

МЕТОД РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ У ВИЗНАЧЕННІ ДАВНОСТІ УТВОРЕННЯ УШКОДЖЕНЬ ВНУТРІШНІХ ОРГАНІВ ЛЮДИНИ

Литвиненко О.Ю.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Резюме. У статті представлені результати алгоритмічної апробації методик цифрового гістологічного дослідження давності ушкодження тканин мозку, печінки та нирки на основі поляризаційної реконструкції мап лінійного двопронезаломлення протеїнових фібрилярних мереж; визначення взаємозв'язків між часовою зміною величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли величини ступеня кристалізації гістологічних зрізів мозку, печінки та нирки, та давністю ушкодження; встановлення часових інтервалів і точності визначення давності ушкодження внутрішніх органів людини цифровими гістологічними методами поляризаційної реконструкції (томографії) ступеня кристалізації.

Мета роботи. Розробка алгоритмічної методики цифрового гістологічного дослідження давності ушкодження тканин мозку, печінки та нирки на основі поляризаційної реконструкції мап лінійного двопронезаломлення протеїнових фібрилярних мереж.

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).

Результати. Вперше виявлені основні взаємозв'язки між часовими змінами статистичної структури топографічних мап ступеня кристалізації гістологічних зрізів внутрішніх органів людини та варіаціями величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що їх характеризують.

Висновок. Установлені часові діапазони лінійної зміни варіацій величини статистичних показників томографічної методики цифрової гістології та точність визначення давності ушкодження.

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

Серед численних напрямів оптичної діагностики біологічних тканин важливе місце займає Мюллер-матрична поляриметрія (ММП). [1-3] Цей метод дає виключно повну інформацію про поляризаційні прояви оптичних властивостей БТ. Новим рівнем ММП біологічних шарів стало розроблення методики відтворення розподілів параметрів фазової й амплітудної анізотропії. [4,5]

Наша стаття спрямована на судово-медичну апробацію методики поляризаційної реконструкції (томографії) полікристалічної структури гістологічних зрізів БТ у визначенні давності утворення ушкоджень внутрішніх органів людини.

Мета роботи. Розробка алгоритмічної методики цифрового гістологічного дослідження давності ушкодження тканин мозку, печінки та нирки на основі поляризаційної реконструкції мап лінійного двопронезаломлення протеїнових фібрилярних мереж.

Матеріали та методи

Характеристика об'єктів дослідження. Були сформовані 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

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

Алгоритм визначення давності утворення ушкоджень внутрішніх органів людини. В основу розроблення алгоритму встановлення давності утворення ушкоджень внутрішніх органів людини були покладені результати з визначення давності настання смерті (ДНС), що були одержані науковою групою під керівництвом проф. В. Т. Бачинського. [3,5]

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

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

де $SM_i^{(0)}$ – величина статистичного моменту, 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.

1. Експериментальні результати та їх обговорення.

1.2. Мозок людини.

Діагностичну чутливість методики поляризаційної томографії визначення давності ушкоджень внутрішніх органів людини забезпечило застосування великомасштабного ($\times 40$) поляризаційного реконструювання розподілів величини ступеня кристалізації гістологічних зрізів мозку контрольної та сукупності дослідних вибірок зразків (рис. 1).

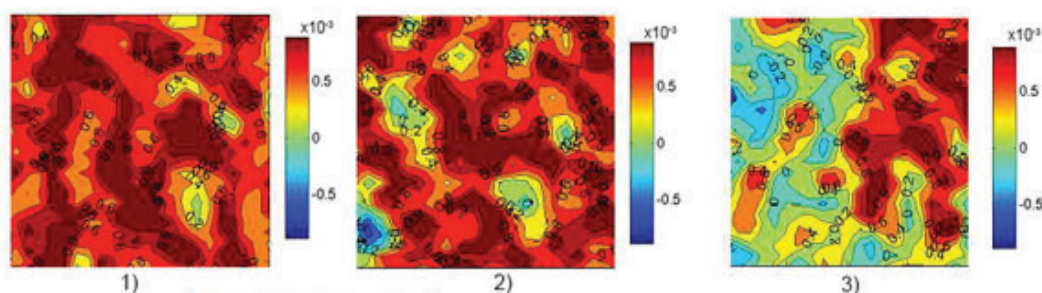


Рис. 1. Мапи розподілів величини лінійного двоприменезаломлення ($\times 40$) гістологічних зрізів мозку померлих з контрольної (1) і дослідних груп з різною давністю ушкодження (6 год – (2), 18 год – (3)).

З аналізу одержаних даних встановлена часова тривалість визначення до 72 год давності ушкодження тканин внутрішніх органів на основі статистичного моніторингу зміни величини середнього, дисперсії, асиметрії й ексцесу, що характеризують координатні великомасштабні мапи топографічної структури ступеня кристалізації репрезентативних вибірок зразків тканини мозку з контрольної та сукупності дослідних груп:

- статистичний момент 1-го порядку (середнє) – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-48 год, діапазон зміни власних значень 1,03;

- статистичний момент 2-го порядку (дисперсія) – лінійний інтервал 24 год та діапазон зміни власних значень 0,91;
- статистичний момент 3-го порядку (асиметрія) – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-72 год, діапазон зміни власних значень 1,98;
- статистичний момент 4-го порядку (ексцес) – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-72 год, діапазон зміни власних значень 2,82. [3-5]

1.2. Печінка людини.

Результати поляризаційної томографії цифрових гістологічних досліджень великомасштабних ($\times 40$) топографічних мап лінійного двопроменезаломлення гістологічних зрізів печінки показані на рис. 2.

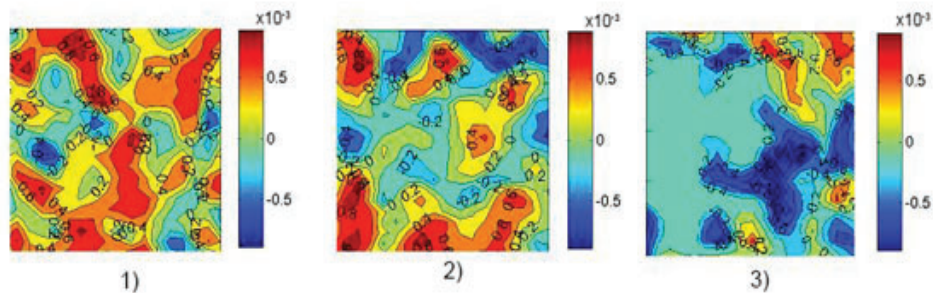


Рис. 2. Мапи розподілів величини лінійного двопроменезаломлення ($\times 40$) гістологічних зрізів печінки померлих з контрольної групи (1), дослідних груп з різною давністю ушкодження (6 год – (2), 18 год – (3)).

Аналіз результатів великомасштабної поляризаційної реконструкції ступеня кристалізації зразків печінки виявив подібні (але з іншим діапазоном зміни власних значень) до цифрової томографічної гістології зразків мозку закономірності:

- середнє розподілу величини ступеня кристалізації – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-48 год, діапазон зміни власних значень 0,045;
- дисперсія розподілу величини ступеня кристалізації – лінійний інтервал 24 год та діапазон зміни власних значень 0,27;
- асиметрія розподілу величини ступеня кристалізації – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-72 год, діапазон зміни власних значень 2,14;
- ексцес розподілу величини ступеня кристалізації – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-72 год, діапазон зміни власних значень 2,99.

1.3. Нирка людини.

Зіставлення даних великомасштабної поляризаційної томографії (відтворення) ступеня кристалізації зразків нирки виявило подібні (але з іншим діапазоном зміни власних значень статистичних параметрів) до цифрової алгоритмічної реконструкції полікристалічної складової зразків мозку та печінки закономірності – зростання (від 2 до 8 разів) часової тривалості визначення давності ушкодження тканин нирки (рис. 3):

- статистичний момент 1-го порядку (середнє) розподілу величини ступеня кристалізації – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-48 год, діапазон зміни власних значень 0,71;
- статистичний момент 2-го порядку (дисперсія) розподілу величини ступеня кристалізації – лінійний інтервал 24 год та діапазон зміни власних значень 0,64;
- статистичний момент 3-го порядку (асиметрія) розподілу величини ступеня кристалізації – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-72 год, діапазон зміни власних значень 1,71;
- статистичний момент 4-го порядку (ексцес) розподілу величини ступеня кристалізації – два лінійних інтервали 1-24 год та 24-72 год, діапазон зміни власних значень 3,01.

2. Часові інтервали та точність цифрової гістології на основі оптичної реконструкції полікристалічної структури гістологічних зрізів (табл. 2).

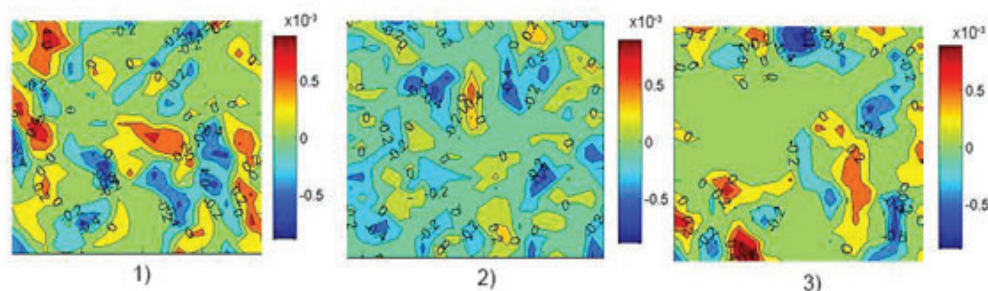


Рис. 3. Мапи лінійного двопронезаломлення ($\times 40$) гістологічних зрізів нирки померлих з контрольної групи (1), дослідних груп з різною давністю ушкодження (6 год – (2), 18 год – (3)).

Таблиця 2

Часові інтервали та точність методу реконструкції полікристалічної структури гістологічних зрізів тканин внутрішніх органів

Мозок				
Статистичні моменти	Інтервал, год		Точність, хв	
Збільшення	$\times 4$	$\times 40$	$\times 4$	$\times 40$
Середнє	1-24 24-48	1-24 24-72	45 55	35 45
Дисперсія	1-24 24-48	1-24 24-72	45 55	35 45
Асиметрія	1-24 24-72	1-24 24-120	35 50	25 45
Ексцес	1-24 24-72	1-24 24-120	35 50	25 45
Печінка				
Статистичні моменти	Інтервал, год		Точність, хв	
Збільшення	$\times 4$	$\times 40$	$\times 4$	$\times 40$
Середнє	1-24 24-48	1-24 24-72	45 55	35 45
Дисперсія	1-24 24-48	1-24 24-72	45 55	35 45
Асиметрія	1-24 24-72	1-24 24-120	35 50	25 45
Ексцес	1-24 24-72	1-24 24-120	35 50	25 45
Нирка				
Статистичні моменти	Інтервал, год		Точність, хв	
Збільшення	$\times 4$	$\times 40$	$\times 4$	$\times 40$
Середнє	1-24 24-48	1-24 24-72	45 55	35 45
Дисперсія	1-24 24-48	1-24 24-72	45 55	35 45
Асиметрія	1-24 24-72	1-24 24-120	35 50	25 45
Ексцес	1-24 24-72	1-24 24-120	35 50	25 45

Висновки.

1. Шляхом застосування в методиці цифрового гістологічного дослідження оригінального алгоритмічного відтворення мап ступеня кристалізації речовини тканин внутрішніх органів людини з різною давністю ушкодження вперше досліджені зміни морфологічної та біохімічної структур тканин мозку, печінки та нирки на часовому інтервалі від 1 до 120 год.
2. Вперше виявлені основні взаємозв'язки між часовими змінами статистичної структури топографічних мап ступеня кристалізації гістологічних зрізів внутрішніх органів людини та варіаціями величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що їх характеризують.
3. Встановлені часові діапазони лінійної зміни варіацій величини статистичних показників топографічної методики цифрової гістології та точність визначення давності ушкодження.

Література

1. Ghosh N, Vitkin IA. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications and outlook. *J Biomed Opt* [Internet]. 2011 Nov [cited 2021 Sep 16];16(11):110801. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-16/issue-11/110801/Tissue-polarimetry-concepts-challenges-applications-and-outlook/10.1117/1.3652896.full> doi: 10.1117/1.3652896
2. Khlebtsov NG. et al., Introduction to light scattering by biological objects, in *Handbook of Optical Biomedical Diagnostics*, 2nd ed., Vol. PM 262, pp. 1-155, V.V. Tuchin, Ed., SPIE Press, Bellingham, Washington. 2016.
3. Ushenko YuA, Dubolazov AV, Balanetskaya VO, Karachevtsev AO, Ushenko VA. Wavelet-analysis of polarization maps of human blood plasma. *Opt Spectrosc.* 2012;113(3):332-43. doi: 10.1134/S0030400X12070260
4. Ushenko VO. Spatial-frequency polarization phasometry of biological polycrystalline networks. *Opt Mem Neural Networks.* 2013;22(1):56-64. doi: 10.3103/S1060992X13010050
5. 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: 10.1364/AO.55.00B113

References

1. Ghosh N, Vitkin IA. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications and outlook. *J Biomed Opt* [Internet]. 2011 Nov [cited 2021 Sep 16];16(11):110801. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-16/issue-11/110801/Tissue-polarimetry-concepts-challenges-applications-and-outlook/10.1117/1.3652896.full> doi: 10.1117/1.3652896
2. Khlebtsov NG. et al., Introduction to light scattering by biological objects, in *Handbook of Optical Biomedical Diagnostics*, 2nd ed., Vol. PM 262, pp. 1-155, V.V. Tuchin, Ed., SPIE Press, Bellingham, Washington. 2016.
3. Ushenko YuA, Dubolazov AV, Balanetskaya VO, Karachevtsev AO, Ushenko VA. Wavelet-analysis of polarization maps of human blood plasma. *Opt Spectrosc.* 2012;113(3):332-43. doi: 10.1134/S0030400X12070260
4. Ushenko VO. Spatial-frequency polarization phasometry of biological polycrystalline networks. *Opt Mem Neural Networks.* 2013;22(1):56-64. doi: 10.3103/S1060992X13010050
5. 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: 10.1364/AO.55.00B113

METHOD OF RECONSTRUCTION OF POLYCRYSTALLINE STRUCTURE OF HISTOLOGICAL CUTS IN DETERMINATION OF THE STATURE OF FORMATION OF DAMAGES OF INTERNAL BODIES

Litvinenko A. Yu.

¹Bukovina State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Summary. The article presents the results of algorithmic testing of methods of digital histological study of the age of damage to brain, liver and kidney tissues based on polarization reconstruction of maps of linear birefringence of protein fibrillar networks; determining the relationships between the temporal change in the magnitude of statistical moments of the 1st – 4th orders, which characterize the distributions of the magnitude of the degree of crystallization of histological sections of the brain, liver and kidney and the duration of damage; establishment of time intervals and accuracy of determining the age of damage to human internal organs by digital histological methods of polarization reconstruction (tomography) of the degree of crystallization.

Aim of the work. Development of algorithmic methods of digital histological study of the duration of damage to brain, liver and kidney tissues based on polarization reconstruction of linear birefringence maps of protein fibrillar networks.

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 to 120 hours). For control, we used BT samples from those who died from coronary artery disease with different duration of damage (from 1 to 120 hours).

Results. For the first time, the main relationships between temporal changes in the statistical structure of topographic maps of the degree of crystallization of histological sections of human internal organs and variations in the magnitude of statistical moments of the 1-4th orders that characterize them.

Conclusions. The time ranges of linear change of variations in the value of statistical indicators of tomographic methods of digital histology and the accuracy of determining the duration of damage.

Keywords: dispersion, asymmetry, polarization histologist and I, polarization azimuth.

Відомості про автора:

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

Information about the author:

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, e-mail: sawasawa901@gmail.com