

Міністерство охорони здоров'я України
Вищий державний навчальний заклад України
«Буковинський державний медичний університет»

БУКОВИНСЬКИЙ МЕДИЧНИЙ ВІСНИК

Український науково-практичний журнал

Заснований у лютому 1997 року

Видається 4 рази на рік

Включений до Ulrichsweb™ Global Serials Directory, наукометричних і спеціалізованих баз даних Google Scholar, Index Copernicus International (Польща), Scientific Indexing Services (США), Infobase Index (Індія), Ukrainian research & Academy Network (URAN), НБУ ім. Вернадського, “Джерело”

ТОМ 24, № 2 (94)

2020

Редакційна колегія:

головний редактор Т.М. Бойчук,
О.Б. Беліков, О.І. Годованець, І.І. Заморський,
О.І. Івашук (перший заступник головного редактора),
Т.О. Ілашук, А.Г. Іфтодій, Г.Д. Коваль, О.К. Колоскова,
В.В. Кривецький (заступник головного редактора),
В.В. Максим'юк, Т.В. Мохорт, Н.В. Пашковська, Л.П. Сидорчук,
С.В. Сокольник, В.К. Ташук (відповідальний секретар), С.С. Ткачук,
О.І. Федів (відповідальний секретар), О.В. Цигикало

Наукові рецензенти:

проф. Т.О. Ілашук, проф. А.Г. Іфтодій, проф. О.В. Цигикало

Редакційна рада:
К.М. Амосова (Київ), В.В. Бойко (Харків),
А.І. Гоженко (Одеса), В.М. Запорожан (Одеса),
В.М. Коваленко (Київ), З.М. Митник (Київ),
В.І. Паньків (Київ), В.П. Черних (Харків),
Збігнев Копанські (Польща),
Дірк Брутцерт (Бельгія),
Раду Крістіан Дабіша (Румунія)
Віктор Ботнару (Респ. Молдова)

Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет рішенням вченої ради
Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний
університет»
(протокол № 7 від 04.06.2020 року)

Буковинський медичний вісник
(Бук. мед. вісник) –
науково-практичний журнал, що
рецензується
Bukovinian Medical Herald
(Buk. Med. Herald)
Заснований у лютому 1997 р. Видається 4
рази на рік
Founded in February, 1997 Published four
times annually
Мова видання: українська, російська,
англійська
Сфера розповсюдження загальнодержавна,
зарубіжна
Свідоцтво про державну реєстрацію:
серія КВ №15684-4156 ПР від 21.09.2009

Наказом
Міністерства освіти і науки України від 17
березня 2020 року № 409 журнал
“Буковинський медичний вісник”
включено до категорії "Б" (медичні
спеціальності - 222) переліку наукових
фахових видань України
Адреса редакції: 58002, Чернівці,
пл. Театральна, 2
Тел.: (0372) 55-37-54,
52-40-78
Факс: (0372) 55-37-54
e-mail: bmh@bsmu.edu.ua
Адреса електронної версії журналу в
Internet:
<http://e-bmv.bsmu.edu.ua>
Секретар редакції
І.І. Павлуник
Тел.: (0372) 52-40-78

ЦИФРОВА ПОЛЯРИЗАЦІЙНА МІКРОСКОПІЯ ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ КРОВОВИЛИВІВ У ГОЛОВНОМУ МОЗКУ ТРАВМАТИЧНОГО І НЕТРАВМАТИЧНОГО ГЕНЕЗІВ

М.С. Гараздюк

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна

Ключові слова:

поляризаційна томографія, крововиливи в речовину головного мозку травматичного генезу, інсульт.

Буковинський медичний вісник. Т.24, № 2 (94). С. 23-28.

DOI:

10.24061/2413-0737.XXIV.2.94.2020.38

E-mail:

m.garazdiuk@gmail.com

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

Матеріал і методи. Нативні гістологічні препарати РГМЛ від 30 трупів із ішемічним інсультом (1-ша група), 35 трупів із крововиливами травматичного генезу (2-га група), 35 трупів 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 – цифрова поляриметрія (визначалися координатні розподіли значень орієнтаційного параметра (ОП) мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку).

Результати. Результати досліджень координатної та статистичної структури мап величини ОП у точках цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів РГМЛ померлих усіх груп виявили координатно-неоднорідну структуру всіх розподілів величини ОП та достатню статистичну подібність мап ОП - гістограми розподілів величини ОП мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з всіх груп близькі за структурою, що можна пов'язати з кратним розсіянням світла в об'ємі навіть геометрично тонких гістологічних зрізів РГМЛ. За рахунок цього відбувається деполяризація світла і прояви оптичної активності протеїнових структур усереднюються до близьких величин ОП у межах всіх груп, незалежно від причини настання смерті.

Висновок. Аналіз отриманих даних виявив, що для кожного із статистичних параметрів (статистичні моменти 1–4-го порядків), які характеризують мапи орієнтаційного параметра мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп, величини чутливості, специфічності та збалансованої точності нижчі на 15% - 25% від задовільного рівня диференціальної діагностики – 80% - 85%.

Ключевые слова:

поляризационная томография, кровоизлияния в вещество головного мозга травматического генеза, инсульт.

Буковинский медицинский вестник. Т.24, № 2 (94). С. 23-28.

ЦИФРОВАЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ КРОВОИЗЛИЯНИЙ В ГОЛОВНОЙ МОЗГ ТРАВМАТИЧЕСКОГО И НЕТРАВМАТИЧЕСКОГО ГЕНЕЗА

М.С. Гараздюк

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

Материал и методы. Нативные гистологические препараты ВГМЧ от 30 трупов с ишемическим инсультом (1-ая группа), 35 трупов с геморрагическими кровоизлияниями травматического генеза (2-ая

Оригінальні дослідження

группа), 35 трупов с кровоизлияниями в ВГМЧ нетравматического генеза (3-ья группа) и 30 трупов, причиной смерти которых была острая коронарная недостаточность (4-ая группа-контроль). Метод исследования - цифровая поляриметрия (определялись координатные распределения значений ориентационного параметра (ОП) микроскопических изображений гистологических срезов мозга).

Результаты. Результаты исследований координатной и статистической структуры карт величины ОП в точках цифровых микроскопических изображений гистологических срезов ВГМЧ умерших всех групп обнаружили координатно-неоднородную структуру всех распределений величины ОП и достаточное статистическое сходство карт ОП - гистограммы распределений величины ОП микроскопических изображений гистологических срезов мозга умерших от всех групп близки по структуре, что можно связать с кратным рассеянием света в объеме даже геометрически тонких гистологических срезов ВГМЧ. За счет этого происходит деполаризация света и проявления оптической активности протеиновых структур усредняются к близким величин ОП в пределах всех групп, независимо от причины наступления смерти.

Вывод. Анализ полученных данных обнаружил, что для каждого из статистических параметров (статистические моменты 1-4-го порядков), которые характеризуют карты ориентационного параметра микроскопических изображений гистологических срезов мозга умерших во всех группах, величины чувствительности, специфичности и сбалансированной точности ниже на 15% - 25% от удовлетворительного уровня дифференциальной диагностики - 80% - 85%.

Key words: polarization tomography, hemorrhage into brain tissue of traumatic genesis, stroke.

Bukovinian Medical Herald. V.24, № 2 (94). P. 23-28.

DIGITAL POLARIZATION MICROSCOPY FOR THE DIFFERENTIATION OF HEMORRHAGES OF TRAUMATIC AND NON-TRAUMATIC GENESIS IN BRAIN

M.S. Garazdiuk

The purpose of the work. To develop forensic criteria for differentiation of hemorrhages of traumatic and non-traumatic genesis by digital polarization microscopy of histological sections of a substance of the human brain (SHB).

Material and methods. Native histologic preparations of SHB from 30 corpses with ischemic stroke (group 1), 35 corpses with hemorrhages of traumatic genesis (group 2), 35 corpses with hemorrhages in SHB of non-traumatic genesis (group 3), and 30 corpses with cause of the death acute heart failure (4 group- control). The method of investigation is digital polarimetry (coordinate distributions of values of orientation parameter (OP) of microscopic images of histological sections of the brain were determined).

Results. The results of investigations of the coordinate and statistical structure of OP magnitude maps at the points of digital microscopic images of HBS histologic sections of the dead of all groups revealed the coordinate-inhomogeneous structure of all OP magnitude distributions and sufficient statistical similarity of OP maps. histograms of the magnitude distributions of OP microscopic images of histological sections of the brain of dead from all groups are close in structure, which can be associated with a multiple scattering of light in the volume of even

geometrically thin histological sections of HBS. Due to this, the light is depolarized and the manifestations of the optical activity of the protein structures are averaged to close OP values within all groups, regardless of the cause of death.

Conclusion. *The analysis of the obtained data revealed that for each of the statistical parameters (statistical moments of the 1st-4th orders), which characterize the maps of OP microscopic images of histological sections of the brain of the dead from all groups, the sensitivity, specificity and balanced accuracy are lower by 15% - 25% from a satisfactory level of differential diagnosis - 80% - 85%.*

Вступ. Важливе місце в судово-медичній травматології посідають черепно-мозкові травми, оскільки вони є одним із найпоширеніших тілесних ушкоджень [1]. Для судово-медичного експерта важливим є проведення диференційної діагностики крововиливу в речовину головного мозку людини (РГМЛ) травматичного та нетравматичного генезів, оскільки наявні випадки, коли за відсутності зовнішніх тілесних ушкоджень при внутрішньому дослідженні виявляють крововиливи в мозок. Диференційна діагностика причини смерті (ПС) від ішемічного інфаркту мозку, крововиливів травматичного і нетравматичного генезів дозволяє виключити насильницький характер настання смерті, що значно полегшує роботу судово-слідчих органів [2].

У судово-медичній практиці для верифікації причини смерті з успіхом використовуються фізико-оптичні методи, які базуються на опроміненні лазером біологічних тканин із подальшою математично-статистичною обробкою отриманих даних [3-6]. Попередні дослідження щодо можливості диференціації генезу крововиливу в головний мозок методом поляризаційної томографії дали позитивні результати, що дозволяє припустити можливість верифікації його причини і традиційними поляризаційними методами [7].

Мета роботи. Розробити судово-медичні критерії диференціації крововиливів травматичного і нетравматичного генезів та ішемічного інфаркту головного мозку методом цифрової поляризаційної мікроскопії гістологічних зрізів РГМЛ.

Матеріал і методи. Нативні гістологічні препарати РГМЛ від 30 трупів із ішемічним інсультом (1-ша група), 35 трупів із крововиливами травматичного генезу (2-га група), 35 трупів 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 – цифрова поляриметрія: визначалися координатні розподіли значень орієнтаційного параметра (ОП) мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку). Детальний опис проведення дослідження раніше описано в джерелах [3-8].

Результати дослідження та їх обговорення

Результати дослідження координатної та статистичної структури мап величини ОП у точках цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих всіх груп представлені на серії фрагментів на рисунку.

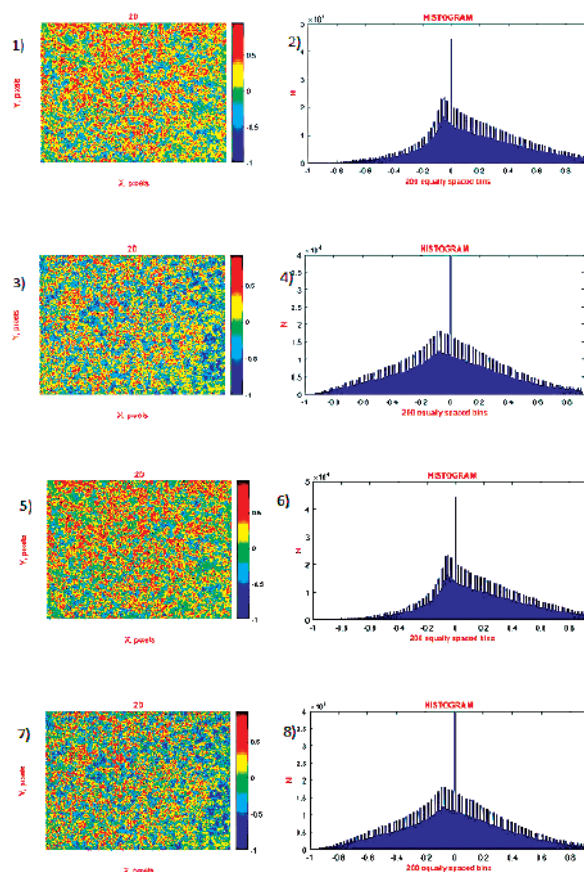


Рисунок. Мапи ((1), (3), (5), (7)) і гістограми ((2), (4), (6), (8)) розподілу величини ОП мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з групи 1((1), (2)), групи 2 ((3), (4)), групи 3 ((5), (6)) і групи 4 ((7), (8))

Установлено:

- координатно-неоднорідну структуру всіх розподілів величини ОП мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп (рис., фрагменти (1),(3),(5),(7));

- достатню статистичну подібність мап ОП - гістограми розподілів величини ОП мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп близькі за структурою (рис., фрагменти (2),(4),(6),(8)).

Кількісно розподіли величини ОП ілюструють середні (у межах груп гістологічних зрізів мозку) величини ($SM_{i=1-4}$) та середні похибки ($\pm\Omega$) статистичних моментів 1–4-го порядків, які наведені в таблиці 1:

Таблиця 1

Статистичні моменти 1–4-го порядків,
які характеризують розподіли величини ОП зображень гістологічних зрізів мозку груп 1 - 4

Параметри	Група 1, n=30	Група 2, n=35	Група 3, n=35	Група 4, n=30
$SM_1 \pm \Omega$	0,07 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,05 ± 0,002	0,055 ± 0,003
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		$p > 0,05$		
$SM_2 \pm \Omega$	0,32 ± 0,013	0,36 ± 0,016	0,29 ± 0,014	0,23 ± 0,012
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		$p > 0,05$		
$SM_3 \pm \Omega$	0,17 ± 0,008	0,12 ± 0,005	0,16 ± 0,007	0,14 ± 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		$p > 0,05$		
$SM_4 \pm \Omega$	0,25 ± 0,012	0,29 ± 0,014	0,34 ± 0,015	0,38 ± 0,017
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		$p > 0,05$		

Примітка. p_{1-4} - статистична достовірність диференціації груп 1 - 4.

Аналіз даних, представлених в таблиці 1, виявив статистично недостовірну різницю величин всіх статистичних моментів, які характеризують розподіли величини ОП цифрових мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх досліджених груп - $p_{1,2,3,4} > 0,05$.

Установлений факт можна пов'язати з кратним розсіянням світла в об'ємі навіть геометрично тонких гістологічних зрізах мозку [7]. За рахунок цього відбувається деполяризація світла [3] і прояви оптичної активності протеїнових структур усереднюються до близьких величин ОП у межах всіх груп, незалежно від причини настання смерті.

Операційні характеристики методу статистичного аналізу мап орієнтаційного параметра мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку.

Низьку діагностичну ефективність даного методу мікроскопічної поляриметрії ілюструють величини операційних характеристик, які наведені в таблиці 2.

Виявлено, що для кожного із статистичних параметрів (статистичні моменти 1–4-го порядків), які характеризують мапи ОП мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп, величини чутливості, специфічності та збалансованої

точності нижчі на 15% - 25% від задовільного рівня диференціальної діагностики – 80% - 85%.

Таким чином, нами виявлено діагностичну неефективність традиційного поляриметричного методу картографування розподілів величини параметрів вектора Стокса об'єктних полів геометрично тонких (до 20 мкм) гістологічних зрізів мозку за рахунок розвиненого в об'ємі нервової тканини дослідних зразків мозку багатократного розсіяння з подальшою деполяризацією лазерного випромінювання.

Висновок

Проведений цикл досліджень шляхом застосування традиційного і добре апробованого в завданнях судової медицини методу лазерної поляриметрії оптично-тонких шарів біологічних тканин і рідин виявив низький рівень його ефективності в диференціальній діагностиці утворення крововиливів травматичного генезу, інфаркту мозку ішемічного і геморагічного генезу, оскільки для кожного із статистичних параметрів, які характеризують мапи орієнтаційного параметра мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку померлих з усіх груп, величини чутливості, специфічності та збалансованої точності нижчі на 15% - 25% від задовільного рівня диференціальної діагностики – 80% - 85%.

Таблиця 2

Специфічність, чутливість, точність методу статистичного аналізу мап орієнтаційного параметра мікроскопічних зображень гістологічних зрізів мозку

Групи "1 – 2+3+4"			
Параметри	Чутливість, Se , %	Специфічність, Sp , %	Точність, Ac , %
SM_1	a=70, b=60	c=61, d=59	n=130
	54	51	52,5
SM_2	a=68, b=62	c=65, d=65	n=130
	52	50	51
SM_3	a=73, b=57	c=68, d=62	n=130
	56	52	54
SM_4	a=75, b=55	c=70, d=60	n=130
	58	54	56
Групи "2 – 3"			
SM_1	a=68, b=62	c=61, d=59	n=130
	52	51	51,5
SM_2	a=61, b=59	c=65, d=65	n=130
	51	50	50,5
SM_3	a=70, b=60	c=61, d=59	n=130
	54	51	52,5
SM_4	a=68, b=62	c=68, d=62	n=130
	52	52	52
Групи "2 – 4"			
SM_1	a=61, b=59	c=65, d=65	n=130
	51	50	50,5
SM_2	a=70, b=60	c=61, d=59	n=130
	54	51	52,5
SM_3	a=70, b=60	c=68, d=62	n=130
	54	52	53
SM_4	a=70, b=60	c=68, d=62	n=130
	54	52	52
Групи "3 – 4"			
SM_1	a=61, b=59	c=65, d=65	n=130
	51	50	50,5
SM_2	a=65, b=65	c=65, d=65	n=130
	50	50	50
SM_3	a=70, b=60	c=61, d=59	n=130
	54	51	52,5
SM_4	a=70, b=60	c=61, d=59	n=130
	54	51	52,5

Тому актуальним є розроблення і апробація нових для судово-медичної практики методів поляриметрії частково деполаризуючих лазерне випромінювання зразків мозку померлих.

Перспектива подальших досліджень. Одним із методів, які можна було б використати для вирішення даного питання, є азимутально-інваріантне Мюллер-матричне картографування, яке добре апробовано для

оцінювання поляризаційних проявів лінійного та циркулярного двоприменезаломлення мереж біологічних кристалів гістологічних зрізів різноманітних біологічних тканин органів людини з різною патологією (рак, безпліддя, діабет та ін.) [3].

Список літератури

1. Хохлов ВВ. Судебная медицина. Смоленск; 2010. 992 с.

Оригінальні дослідження

2. Пиголкина ЕЮ, Дорошева ЖВ, Сидорович В, Бычков АА. Современные аспекты судебно-медицинской диагностики черепно-мозговой травмы. Судебно-медицинская экспертиза. 2012;55(1):38-40.

3. Bachinskiy VT, Boichuk TM, Ushenko AG. Laser polarimetry of biological tissues and fluids: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2017. 204 p.

4. Павлюкович ОВ. Визначення давності настання смерті при деяких видах механічної асфіксії та масивній крововтраті методами лазерної поляриметрії [автореферат]. Київ; 2011. 20 с.

5. Ванчуляк ОЯ. Діагностика гострої коронарної недостатності методом Мюллер-матричного аналізу оптичної анізотропії міозинових мереж міокарда. Статистичний і фрактальний підхід. Morphologia. 2015;9(2):24-8.

6. Ushenko YuA, Dubolazov AV, Karachevtsev AO, Zabolotna NI. A fractal and statistic analysis of Mueller-matrix images of phase inhomogeneous layers. Proc. SPIE 8134, Optics and Photonics for Information Processing V, 81340P [Internet]. 2011 Sept 22 [cited 2017 Dec 23]. Available from: <https://doi.org/10.1117/12.891812>. DOI: 10.1117/12.891812.

7. 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. Proc. SPIE 0277-786X, Fourteenth International Conference on Correlation Optics, edited by OV Angelsky, V. 11369 [Internet]. 2019 Sept 16-19 [cited 2020 Feb 06]. Available from: <https://doi.org/10.1117/12.2553989>. DOI: 10.1117/12.2553989.

8. Ushenko YA, Dubolazov AV, Karachevtsev AO, Sakhnovskiy MY, Bizer LI, Bodnar OB. Multidimensional Mueller Matrices Microscopy of Biological Crystal Networks Structure. Fringe 2013: Springer; 2014. 855-8 p.

References

1. Khokhlov VV. Sudebnaya meditsina [Forensic Medicine]. Smolensk; 2010. 992 p. (in Russian).
2. Pigolkina EYu, Dorosheva ZhV, Sidorovich V, Bychkov AA.

Відомості про автора

Гараздіук М.С. – к.мед.н., доцент кафедри судової медицини та медичного правознавства Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна. m.garazdiuk@gmail.com

Сведения об авторе

Гараздіук М.С. - к.м.н., доцент кафедры судебной медицины и медицинского правоведения Высшего государственного учебного заведения Украины «Буковинский государственный медицинский университет», г. Черновцы, Украина. m.garazdiuk@gmail.com

Informations about the author

Garazdiuk MS - PhD, Associate Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Higher State Educational Establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University", Chernivtsi, Ukraine. m.garazdiuk@gmail.com

Sovremennye aspekty sudebno-meditsinskoj diagnostiki cherepno-mozgovoy travmy [Modern aspects of forensic diagnosis of traumatic brain injury]. Sudebno-meditsinskaya ekspertiza. 2012;55(1):38-40. (in Russian).

3. Bachinskiy VT, Boichuk TM, Ushenko AG. Laser polarimetry of biological tissues and fluids: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2017. 204 p.

4. Pavliukovych OV. Vyznachennia davnosti nastannia smerti pry deiakykh 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]. Kyiv; 2011. 20 p. (in Ukrainian).

5. Vanchuliak OIa. Diahnastyka hostroi koronarnoi nedostatnosti metodom Miuller-matrychnoho analizu optychnoi anizotropii miozynovykh merezh miokarda. Statystychnyi i fraktal'nyi pidkhid [Diagnosis of acute coronary insufficiency by the method of Mueller-matrix analysis of optical anisotropy of myosin networks of the myocardium. Statistical and fractal approach]. Morphologia. 2015;9(2):24-8. (in Ukrainian).

6. Ushenko YuA, Dubolazov AV, Karachevtsev AO, Zabolotna NI. A fractal and statistic analysis of Mueller-matrix images of phase inhomogeneous layers. Proc. SPIE 8134, Optics and Photonics for Information Processing V, 81340P [Internet]. 2011 Sept 22 [cited 2017 Dec 23]. Available from: <https://doi.org/10.1117/12.891812>. DOI: 10.1117/12.891812.

7. 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. Proc. SPIE 0277-786X, Fourteenth International Conference on Correlation Optics, edited by OV Angelsky, V. 11369 [Internet]. 2019 Sept 16-19 [cited 2020 Feb 06]. Available from: <https://doi.org/10.1117/12.2553989>. DOI: 10.1117/12.2553989.

8. Ushenko YA, Dubolazov AV, Karachevtsev AO, Sakhnovskiy MY, Bizer LI, Bodnar OB. Multidimensional Mueller Matrices Microscopy of Biological Crystal Networks Structure. Fringe 2013: Springer; 2014. 855-8 p.

*Надійшла до редакції 19.05.2020
Рецензент — проф. Давиденко І.С.
© М.С. Гараздіук, 2020*