

ДИФЕРЕНЦІЙНА ДІАГНОСТИКА ДАВНОСТІ УТВОРЕННЯ УШКОДЖЕНЬ МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ МІКРОСКОПІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ ОРГАНІВ ЛЮДИНИ

Литвиненко О.Ю.¹, Ванчуляк О.Я.¹, Солтис І.В.², Михайлова О.Ю.², Мотрич А.В.²

¹Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

²Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, м. Чернівці, Україна

Резюме. У статті представлені результати експериментальної апробації методик азимутально-інваріантного поляризаційного картографування мікроскопічних зображень зразків гістологічних зрізів міокарда та легеневої тканини; часового моніторингу зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли значень азимута й еліптичності поляризації мікроскопічних зображень зразків міокарда та легеневої тканини з різною давністю ушкодження; визначення діагностичної ефективності (часовий інтервал і точність) встановлення давності ушкодження внутрішніх органів людини цифровими гістологічними методами картографування мап азимута й еліптичності поляризації мікроскопічних зображень.

Мета роботи. Розроблення й апробація нових методик одержання мікроскопічних зображень, виявлення їхніх діагностичної ефективності та точності об'єктивного статистичного аналізу поляризаційних мап мікроскопічних зображень гістологічних зрізів тканин різних типів ушкоджених внутрішніх органів людини.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження були гістології зразків внутрішніх органів людини (міокард, легенева тканина) з різною давністю ушкодження від 1 до 120 годин. Для контролю використовували зразки біологічних тканин (БТ) померлих від ішемічної хвороби серця (ІХС) з різною давністю ушкодження від 1 до 120 годин. Дослідження проводили, використовуючи методику цифрового поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів БТ внутрішніх органів людини.

Результати. Виявлені наступні діапазони лінійної зміни варіацій величини статистичних показників поляризаційної цифрової гістології та точність визначення давності ушкодження: мапи азимута поляризації мікроскопічних зображень зі збільшенням $\times 40$ (асиметрія – 12 год, ексцес – 12 год, точність – 55-60 хв), мапи еліптичності поляризації мікроскопічних зображень зі збільшенням $\times 40$ (асиметрія – 12 год, ексцес – 12 год, точність – 65-75 хв).

Висновки. Визначені сценарії зміни статистичної структури мап азимута й еліптичності поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів внутрішніх органів людини – зі збільшенням давності ушкодження зменшується величина середнього та дисперсії, асиметрія й ексцес зростають.

Ключові слова: дисперсія, асиметрія, поляризаційно цифрова гістологія, азимут поляризації.

Методика та техніка поляризаційного картографування мікроскопічних зображень біологічних препаратів детально та всебічно представлені в публікаціях наукових шкіл професорів В.Т. Бачинського (Буковинський державний медичний університет) і О.Г. Ушенка (Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича). [1-5]

Одержані результати поляризаційного картографування виявили інформаційні (діагностичні) взаємозв'язки між:

- мапами азимута поляризації та концентрацією оптично активних молекулярних сполук БТ і рідин органів людини;
- мапами еліптичності поляризації та ступенем впорядкованості (кристалізації) фібрилярних мереж біологічних препаратів.

Проте нині в гістологічних дослідженнях визначення давності ушкоджень внутрішніх органів людини зазначені цифрові методи поляризаційної мікроскопії практично відсутні. Крім цього, аналіз мікроскопічних зображень виконується напівякісно шляхом спостереження структури зображення експертом з наступним його суб'єктивним висновком.

Мета роботи. Розроблення й апробація нових методик одержання мікроскопічних зображень, виявлення їхніх діагностичної ефективності та точності об'єктивного статистичного аналізу поляризаційних мап мікроскопічних зображень гістологічних зрізів тканин різних типів ушкоджених внутрішніх органів людини.

Матеріали та методи.

1. Методика цифрового поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів БТ внутрішніх органів людини.

Рис. 1 ілюструє структурно-логічну схему азимутально-інваріантного поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів БТ внутрішніх органів людини.

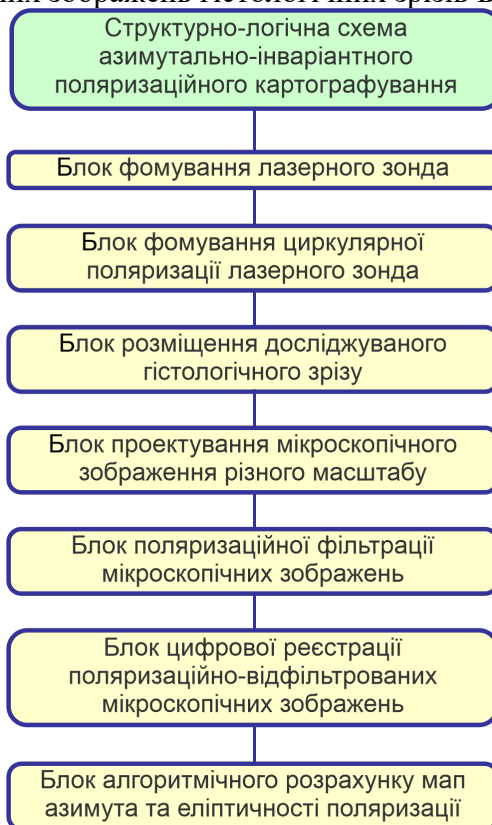


Рис. 1. Структурно-логічна схема азимутально-інваріантного поляризаційного картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин внутрішніх органів людини.

Були сформовані наступні групи (контрольна з померлих від ІХС та дослідні з різною давністю ушкодження) дослідних зразків гістологічних зрізів внутрішніх органів (міокарда та легеневої тканини) людини (табл. 1).

Таблиця 1

Групи дослідних зразків гістологічних зрізів внутрішніх органів (міокарда та легеневої тканини) людини

Внутрішній орган	Групи									
	контрольна	дослідні з різною давністю ушкодження, год								
Міокард	Померлі від ІХС (21)	1	6	12	18	24	48	72	96	120
Легенева тканина		21	21	21	21	21	21	21	21	21

В основу розроблення алгоритму визначення давності утворення ушкоджень внутрішніх

органів людини були покладені результати з визначення давності настання смерті (ДНС), одержані науковою групою під керівництвом професора В.Т. Бачинського (Буковинський державний медичний університет). [1, 4]

Головною парадигмою даних методик є часовий моніторинг зміни статистичних параметрів, що характеризують некротичні зміни морфологічної структури БТ у постмортальному періоді.

Критерієм виявлення інтервалу визначення ДНС є часовий інтервал неперервної лінійної зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли поляризаційних параметрів мікроскопічних зображень зі збільшенням $\times 4$, яке забезпечує аналіз морфологічної структури різноманітних БТ.

Розроблений підхід став базисом нашого узагальнення на випадок встановлення давності ушкодження внутрішніх органів людини на різних оптичних збільшеннях від $\times 4$ до $\times 40$, а також з використанням азимутально-стабільних поляризаційних мап гістологічних зрізів досліджуваних тканин.

Були визначені наступні співвідношення для встановлення давності (часу τ^*) ушкодження внутрішніх органів людини з точністю $\Delta\tau^*$:

$$\tau^* = \left\{ \frac{\left(SM_i^{(1)} - SM_i^{(0)} \right)}{\left(\frac{\tau_2 - \tau_1}{SM_i^{(2)} - SM_i^{(1)}} \right)} \right\},$$

де $SM_i^{(0)}$ – величина статистичного моменту, що обчислена для поляризаційної, Мюллер-матричної або томографічної мапи гістологічного зрізу неушкодженої тканини внутрішнього органа;

τ_1 – час початку вимірювань величини статистичних моментів 1-4-го порядків $SM_i^{(1)}$;

τ_2 – час завершення лінійної зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків $SM_i^{(2)}$;

τ_0 – невідомий час виникнення ушкодження.

Результати дослідження. Результати великомасштабного ($\times 40$) поляризаційного картографування азимута поляризації гістологічних зрізів міокарда та легеневої тканини ілюструє серія фрагментів рис. 2 та рис. 3.

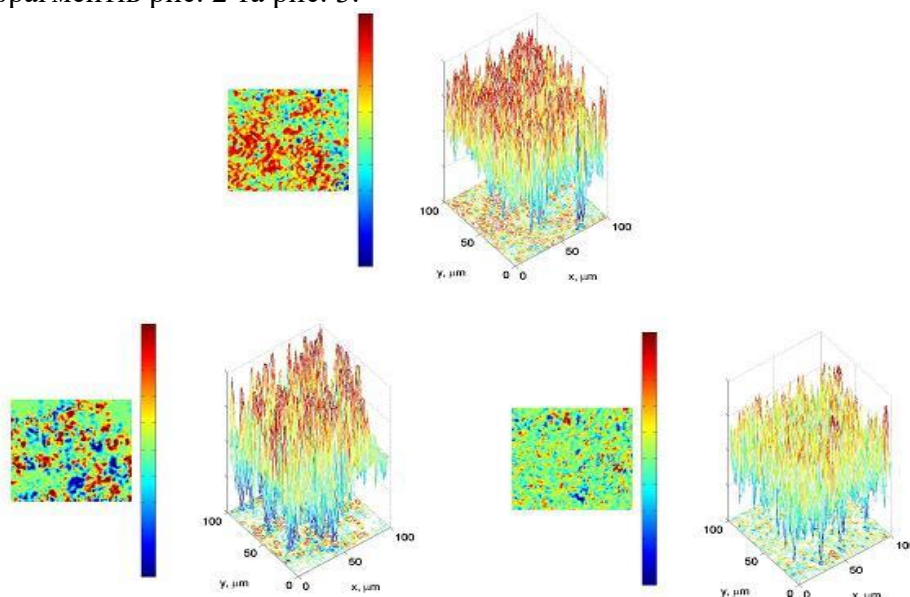


Рис. 2. Мапи ((1)-(3)) та координатні розподіли ((4)-(6)) величини азимута поляризації мікроскопічних зображень ($\times 40$) гістологічних зрізів міокарда померлих з контрольної групи ((1), (4)), дослідних груп з різною давністю ушкодження (6 год – (2), (5); 18 год – (3), (6)).

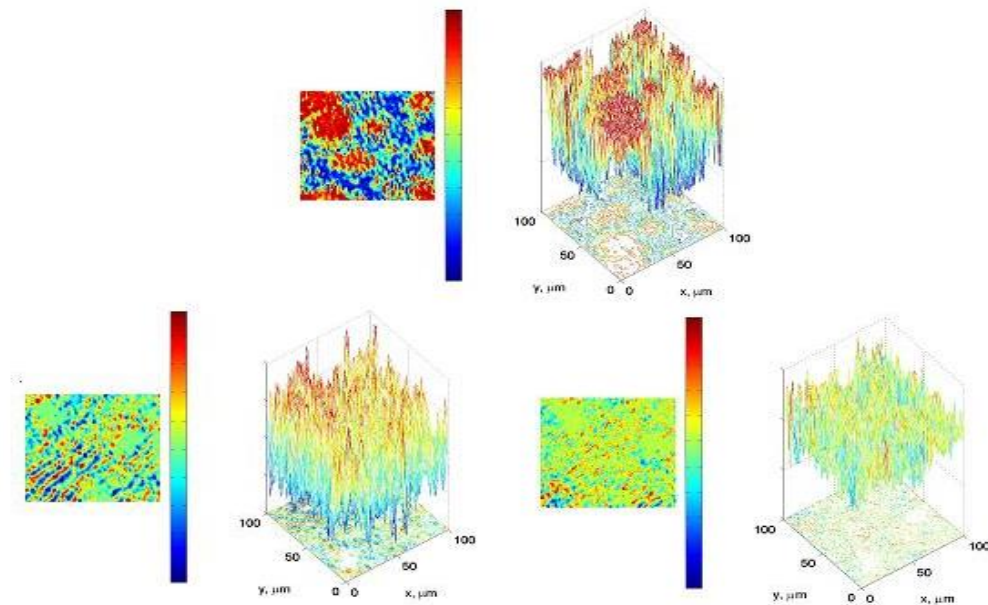


Рис. 3. Мапи ((1)-(3)) і координатні розподіли ((4)-(6)) величини азимута поляризації мікроскопічних зображень ($\times 40$) гістологічних зрізів легеневої тканини померлих з контрольної групи ((1), (4)), дослідних груп з різною давністю ушкодження (6 год – (2), (5); 18 год – (3), (6)).

Кількісно динаміку часової трансформації значень статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли величини азимута поляризації мікроскопічних зображень ($\times 40$) гістологічних зрізів міокарда та легеневої тканини, ілюструють дані, представлені в табл. 2 та 3.

Таблиця 2

Часова динаміка зміни статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли величини азимута поляризації ($\times 40$) гістологічних зрізів міокарда

<i>T</i> , год.	2	4	6	12	18
SM_1	0,52±0,032	0,54±0,033	0,52±0,031	0,51±0,029	0,48±0,028
<i>p</i>	p>0,05				
SM_2	0,46±0,031	0,39±0,028	0,36±0,026	0,35±0,024	0,34±0,025
<i>p</i>	p<0,05		p>0,05		
SM_3	1,45±0,055	1,78±0,061	2,01±0,063	2,37±0,067	2,72±0,069
<i>p</i>	p<0,05				
SM_4	0,94±0,041	1,35±0,58	1,63±0,061	1,87±0,072	2,21±0,099
<i>p</i>	p<0,05				
<i>T</i> , год.	24	30	36	42	48
SM_1	0,46±0,023	0,44±0,022	0,42±0,021	0,43±0,022	0,42±0,021
<i>p</i>	p>0,05				
SM_2	0,38±0,015	0,35±0,013	0,33±0,012	0,34±0,001	0,33±0,012
<i>p</i>	p>0,05				
SM_3	2,74±0,13	2,85±0,14	2,76±0,16	2,79±0,17	2,71±0,16
<i>p</i>	p>0,05				
SM_4	2,22±0,14	2,18±0,16	2,11±0,23	2,19±0,25	2,14±0,21
<i>p</i>	p>0,05				

Аналіз представлених даних виявив діагностичну чутливість дисперсії розкиду значень азимута поляризації (динамічний діапазон 0,07) мікроскопічних зображень ($\times 40$) зразків міокарда на часовому інтервалі до 6 год давності ушкодження.

Водночас спостерігається більший лінійний діапазон величини асиметрії (динамічний

діапазон 1,27) та ексцесу (динамічний діапазон 1,27), що характеризують мапи азимута поляризації великомасштабних мікроскопічних зображень зразків міокарда для ушкоджень з давністю до 18 год.

Таблиця 3

Часова динаміка зміни статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли величини азимута поляризації мікроскопічних зображень ($\times 40$) гістологічних зрізів легеневої тканини

<i>T</i> , год.	2	4	6	12	18
SM_1	0,29 \pm 0,016	0,26 \pm 0,014	0,24 \pm 0,013	0,27 \pm 0,015	0,29 \pm 0,013
<i>P</i>	p>0,05				
SM_2	0,21 \pm 0,011	0,19 \pm 0,009	0,22 \pm 0,013	0,21 \pm 0,0095	0,19 \pm 0,0115
<i>P</i>	p<0,05		p>0,05		
SM_3	0,73 \pm 0,031	0,94 \pm 0,042	1,21 \pm 0,051	1,54 \pm 0,074	2,01 \pm 0,092
<i>P</i>	p<0,05				
SM_4	0,53 \pm 0,023	0,71 \pm 0,35	0,88 \pm 0,042	1,34 \pm 0,064	1,67 \pm 0,073
<i>P</i>	p<0,05				
<i>T</i> , год.	24	30	36	42	48
SM_1	0,24 \pm 0,014	0,21 \pm 0,013	0,19 \pm 0,021	0,23 \pm 0,032	0,21 \pm 0,012
<i>P</i>	p>0,05				
SM_2	0,19 \pm 0,009	0,21 \pm 0,012	0,18 \pm 0,011	0,19 \pm 0,009	0,18 \pm 0,009
<i>P</i>	p>0,05				
SM_3	2,04 \pm 0,105	2,08 \pm 0,125	2,06 \pm 0,16	2,09 \pm 0,14	2,08 \pm 0,13
<i>P</i>	p>0,05				
SM_4	1,78 \pm 0,091	1,81 \pm 0,092	1,83 \pm 0,091	1,79 \pm 0,092	1,83 \pm 0,097
<i>P</i>	p>0,05				

На основі аналізу наведених даних установлені наступні діагностичні статистично достовірні (p<0,05) показники:

- дисперсія розкиду азимута поляризації мікроскопічних зображень ($\times 40$) гістологічних зрізів легеневої тканини, величина якого лінійно змінюється на часовому інтервалі до 6 год (динамічний діапазон 0,09);
- асиметрія (динамічний діапазон 1,26) та ексцес (динамічний діапазон 1,28) характеризуються більшим лінійним діапазоном (до 18 год) і динамікою (до 3 разів) зміни власної величини.

Табл. 4 ілюструє часові інтервали та точність цифрової гістології методами поляризаційного картографування.

Таблиця 4

Часові інтервали та точність методу поляризаційного картографування мап азимута поляризації

Міокард				
Статистичні моменти	Інтервал, год		Точність, хв	
Збільшення	$\times 4$	$\times 40$	$\times 4$	$\times 40$
Середнє	–	–	–	–
Дисперсія	–	–	–	–
Асиметрія	12	18	60	55
Ексцес	12	18	60	55
Легенева тканина				
Статистичні моменти	Інтервал, год		Точність, хв	
Збільшення	$\times 4$	$\times 40$	$\times 4$	$\times 40$

Середнє	–	–	–	–
Дисперсія	–	–	–	–
Асиметрія	12	18	70	60
Ексцес	12	18	70	60

Висновки.

1. Експериментально апробовані азимутально-інваріантні поляризаційні методики цифрової гістології зразків внутрішніх органів людини (міокард, легенева тканина) з різною давністю ушкодження.
2. Визначені сценарії зміни статистичної структури мап азимута й еліптичності поляризації мікроскопічних зображень гістологічних зрізів внутрішніх органів людини – зі збільшенням давності ушкодження зменшується величина середнього та дисперсії, асиметрія й ексцес зростають.
3. Виявлені наступні діапазони лінійної зміни варіацій величини статистичних показників поляризаційної цифрової гістології та точність визначення давності ушкодження:
 - 3.1. мапи азимута поляризації мікроскопічних зображень зі збільшенням $\times 40$:
 - ❖ асиметрія – 12 год;
 - ❖ ексцес – 12 год;
 - ❖ точність – 55-60 хв;
 - 3.2. мапи еліптичності поляризації мікроскопічних зображень зі збільшенням $\times 40$:
 - ❖ асиметрія – 12 год;
 - ❖ ексцес – 12 год;
 - ❖ точність – 65-75 хв.

Фонди. Дане дослідження виконано завдяки підтримці Національного Фонду Досліджень України (Проект 2020.02/0061).

Література

1. Ushenko YuA, Bachynsky VT, Vanchulyak OYa, Dubolazov AV, Garazdyuk MS, Ushenko VA. Jones-matrix mapping of complex degree of mutual anisotropy of birefringent protein networks during the differentiation of myocardium necrotic changes. *Appl Opt.* 2016;55(12):B113-9. doi: <https://doi.org/10.1364/AO.55.00B113>
2. Tuchin VV, editor. *Handbook of Coherent Domain Optical Methods.* Springer US; 2004. Part I, Ushenko AG, Pishak VP, *Laser Polarimetry of Biological Tissues: Principles and Applications*; p. 93-138.
3. Tuchin VV, editor. *Handbook of Photonics for Biomedical Science.* CRC Press; 2010. Angelsky OV, Ushenko A, Ushenko YA, Pishak VP, Peresunko AP, *Statistical, Correlation, and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues*; p. 283-322.
4. Tuchin VV, editor. *Handbook of Coherent-Domain Optical Methods.* 2-nd ed. Springer-Verlag New York; 2013. Ushenko YA, Boychuk TM, Bachynsky VT, Mincer OP, *Diagnostics of Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues: Statistical, Correlation and Topological Approaches*; p. 107-48.
5. Ushenko YuA, Gorskiy MP, Dubolazov AV, Motrich AV, Ushenko VA, Sidor MI. Spatial-frequency Fourier polarimetry of the complex degree of mutual anisotropy of linear and circular birefringence in the diagnostics of oncological changes in morphological structure of biological tissues. *Quantum Electron.* 2012;42(8):727-32. doi: 10.1070/QE2012v042n08ABEH014825
6. Ushenko VA, Gorskiy MP. Complex degree of mutual anisotropy of linear birefringence and optical activity of biological tissues in diagnostics of prostate cancer. *Optics and Spectroscopy.* 2013;115(2):290-7. doi: 10.1134/S0030400X13080171
7. Ushenko YuA, Ushenko VA, Dubolazov AV, Balanetskaya VO, Zabolotna NI. Mueller-matrix diagnostics of optical properties of polycrystalline networks of human blood plasma. *Opt Spectrosc.* 2012;112:884-92.
8. Ushenko YuA, Dubolazov AV, Balanetskaya VO, Karachevtsev AO, Ushenko VA. Wavelet-

References

1. Ushenko YuA, Bachynsky VT, Vanchulyak OYa, Dubolazov AV, Garazdyuk MS, Ushenko VA. Jones-matrix mapping of complex degree of mutual anisotropy of birefringent protein networks during the differentiation of myocardium necrotic changes. *Appl Opt.* 2016;55(12):B113-9. doi: <https://doi.org/10.1364/AO.55.00B113>
2. Tuchin VV, editor. *Handbook of Coherent Domain Optical Methods.* Springer US; 2004. Part I, Ushenko AG, Pishak VP, *Laser Polarimetry of Biological Tissues: Principles and Applications*; p. 93-138.
3. Tuchin VV, editor. *Handbook of Photonics for Biomedical Science.* CRC Press; 2010. Angelsky OV, Ushenko A, Ushenko YA, Pishak VP, Peresunko AP, *Statistical, Correlation, and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues*; p. 283-322.
4. Tuchin VV, editor. *Handbook of Coherent-Domain Optical Methods.* 2-nd ed. Springer-Verlag New York; 2013. Ushenko YA, Boychuk TM, Bachynsky VT, Mincer OP, *Diagnostics of Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues: Statistical, Correlation and Topological Approaches*; p. 107-48.
5. Ushenko YuA, Gorskiy MP, Dubolazov AV, Motrich AV, Ushenko VA, Sidor MI. Spatial-frequency Fourier polarimetry of the complex degree of mutual anisotropy of linear and circular birefringence in the diagnostics of oncological changes in morphological structure of biological tissues. *Quantum Electron.* 2012;42(8):727-32. doi: 10.1070/QE2012v042n08ABEH014825
6. Ushenko VA, Gorskiy MP. Complex degree of mutual anisotropy of linear birefringence and optical activity of biological tissues in diagnostics of prostate cancer. *Optics and Spectroscopy.* 2013;115(2):290-7. doi: 10.1134/S0030400X13080171
7. Ushenko YuA, Ushenko VA, Dubolazov AV, Balanetskaya VO, Zabolotna NI. Mueller-matrix diagnostics of optical properties of polycrystalline networks of human blood plasma. *Opt Spectrosc.* 2012;112:884-92.
8. Ushenko YuA, Dubolazov AV, Balanetskaya VO, Karachevtsev AO, Ushenko VA. Wavelet-analysis of polarization maps of human blood plasma. *Opt Spectrosc.* 2012;113:332-43.

DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF THE PRESENCE OF DAMAGE BY THE METHOD OF DIGITAL POLARIZATION MAPPING OF MICROCOSCOPY IMAGES OF HISTOLOGICAL SECTIONS OF HUMAN ORGANS

Litvinenko A.Yu.¹, Vanchulyak O. Ya.¹, Soltys I.V..², Mikhailova O.Yu.², Motrich A.V.²

¹Bukovina State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Summary. The article presents the results of experimental testing of methods of azimuthal-invariant polarization mapping of microscopic images of samples of histological sections of the myocardium and lung tissue; time monitoring of changes in the magnitude of statistical moments of the 1-4th orders, characterizing the distributions of the azimuth and ellipticity of polarization of microscopic images of myocardial and lung tissue samples with different age of damage; determination of the diagnostic efficiency (time interval and accuracy) of establishing the age of damage to human internal organs by digital histological methods of mapping azimuth maps and polarization ellipticity of microscopic images.

Aim of the work. Development of a digital histology technique for samples of human internal organs.

Materials and methods. The object of the study was the histology of samples of human internal organs (myocardium, lung tissue) with different duration of damage from 1 hour to 120 hours. For control, we used BT samples from those who died from coronary artery disease with different duration

of damage from 1 hour to 120 hours. The studies were carried out using the method of digital polarization mapping of microscopic images of histological sections of biological tissues of human internal organs.

Results. Revealed the following ranges ramp variation quantity statistics polarizing digital histology and accuracy of the limitation of damage: a. Arts azimuth polarization microscopic image of a magnification $\times 40$ (asymmetry – 12 hours, kurtosis – 12 hours, accuracy – 55-60 min), maps of ellipticity of polarization of microscopic images with a magnification of $\times 40$ (asymmetry – 12 hours, kurtosis – 12 hours, accuracy – 65-75 min).

Conclusions. Scenarios of changes in the statistical structure of maps of azimuth and ellipticity of polarization of microscopic images of histological sections of human internal organs have been determined - with an increase in the duration of damage, the value of the mean and variance decreases, the asymmetry and kurtosis increase.

Key words: dispersion, asymmetry, polarization histology, polarization azimuth.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ДАВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ СРЕЗОВ ОРГАНОВ ЧЕЛОВЕКА

Литвиненко А.Ю.¹, Ванчуляк О.Я.¹, Солтыс И.В.², Михайлова О.Ю.², Мотрич А.В.²

¹Буковинский государственный медицинский университет, г. Черновцы, Украина

²Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина

Резюме. В статье представлены результаты экспериментальной апробации методик азимутально-инвариантного поляризационного картографирования микроскопических изображений образцов гистологических срезов миокарда и легочной ткани; временного мониторинга изменения величины статистических моментов 1-4-го порядков, характеризующих распределения значений азимута и эллиптичности поляризации микроскопических изображений образцов миокарда и легочной ткани с разной давностью повреждения; определения диагностической эффективности (временной интервал и точность) установлении давности повреждения внутренних органов человека цифровыми гистологическими методами картографирования карт азимута и эллиптичности поляризации микроскопических изображений.

Цель работы. Разработка методики цифровой гистологии образцов внутренних органов человека.

Материалы и методы. Объектом исследования были гистологии образцов внутренних органов человека (миокард, легочная ткань) с различной давностью повреждения от 1 до 120 часов. Для контроля использовали образцы биологических тканей умерших от ишемической болезни сердца с различной давностью повреждения от 1 до 120 часов. Исследования проводили, используя методику цифрового поляризационного картографирования микроскопических изображений гистологических срезов биологических тканей внутренних органов человека.

Результаты. Выявлены следующие диапазоны линейного изменения вариаций величины статистических показателей поляризационной цифровой гистологии и точность определения давности повреждения: карты азимута поляризации микроскопических изображений с увеличением $\times 40$ (асимметрия – 12 ч, эксцесс – 12 ч, точность – 55-60 мин), карты эллиптичности поляризации микроскопических изображений с увеличением $\times 40$ (асимметрия – 12 ч, эксцесс – 12 ч, точность – 65-75 мин).

Выводы. Определены сценарии изменения статистической структуры карт азимута и эллиптичности поляризации микроскопических изображений гистологических срезов внутренних органов человека – с увеличением давности повреждения уменьшается величина среднего и дисперсии, асимметрия и эксцесс растут.

Ключевые слова: дисперсия, асимметрия, поляризационно цифровая гистология, азимут поляризации.

Відомості про авторів:

Литвиненко О.Ю. – завідувач відділення судово-медичної гістології КМУ «Обласне бюро судово-медичної експертизи» департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА, м. Чернівці, Україна, e-mail: sawasawa901@gmail.com

Ванчуляк О.Я. – доктор медичних наук, професор кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: wanchulyak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0243-1894

Солтис І.В. – кандидат фіз.-мат. наук, асистент кафедри оптики та видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна, e-mail: i.soltys@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2156-7404.

Михайлова О.Ю. – кандидат фіз.-мат. наук, науковий співробітник кафедри оптики та видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна, e-mail: o.ushenko@chnu.cv.ua

Мотрич А.В. – кандидат фіз.-мат. наук, асистент кафедри оптики та видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна, e-mail: a.motrich@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3185-6461

Information about the authors:

Lytvynenko O. Yu. - Head of the Department of Forensic Medical Histology of the CMI «Regional Bureau of Forensic Medical Examination» of the Department of Health of Chernivtsi Regional State Administration, Chernivtsi, Ukraine

Vanchulyak O. Ya. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Soltys I. V. - PhD phys.-math. Sci., Assistant of the Department of Optics and Publishing and Printing, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Mikhailova O. Yu. - PhD phys.-math. Sci., Researcher of the Department of Optics and Publishing and Printing, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Motrich A. V. - PhD phys.-math. Sci., Assistant of the Department of Optics and Publishing and Printing, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

Сведения об авторах:

Литвиненко А.Ю. – заведующая отделения судебно – медицинской гистологии КМУ «Областное бюро судебно - медицинской экспертизы» департамента охраны здоровья Черновицкой ОГА, г. Черновцы, Украина

Ванчуляк О.Я. – доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины и медицинского правопедения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина

Солтыс И.В. – кандидат физ.-мат. наук, ассистент кафедры оптики и полиграфии Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина

Михайлова О.Ю. – кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник кафедры оптики и полиграфии Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина

Мотрич А.В. - кандидат физ.-мат. наук, ассистент кафедры оптики и полиграфии Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича, Черновцы, Украина