

## СУДОВО-МЕДИЧНА ОЦІНКА КРОВОВИЛИВІВ У ГОЛОВНИЙ МОЗОК ТРАВМАТИЧНОГО ТА НЕТРАВМАТИЧНОГО ГЕНЕЗУ МЕТОДОМ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЇ МІКРОСКОПІЇ ЦИРКУЛЯРНОГО ДИХРОЇЗМУ

М.С. Гараздюк<sup>1</sup>, О.В. Дуболазов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

<sup>2</sup>Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна

### Ключові слова:

Мюллер-матрична мікроскопія, крововиливи в речовину головного мозку травматичного генезу, інсульт.

Буковинський медичний вісник. Т.25, № 2 (98). С. 29-34.

DOI: 10.24061/2413-0737.XXV.2.98.2021.5

E-mail: m.garazdiuk@gmail.com, sudmed@bsmu.edu.ua

**Мета роботи** – розробити судово-медичні критерії диференціації крововиливів травматичного і нетравматичного генезів методом цифрової Мюллер-матричної (ММ) поляризаційної мікроскопії гістологічних зрізів речовини головного мозку людини (РГМЛ).

**Матеріал і методи.** Нативні гістологічні препарати РГМЛ від 32 трупів із ішемічним інсультом (1-ша група), 35 трупів із крововиливами травматичного генезу (2-га група), 33 трупи із крововиливами в РГМЛ нетравматичного генезу (3-тя група) та 30 трупів, причиною смерті яких була гостра коронарна недостатність (4-та група-контроль). Метод дослідження – азимутально-інваріантна ММ мікроскопія циркулярного дихроїзму (ЦД) гістологічних зрізів мозку.

**Результати.** Результати досліджень координатної та статистичної структури мап величини ЦД у точках цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів РГМЛ померлих всіх груп виявили координатно-неоднорідну структуру всіх розподілів величини ЦД мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку.

Імовірні розподіли, які характеризують мапи ММ, інваріант ЦД гістологічних зрізів мозку зразків з усіх груп мають незначний розкид значень статистичного моменту 2-го порядку, а також значні величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків.

**Висновок.** Виявлено ефективність використання методу Мюллер-матричного картографування при діагностиці давності утворення крововиливів у речовину головного мозку. Сила методу Мюллер-матричної мікроскопії циркулярного дихроїзму у диференціації сукупності зразків контрольної та дослідних груп досягає задовільного рівня – 77 - 78%.

## СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ ОЦЕНКА КРОВОИЗЛИЯНИЯ В МОЗГ ТРАВМАТИЧЕСКОГО И НЕТРАВМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕЗА МЕТОДОМ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЙ МИКРОСКОПИИ ЦИРКУЛЯРНОГО ДИХРОИЗМА

М.С. Гараздюк, А.В. Дуболазов

### Ключевые слова:

Мюллер-матричная микроскопия, кровоизлияния в вещество головного мозга травматического генеза, инсульт.

Буковинский медицинский вестник. Т.25, № 2 (98). С.29-34.

**Цель работы** – разработать судебно-медицинские критерии дифференциации кровоизлияний травматического и нетравматического генеза методом цифровой Мюллер-матричной (ММ) поляризационной микроскопии гистологических срезов вещества головного мозга человека (ВГМ).

**Материал и методы.** Нативные гистологические препараты ВГМ от 32 трупов с ишемическим инсультом (1-ая группа), 35 трупов с кровоизлияниями травматического генеза (2-ая группа), 33 трупа с кровоизлияниями в ВГМ нетравматического генеза (3-я группа) и 30 трупов, причиной смерти которых была острая коронарная недостаточность (4-ая группа-контроль). Метод исследования – азимутально-инвариантная ММ микроскопия циркулярного дихроизма (ЦД) гистологических срезов мозга.

## Оригінальні дослідження

**Результаты.** Результаты исследований координатной и статистической структуры карт величины ЦД в точках цифровых микроскопических изображений гистологических срезов ВГМ умерших всех групп обнаружили координатно-неоднородную структуру всех распределений величины ЦД микроскопических изображений гистологических срезов мозга.

Вероятные распределения, характеризующие карты ММ инвариант ЦД гистологических срезов мозга образцов из всех групп, имеют незначительный разброс значений статистического момента 2-го порядка, а также значительные величины статистических моментов 3-го и 4-го порядков.

**Вывод.** Обнаружена эффективность использования метода Мюллер-матричного картографирования при диагностике генеза кровоизлияний в вещество головного мозга. Сила метода Мюллер-матричной микроскопии циркулярного дихроизма в дифференциации совокупности образцов контрольной и опытных групп достигает удовлетворительного уровня - 77 - 78%.

## FORENSIC MEDICAL EVALUATION OF HEMORRHAGES INTO THE BRAIN OF TRAUMATIC AND NON-TRAUMATIC GENESIS BY THE MUELLER MATRIX MICROSCOPY OF CIRCULAR DICHOISM

M.S. Garazdiuk, O.V. Dubolazov

**Key words:** Mueller matrix microscopy, hemorrhages into the substance of the brain of traumatic origin, brain stroke.

Bukovinian Medical Herald. V.25, № 2 (98). P. 29-34.

**The aim of the work** is to develop forensic criteria for differentiation of hemorrhages of traumatic and non-traumatic genesis by digital Mueller matrix (MM) polarization microscopy of histological sections of human brain substance (HBS).

**Material and methods.** Native histological preparations of HBS from 32 corpses with ischemic stroke (1 group), 35 corpses with hemorrhages of traumatic origin (2 groups), 33 corpses with hemorrhages in HBS of non-traumatic genesis (3 group) and 30 corpses caused by acute coronary insufficiency (4 control group). The method of research is azimuthal-invariant MM microscopy of circular dichroism (CD) of histological sections of the brain.

**Results.** The results of studies of the coordinate and statistical structure of maps of the size of values at the points of digital microscopic images of histological sections of HBS of the dead of all groups revealed a coordinate-inhomogeneous structure of all distributions of the size of the CD of microscopic images of histological sections of the dead of all groups.

Probable distributions that characterize MM invariants CD maps of histological sections of brain samples from all groups have a small scatter of values of the statistical moment of the 2nd order, as well as significant values of statistical moments of the 3rd and 4th orders.

**Conclusion.** The efficiency of using the Mueller-matrix mapping method in diagnosing of hemorrhage genesis in the brain substance in the differentiation of the set of samples of control and experimental groups reaches a satisfactory level - 77% - 78%.

**Вступ.** У судово-медичній практиці досить часто трапляються випадки експертизи смерті осіб від ушкоджень головного мозку, які мають як травматичне, так і нетравматичне походження. Тому одним із основних завдань судово-медичного експерта є діагностика часу утворення крововиливів – особливо важливими є точність визначення давності їх утворення та розуміння генезу геморагій [1-6].

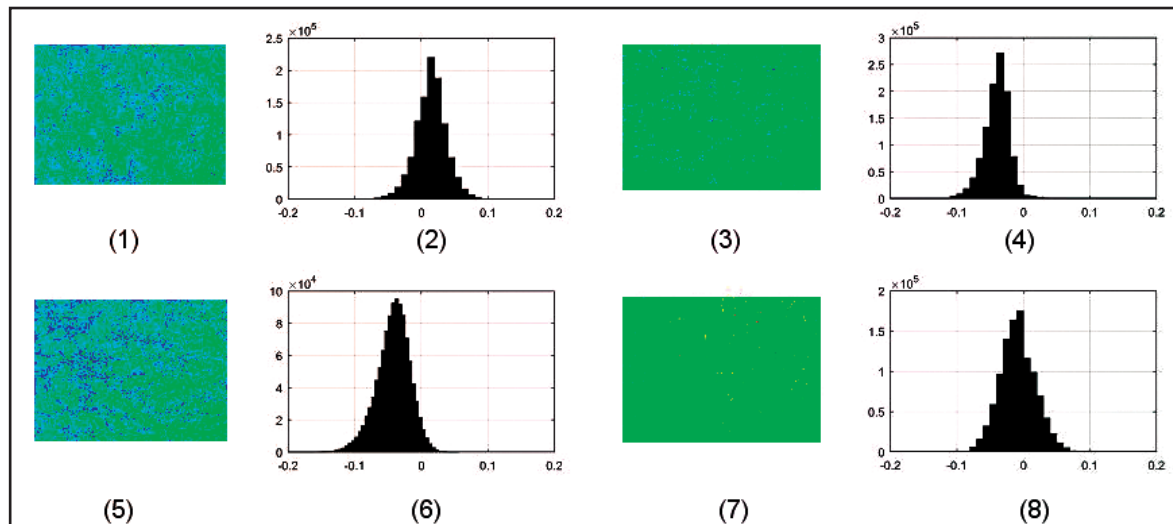
З патолого-анатомічної точки зору, неможливо чітко

провести морфологічну диференціацію інфарктів, а час їх утворення можна визначити лише приблизно [7,8]. Слід зауважити, що ознаки ішемічного інфаркту в перші 6 годин макроскопічно не проявляються, проте за наступні 48 годин речовина головного мозку стає м'якою, блідою та набряклою. У період від 2 до 10 діб захиттєво уражена частина мозку набуває желеподібної консистенції та чітких меж (внаслідок зменшення набряку). Від 10 днів до 3 тижнів речовина головного мозку

(РГМ) починає розріджуватися, а наприкінці деструктивного процесу утворюється порожнина з тенденцією до розширення (на тлі резорбції некротичної тканини).

Геморагічні інфаркти (ГІ) часто є множинними, іноді

мають вигляд зливних петехій [7,8]. Вони розвиваються лише в корі та сірій речовині підкірки головного мозку, характеризуються різким набряком нервової тканини – як перифокальним, так і генералізованим. Крововиливи



**Рис.** Координатні ((1),(2),(5),(7)) і статистичні ((2),(4),(6),(8)) розподіли величини Мюллер-матричних інваріант ЦД зразків гістологічних зрізів мозку померлих з групи 1 ((1),(2)), групи 2 ((5),(6)), групи 3 ((3),(4)) і групи 4 ((7),(8))

**Таблиця**  
**Статистичні моменти 1 – 4-го порядків, які характеризують мапи Мюллер-матричних інваріант лінійного дихроїзму гістологічних зрізів мозку груп 1 - 4**

Параметри	Група 4	Група 1	Група 2	Група 3
$SM_1$	$0,18 \pm 0,009$	$0,15 \pm 0,008$	$0,16 \pm 0,007$	$0,14 \pm 0,008$
$p_1$		$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
$p_2$		$p > 0,05$		$p > 0,05$
$p_3$		$p > 0,05$	$p > 0,05$	
$p_4$		$p > 0,05$		
$SM_2$	$0,15 \pm 0,007$	$0,18 \pm 0,009$	$0,16 \pm 0,008$	$0,13 \pm 0,006$
$p_1$		$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
$p_2$		$p > 0,05$		$p > 0,05$
$p_3$		$p > 0,05$	$p > 0,05$	
$p_4$		$p > 0,05$		
$SM_3$	$0,65 \pm 0,026$	$0,87 \pm 0,031$	$0,98 \pm 0,037$	$1,11 \pm 0,039$
$p_1$		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
$p_2$		$p > 0,05$		$p > 0,05$
$p_3$		$p > 0,05$	$p > 0,05$	
$p_4$		$p > 0,05$		
$SM_4$	$2,85.1 \pm 0,11$	$3,25 \pm 0,14$	$3,53 \pm 0,15$	$4,09 \pm 0,18$
$p_1$		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
$p_2$		$p > 0,05$		$p > 0,05$
$p_3$		$p > 0,05$	$p > 0,05$	
$p_4$		$p > 0,05$		

## Оригінальні дослідження

травматичного генезу (КТГ) давністю до семи днів макроскопічно виглядають дрібно- або вогнищевими та супроводжуються набуханням [7,8]. У період 14-30 днів наявні ознаки організації геморагій у глибинних структурах головного мозку, а від 30 днів до 60 днів помітні бурі кісти у білій речовині. Зазвичай, у судово-медичній практиці здійснюється ретельний аналіз патоморфологічних критеріїв діагностики крововиливів у РГМ травматичного і нетравматичного генезу.

Проте з активним розвитком сучасних технологій, окрім суб'єктивного аналізу судово-медичного експерта, актуальним є використання фізико-оптичних методів діагностики [9-20]. Це дає змогу отримати швидкий та, що дуже важливо в експертній діяльності, точний результат, який дозволяє експерту надати об'єктивну правову оцінку факту ушкодження головних структур мозку, що часто спричинює смерть.

Одним із таких методів є лазерна поляриметрична мікроскопія, яка базується на лазерному опромінюванні біологічних тканин та подальшій статистичній обробці отриманих даних [12-17]. Зокрема, використання Мюллер-матричної (ММ) мікроскопії, на нашу думку, є перспективним методом вивчення змін лазерних поляриметричних характеристик морфологічних особливостей РГМ для діагностики часу утворення крововиливів.

**Мета дослідження:** розробити судово-медичні критерії диференціації крововиливів травматичного і нетравматичного генезів методом цифрової ММ поляризаційної мікроскопії гістологічних зрізів РГМ людини.

**Матеріал і методи.** Нативні гістологічні препарати РГМ від 32 трупів із ІМ (1-ша група), 35 трупів із КТГ (2-га група), 33 трупів із ГІ у РГМ (крововиливами нетравматичного генезу) (3-тя група) та 30 трупів, причиною смерті яких була гостра коронарна недостатність (4-та група-контроль).

Після забору трупного матеріалу здійснювали швидке замороження речовини головного мозку та виготовляли гістологічні зрізи за допомогою заморожувача мікромоза. У лабораторії Інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук ім. Юрія Федьковича проведені дослідження отриманих зразків за допомогою методу азимутально-інваріантної ММ мікроскопії з подальшою статистичною обробкою результатів.

Проводилося вимірювання значень розподілу координат параметрів поляризації в точках мікроскопічних зображень у розташуванні стандартного Стокс-поляриметра. Експериментальні вимірювання Стокс-поляриметричних зображень біологічних шарів проводили за методикою, представленою в джерелах [13-17]. Надалі отримані дані піддавалися статистичній обробці та проводилася оцінка отриманих результатів [18].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Мапи Мюллер-матричних інваріант (ММІ) ЦД оптично анізотропних мереж гістологічних зрізів мозку померлих з різних груп показані на фрагментах рисунка.

Аналіз результатів координатного Мюллер-матричного картографування оптичних проявів ЦД речовини мозку виявив:

- зростання однорідності топографічної структури мап ММІ ЦД (рис., фрагменти (1),(3),(5),(7)) порівняно з даними Стокс-поляриметрії параметрів мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп;

- ймовірні розподіли, які характеризують мапи ММІ ЦД гістологічних зрізів мозку зразків з усіх груп мають незначний розкид значень статистичного моменту 2-го порядку  $SM_2$ , а також значні величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків ( $SM_3$ ,  $SM_4$ ) (рис., фрагменти (2), (4),(6),(8)).

Таблиця ілюструє узагальнені дані щодо визначення середніх величин та похибок ( $\pm\Omega$ ) центральних статистичних моментів 1 – 4-го порядків  $SM_{i=1-4}$ , які характеризують ММ зображення ЦД нервової тканини.

Порівняння одержаних результатів ММ картографування (табл.) виявило діагностичну чутливість асиметрії та ексцесу (виділено сірим – табл.) для азимутально-інваріантної ММ диференціації ЦД зразків нервової тканини померлих контрольної групи 4 та всіх дослідних груп 1 – 3 ( $p_1 < 0,05$ ).

Проте міжгрупові (дослідні групи зразків 1 - 3) відмінності між координатними розподілами (мапами) величини ММ інваріант (I) ЦД репрезентативних вибірок зразків гістологічних зрізів мозку виявилися також статистично недостовірними -  $p_{1=2,3,4}$ .

**Операційні характеристики сили методу статистичного аналізу координатних розподілів ММІ ЦД гістологічних зрізів мозку.**

Для кожного з набору центральних статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують топографічні мапи ММІ ЦД гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп, величини операційних характеристик (чутливості  $Se, \%$ , специфічності  $Sp, \%$  та збалансованої точності  $Ac, \%$ ) зростають на 12-16% порівняно з даними прямого Стокс-поляриметричного картографування. [21].

Для асиметрії розподілів величини ММІ ЦД (центральний статистичний момент 3-го порядку), сила методу ММ мікроскопії циркулярного дихроїзму у диференціації сукупності зразків контрольної та дослідних груп досягає задовільного рівня – 77 - 78%.

### Висновки

1. Мюллер-матрична мікроскопія циркулярного дихроїзму гістологічних зрізів речовини головного мозку людини може бути ефективною для розв'язання діагностичних проблем судової медицини, пов'язаних із визначенням причини смерті від крововиливів різного генезу та давності їх виникнення.

2. Досліджено можливість проведення диференційної діагностики крововиливів травматичного генезу, інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезу за морфологічними ознаками та Мюллер-матричними інваріантами циркулярного дихроїзму лазерних зображень зразків.

3. Виявлено ефективність використання методу Мюллер-матричного картографування при діагностиці давності утворення крововиливів у речовину головного мозку, сила методу Мюллер-матричної мікроскопії цир-



клярного дихроїзму у диференціації сукупності зразків контрольної та дослідних груп досягає задовільного рівня – 77 - 78%.

#### Список літератури

1. Хохлов ВВ. Судебная медицина: Руководство Судебная медицина. Смоленск; 2010. 992 с.
2. Zorilă AL, Zorilă MV, Tolescu RS, Zăvoi RE, Cernea D. Epidemiology of Traumatic Brain Injury in Oltenia Region: a Retrospective Study. *Curr Health Sci J*. 2018;44(2):172-75. DOI: 10.12865/CHSJ.44.02.13.
3. Finnie JW. Forensic Pathology of Traumatic Brain Injury. *Vet Pathol*. 2016;53(5):962-78. DOI: 10.1177/0300985815612155.
4. Пиголкина ЕЮ, Дорошева ЖВ, Сидорович В, Бычков АА. Современные аспекты судебно-медицинской диагностики черепно-мозговой травмы. Судебно-медицинская экспертиза. 2012;55(1):38-40.
5. Zasler ND, Bender SD. Validity Assessment in Traumatic Brain Injury Impairment and Disability Evaluations. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2019;30(3):621-36. DOI: 10.1016/j.pmr.2019.03.009.
6. Zhang W, Cheng J, Zhang Y, Wang K, Jin H. Analysis of CT and MRI Combined Examination for the Diagnosis of Acute Cerebral Infarction. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2019;29(9):898-99. DOI: 10.29271/jcpsp.2019.09.898.
7. Kumar V, Abbas A, Aster J. Robbins Basic pathology. 10th ed. Elsevier; 2017. 464-73 p.
8. Пальцев МА, редактор. Патология: курс лекций. Том 2. Частный курс. Москва; 2007. 706-12 с.
9. Wu Q, Huang Z, Wang Y, Zhang Z, Lu H. Absolute quantitative imaging of sphingolipids in brain tissue by exhaustive liquid microjunction surface sampling-liquid chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A*. 2020;1609:460436. DOI: 10.1016/j.chroma.2019.460436.
10. Немков АГ. Клиническая и компьютерно-томографическая дифференциальная диагностика ушибов головного мозга и инсультов в остром периоде [автореферат]. Пермь: Урал. гос. мед. академия Федерального агентства по здравоохранению и соц. развитию; 2008. 24 с.
11. Chen JW, Wang PF, Zhang MZ, Zhang ZD, Cheng H, Sun YF, et al. Relationship between Expression Changes of CB2R and Wound Age of Brain Contusion in Mice. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2019;35(2):136-42. DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2019.02.002.
12. Walsh KB. Non-invasive sensor technology for prehospital stroke diagnosis: Current status and future directions. *Int J Stroke*. 2019;14(6):592-602. DOI: 10.1177/1747493019866621.
13. Bachinskiy VT, Boichuk TM, Ushenko AG. Laser polarimetry of biological tissues and fluids: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2017. 204 p.
14. Vanchulyak O, Ushenko, Y, Galochkin O, Sakhnovskiy MY, Kovalchuk M, Dovgun A, et al. Azimuthal fractalography of networks of biological crystals. *Proc SPIE*. 2019;11105:1110517. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2529337>.
15. Ushenko YA, Dubolazov AV, Karachevtsev AO, Sakhnovskiy MY, Bizer LI, Bodnar OB. Multidimensional Mueller matrices microscopy of biological crystal networks structure. In: 7th International Workshop on Advanced Optical Imaging and Metrology Fringe 2013. New York: Springer; 2013. 855-8 p.
16. Ushenko AG, Dubolazov AV, Ushenko YuA, Tomka YuYa, Karachevtsev AO, Sidor MI, et al. Differential diagnosis of the limitation of the formation of hemorrhages of traumatic origin, cerebral infarction, ischemic and hemorrhagic genesis by polarization-phase tomography. *Proceedings SPIE*. 2020;11369:113691. DOI: 10.1117/12.2553989.
17. Бачинський ВТ, Гуров ОМ, Саркісова ЮВ, Ушенко ОГ. Основні принципи оцінки морфологічного стану біологічних тканин лазерними поляриметричними методами для вирішення завдань судової медицини. Клінічна та експериментальна патологія. 2017;16(1):20-3.

18. Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. Москва: Практика; 1999. 459 с.

19. Ванчуляк ОЯ. Експертна оцінка гострої ішемії міокарда поляризаційно-кореляційними методами [дисертація]. Київ: Нац. мед. акад. післядиплом. освіти ім. П.Л. Шупика; 2016. 292 с.

20. Павлюкович ОВ. Визначення давності настання смерті при деяких видах механічної асфіксії та масивній крововтраті методами лазерної поляриметрії [автореферат]. Київ: Нац. мед. акад. післядиплом. освіти ім. П.Л. Шупика; 2011. 20 с.

#### References

1. Khokhlov VV. Sudebnaya meditsina: Rukovodstvo Sudebnaya meditsina [Forensic Medicine: A Forensic Medicine Guide]. Smolensk; 2010. 992 p. (in Russian).
2. Zorilă AL, Zorilă MV, Tolescu RS, Zăvoi RE, Cernea D. Epidemiology of Traumatic Brain Injury in Oltenia Region: a Retrospective Study. *Curr Health Sci J*. 2018;44(2):172-5. DOI: 10.12865/CHSJ.44.02.13.
3. Finnie JW. Forensic Pathology of Traumatic Brain Injury. *Vet Pathol*. 2016;53(5):962-78. DOI: 10.1177/0300985815612155.
4. Pigolkina EYu, Dorosheva ZhV, Sidorovich V, Bychkov AA. Sovremennye aspekty sudebno-meditsinskoy diagnostiki cherepno-mozgovoy travmy [Modern aspects of forensic medical diagnostics of traumatic brain injury]. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza*. 2012;55(1):38-40. (in Russian).
5. Zasler ND, Bender SD. Validity Assessment in Traumatic Brain Injury Impairment and Disability Evaluations. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2019;30(3):621-36. DOI: 10.1016/j.pmr.2019.03.009.
6. Zhang W, Cheng J, Zhang Y, Wang K, Jin H. Analysis of CT and MRI Combined Examination for the Diagnosis of Acute Cerebral Infarction. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2019;29(9):898-99. DOI: 10.29271/jcpsp.2019.09.898.
7. Kumar V, Abbas A, Aster J. Robbins Basic pathology. 10th ed. Elsevier; 2017. 464-73 p.
8. Pal'tsev MA, editors. Patologiya: kurs lektsiy. Chastnyy kurs [Pathology: a course of lectures. Private course]. Vol. 2. Moscow; 2007. 706-12 p. (in Russian).
9. Wu Q, Huang Z, Wang Y, Zhang Z, Lu H. Absolute quantitative imaging of sphingolipids in brain tissue by exhaustive liquid microjunction surface sampling-liquid chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A*. 2020;1609:460436. DOI: 10.1016/j.chroma.2019.460436.
10. Nemkov AG. Klinicheskaya i komp'yuterno-tomograficheskaya differentsial'naya diagnostika ushibov golovnogogo mozga i insultov v ostrom periode [Clinical and computed tomographic differential diagnosis of brain contusions and strokes in the acute period] [dissertation abstract]. Permian; Ural. gos. med. akademiya Federal'nogo agenstva po zdravookhraneniyu i sots. razvitiyu; 2008. 24 p. (in Russian).
11. Chen JW, Wang PF, Zhang MZ, Zhang ZD, Cheng H, Sun YF, et al. Relationship between Expression Changes of CB2R and Wound Age of Brain Contusion in Mice. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2019;35(2):136-42. DOI: 10.12116/j.issn.1004-5619.2019.02.002.
12. Walsh KB. Non-invasive sensor technology for prehospital stroke diagnosis: Current status and future directions. *Int J Stroke*. 2019;14(6):592-602. DOI: 10.1177/1747493019866621.
13. Bachinskiy VT, Boichuk TM, Ushenko AG. Laser polarimetry of biological tissues and fluids: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2017. 204 p.
14. Vanchulyak O, Ushenko, Y, Galochkin O, Sakhnovskiy MY, Kovalchuk M, Dovgun A, et al. Azimuthal fractalography of networks of biological crystals. *Proc SPIE*. 2019;11105:1110517. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2529337>.
15. Ushenko YA, Dubolazov AV, Karachevtsev AO, Sakhnovskiy MY, Bizer LI, Bodnar OB. Multidimensional Mueller matrices microscopy of biological crystal networks structure. In: 7th International Workshop on Advanced Optical Imaging and Metrology Fringe 2013. New York: Springer; 2013. 855-8 p.
16. Ushenko AG, Dubolazov AV, Ushenko YuA, Tomka YuYa, Karachevtsev AO, Sidor MI, et al. Differential diagnosis of the

## Оригінальні дослідження

---

limitation of the formation of hemorrhages of traumatic origin, cerebral infarction, ischemic and hemorrhagic genesis by polarization-phase tomography. Proceedings SPIE. 2020;11369:113691. DOI: 10.1117/12.2553989.

17. Vachyns'kyi VT, Hurov OM, Sarkisova YuV, Ushenko OH. Osnovni pryncypy otsinky morfolohichnoho stanu biolohichnykh tkanyh lazernymu poliarymetrychnymu metodamy dlia vyrishennia zavdan' sudovoi medytsyny [Basic principles of assessment of morphological condition of biological tissues by laser polarimetric methods for solving problems of forensic medicine]. Klinichna ta eksperymental'na patolohiia. 2017;16(1):20-3. (in Ukrainian).

18. Glants S. Mediko-biologicheskaya statistika [Biomedical statistics]. Moscow: Praktika; 1999. 459 p. (in Russian).

19. Vanchuliak OIa. Ekspertna otsinka hostroi ishemii miokarda poliaryzatsiino-koreliatsiynymu metodamy [Expert assessment of acute myocardial ischemia by polarization-correlation methods] [dissertation abstract]. Kiev: Nats. med. akad. pislidyplom. osvity im. P.L. Shupyka; 2016. 292 p. (in Ukrainian).

20. Pavliukovych OV. Vyznachennia davnosti nastannia smerti pry deiakyykh vydakh mekhanichnoi asfiksii ta masyvni krovovtrati metodamy lazernoi poliarymetrii [Determination of the age of death in some types of mechanical asphyxia and massive blood loss by laser polarimetry] [dissertation abstract]. Kiev: Nats. med. akad. pislidyplom. osvity im. P.L. Shupyka; 2011. 20 p. (in Ukrainian).

### Відомості про авторів

Гараздюк М.С. – канд. мед. наук, доцент кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Дуболазов О.В. – канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри оптики, видавничої справи та поліграфії Інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна.

### Сведения об авторах

Гараздюк М.С. – канд. мед. наук, доцент кафедры судебной медицины и медицинского правоведения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина [m.garazdiuk@gmail.com](mailto:m.garazdiuk@gmail.com)

Дуболазов А.В. – канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры оптики, издательского дела и полиграфии Института физико-технических и компьютерных наук Черновицкого национального университета имени Юрия Федьковича, г. Черновцы, Украина.

### Information about the authors

Garazdiuk M.S. – PhD, Associate Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Dubolazov O.V. – PhD, Associate Professor of the Department of Optics and Publishing and Printing of the Institute of Physical, Technical and Computer Sciences of Chernivtsi National University named after Yu. Fedkovych, Chernivtsi, Ukraine.

*Надійшла до редакції 5.05.2021*

*Рецензент — проф. Ушенко О.Г.*

*© М.С. Гараздюк, О.В. Дуболазов, 2021*

---