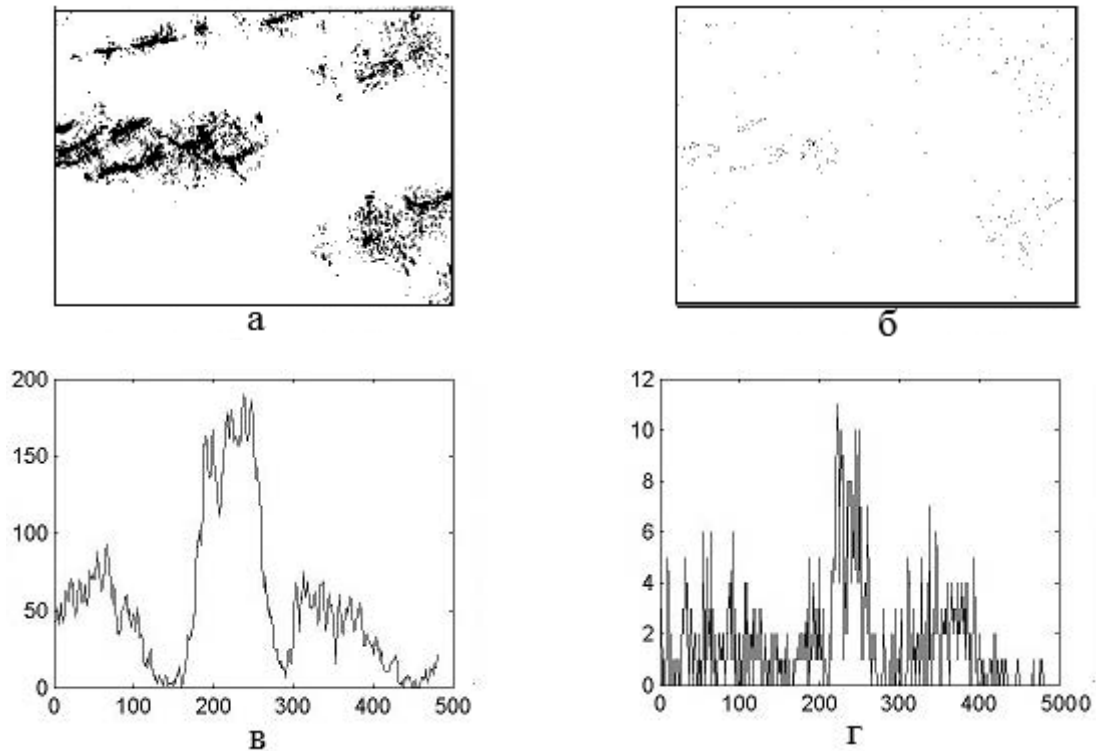


Рис. 2. Структура залежностей $N(Z_{22} = 1) \equiv N_1$ “орієнтаційного” елемента Z_{22} оптико-анізотропної складової тканини міокарда: а - координатна структура при ІХС; б – координатна структура при ГКН; в - кількісна структура при ІХС; г - кількісна структура міокарда при ГКН.

Так, для ГКН має місце зменшення (у 20 разів) кількості екстремальних значень $Z_{22} = 1$ “орієнтаційного” елемента матриці Мюллера тканини міокарда (рис. 2в та рис. 3г), отже наявна суттєва дезорієнтація напрямів оптичних осей оптико-анізотропних міозинових фібрил при ІХС у порівнянні з випадком ГКН.

Досліджено процеси зміни двопронезаломлення міозинових фібрил міокарда на різних екстремальних рівнях: сукупність статистичних моментів $M_{j=1;2;3;4}(N_{0;1})$ наведено в таблиці 2.

Встановлені такі діапазони відмінностей між статистичними параметрами щодо розподілів $Z_{22}(m \times n) = 0$, що характеризують оптично-анізотропну складову міокарда з ГКН та ІХС, середнє $M_1(N_0)$ (зменшення у 7,8 разу); дисперсія $M_2(N_1)$ (збільшення у 2,3 разу); асиметрія $M_3(N_0)$ (збільшення у 8,9 разу) і ексцес $M_4(N_0)$ (збільшення у 18 разів).

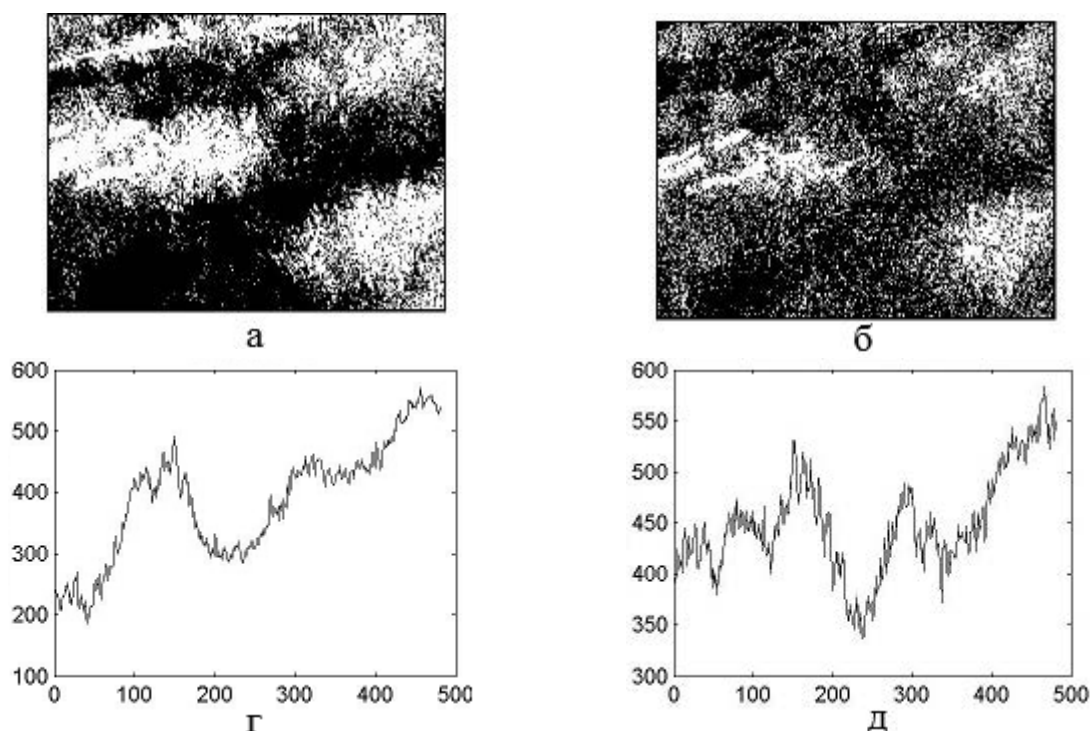


Рис. 3. Структура залежностей $N(Z_{22} = 0) \equiv N_0$ "орієнтаційного" елемента Z_{22} оптико-анізотропної складової тканини міокарда: а – координатна структура при ІХС; б – координатна структура при ГКН; в – кількісна структура при ІХС; г – кількісна структура міокарда при ГКН.

Таблиця 2

Статистичні моменти 1 – 4-го порядків розподілів $N_0(x)$ і $N_1(x)$ екстремальних значень "орієнтаційного" елемента Z_{22} матриці Мюллера тканини міокарда з ІХС та ГКН

$M_j(N_0)$	Ішемічна хвороба серця	Гостра коронарна недостатність
$M_1(N_0)$	$0,61 \pm 0,066$	$0,08 \pm 0,0098$
$M_2(N_0)$	$0,14 \pm 0,017$	$0,32 \pm 0,035$
$M_3(N_0)$	$0,65 \pm 0,76$	$5,74 \pm 0,82$
$M_4(N_0)$	$0,42 \pm 0,057$	$7,45 \pm 0,92$
$M_j(N_1)$	Ішемічна хвороба серця	Гостра коронарна недостатність
$M_1(N_1)$	$0,53 \pm 0,086$	$0,56 \pm 0,067$
$M_2(N_1)$	$0,15 \pm 0,024$	$0,17 \pm 0,029$
$M_3(N_1)$	$0,68 \pm 0,079$	$0,79 \pm 0,086$
$M_4(N_1)$	$0,74 \pm 0,088$	$0,83 \pm 0,095$

Висновки. Встановлення статистичної структури розподілів кількості екстремальних значень "орієнтаційного" елемента Z_{22} матриці Мюллера тканини міокарда дозволяє не тільки встановлювати причину настання смерті внаслідок гострої ко-

ронарної недостатності, але й проводити діагностику з іншими нозологічними одинцями.

Найбільш інформативними виявилися статистичні моменти 2 – 4-го порядків розподілів $N_0(x)$ екстремальних значень Мюллер-матричного елемента $Z_{22}(m \times n) = 0$ тканини міокарда.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Angelsky O.V. Complex degree of mutual polarization of biological tissue coherent images for the diagnostics of their physiological state / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Ye.G. Ushenko // J. Biomed. Opt. — 2005. — Vol. 10(6). — P. 060502.

2. Investigation of 2D Mueller matrix structure of biological tissues for preclinical diagnostics of their pathological states / O.V. Angelsky, Yu.Ya. Tomka, A.G. Ushenko [at all.] // *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 2005. — Vol. 38(23). — P. 4227—4235.
3. Polarization-Phase Visualization and Processing of Coherent Images of Fractal Structures of Biotissues / O.V. Angel'skii, A.G. Ushenko, A.D. Arheluk [at all.] // *Journal of Applied Spectroscopy*. — 2000. — Vol. 67(5). — P. 919—923.
4. Statistical and Fractal Structure of Biological Tissue Mueller Matrix Images / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu. A. Ushenko, V. P. Pishak // *Optical Correlation Techniques and Applications*, O.V. Angelsky, Ed. Washington: Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. — 2007. — P. 213—266.
5. Statistical, Correlation, and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues / O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko [at all.] // in *Handbook of Photonics for Biomedical Science*. — USA: CRC Press, 2010. — P. 21—67.
6. Ushenko A. G. The Vector Structure of Laser Biospeckle Fields and Polarization Diagnostics of Collagen Skin Structures / A. G. Ushenko // *Laser Physics*. — 2000. — Vol. 10(5). — P. 1143—1149.

O.Ya. WANCHULIAK

Bukovinian State Medical University, department of forensic medicine and medical law, Chernivtsi

DIAGNOSTIC CAPABILITIES OF THE METHOD OF THE STATISTICAL MULLER-MATRIX ANALYSIS WITH A VIEW OF DIAGNOSING ACUTE CORONARY INSUFFICIENCY

Ascertaining the cause of death in the practice of a forensic medical examiner is one of the most frequent tasks that is rather complicated and depends, first of all, on the level of theoretical information as to changes and methods, enabling to reveal them. Thus, a case of acute coronary insufficiency (ACI) ascertaining the cause of death remains a complicated task when a short period of time has elapsed from the incipience of ischemia till a person's death. This calls forth a search of new methods and upgrading the available methods of establishing changes with this particular pathology.

Key words: acute coronary insufficiency, laser polarimetry, diagnostics

Стаття надійшла до редакції: 10.09.2013