

## ЗАСТОСУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЇ ТОМОГРАФІЇ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ СТРУКТУРОВАНИХ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН ЛЮДИНИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ КРОВОВТРАТИ

Бачинський В. Т., Шилан К. В.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

**Резюме.** У проведенні судово-медичної експертизи трупа у випадках гострої крововтрати вирішальним питанням для судово-слідчих органів є встановлення кількості втраченої крові. Проте це часто залишається складною задачею, оскільки за відсутності відповідної кількісної системи вимірювання об'єму крововтрати судово-медичним експертам доводиться керуватися загальновідомими морфологічними ознаками, що можуть бути досить суб'єктивними. Тому важливими є пошук і розробка нових цифрових методів визначення ступеня крововтрати. Для розв'язання цього питання в роботі запропоноване застосування методу багатопараметричної диференційної Мюллер-матричної томографії біологічних тканин людини.

**Мета роботи.** Розроблення комплексу нових судово-медичних критеріїв для точного встановлення об'єму крововтрати за даними багатопараметричної диференційної Мюллер-матричної томографії полікристалічної структури гістологічних зрізів біологічних тканин з фібрилярною морфологічною структурою.

**Матеріали та методи.** Забір тканин з фібрилярною морфологічною структурою (прямий м'яз живота, шкіра) проводили від 60 трупів обох статей з різним ступенем крововтрати від 0 мм<sup>3</sup> до 2500 мм<sup>3</sup>. Дослідження виконували шляхом поляризаційної мікроскопії гістологічних зрізів біологічних тканин у стандартному розташуванні лазерного поляриметра.

**Результати.** Проводилися експериментальні вимірювання мап розподілів величини лінійного двопронезаломлення зрізів тканин з фібрилярною морфологічною структурою з різними ступенями крововтрати. Встановлений лінійний діапазон зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що пов'язано з деградацією лінійного двопронезаломлення фібрилярних мереж біологічних тканин.

**Висновки.** Продемонстрована ефективність застосування методу диференційної Мюллер-матричної томографії полікристалічної структури лінійного двопронезаломлення оптично анізотропної складової структурованих біологічних тканин до зміни рівня крововтрати померлих. Встановлений діапазон чутливості даного методу  $\Delta V = 0 \text{ мм}^3 \div 1000 \text{ мм}^3$ .

**Ключові слова:** судова медицина, крововтрата, поляриметрія, діагностика, матриця Мюллера.

**Вступ.** Дослідження щодо точної оцінки обсягу крововтрати в судово-медичній практиці є надзвичайно важливими [1-3]. Адже вичерпні дані про ступінь крововтрати в трупа відіграють вирішальну роль при розслідуванні кримінальних справ для правоохоронних органів, судів та інших учасників правового процесу [3, 4]. Вони дозволяють зробити об'єктивні висновки та прийняти правильні рішення на основі наукових даних.

Хочемо зауважити, що нові дослідження в цьому напрямі сприяють розширенню знань щодо механізму крововтрати, розкривають особливості змін внутрішніх органів і тканин людини за цих умов, а також сприяють постійному вдосконаленню методів, що використовуються в судово-медичній практиці та підвищенню їхніх точності та достовірності [5].

У цій роботі запропоноване використання лазерних поляризаційних методик для кількісної оцінки крововтрати. Вони дозволяють досліджувати мікроскопічні зміни біологічних тканин (БТ) за різних умов і патологічних станів, забезпечують точні, відтворювані, цифрові результати.

**Мета роботи.** Розроблення комплексу нових судово-медичних критеріїв для точного встановлення об'єму крововтрати за даними багатопараметричної диференційної Мюллер-матричної томографії полікристалічної структури гістологічних зрізів біологічних тканин з фібрилярною морфологічною структурою.

**Матеріали та методи.** Проводили забір БТ з фібрилярною морфологічною структурою, як-от прямий м'яз живота (ПМЖ) та шкіра, від 60 трупів обох статей віком від 18 до 56 років з різними ступенями крововтрати. Залежно від рівня крововтрати (V) розглядалися наступні репрезентативні вибірки з шести груп зразків:

- $V = 0 \text{ мм}^3$  – група 1 – контрольна група (8 зразків);
- $V = (500 \pm 100) \text{ мм}^3$  – група 2 (7 зразків);
- $V = (1000 \pm 100) \text{ мм}^3$  – група 3 (9 зразків);
- $V = (1500 \pm 100) \text{ мм}^3$  – група 4 (12 зразків);
- $V = (2000 \pm 100) \text{ мм}^3$  – група 5 (13 зразків);
- $V = (2500 \pm 100) \text{ мм}^3$  – група 6 (11 зразків).

Дослідження проводили шляхом поляризаційної мікроскопії гістологічних зрізів БТ за наступною схемою (рис. 1) [6-8]:

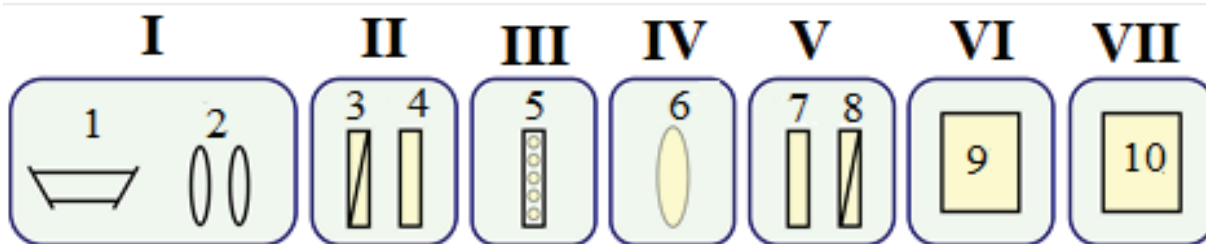


Рис. 1. Функціональна блок-схема багатопараметричної диференційної Мюллер-матричної томографії біологічних препаратів:

I – блок освітлення (1 – лазер; 2 – коліматор);

II – поляризаційний фільтр (3 – поляризатор; 4 – чвертьхвильова фазова пластинка);

III – об'єктний блок (5 – біологічний препарат);

IV – проєкційний блок (6 – поляризаційний мікрооб'єктив);

V – блок поляризаційного аналізу (7 – поляризатор; 8 – чвертьхвильова фазова пластинка);

VI – блок фотоелектронної реєстрації (9 – цифрова камера);

VII – блок обробки даних (10 – персональний комп'ютер).

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою прикладних програм MS® Excel® 2010™ і Statistica® 7.0.

Слід зазначити, що головним «інформаційним» об'єктом методу диференційного Мюллер-матричного картографування є координатна структура лінійного (ЛД) та циркулярного двопронезаломлення (ЦД) полікристалічної структури різноманітних БТ [7].

Під час дослідження ми враховували, що мікроскопічні прояви морфологічної структури БТ являють собою суперпозицію оптично-анізотропних властивостей фібрилярних і паренхіматозних структур БТ з одного боку та формених елементів крові з іншого. Саме тому, на нашу думку, процес крововтрати насамперед призводить до зменшення рівня ЦД та дихроїзму формених елементів крові на тлі поступового некротичного зменшення розподілів ЛД та дихроїзму оптичної анізотропії фібрилярних і паренхіматозних структур. Отже, визначення об'єму крові базується на встановленні взаємозв'язків між змінами розподілів параметрів різних типів томографічно відтворених мап фазової й амплітудної анізотропії та рівнем крововтрати померлих.

**Результати.** Проводилися експериментальні диференційні Мюллер-матричні вимірювання мап розподілів величини ЛД зрізів тканин з фібрилярною морфологічною структурою з різними ступенями крововтрати.

На рис. 2 наведені мапи та гістограми розподілів величини ЛД полікристалічної складової гістологічних зрізів ПМЖ померлих з групи 1 та 2.

Одержані результати ілюструють наявність відмінностей між даними диференційної Мюллер-матричної томографії полікристалічної складової гістологічних зрізів ПМЖ. А саме розподіли величини ЛД тканини ПМЖ з більшим рівнем крововтрати ( $V = (500 \pm 100) \text{ мм}^3$ ) характеризуються більшими середнім значенням і діапазоном розкиду випадкових значень.

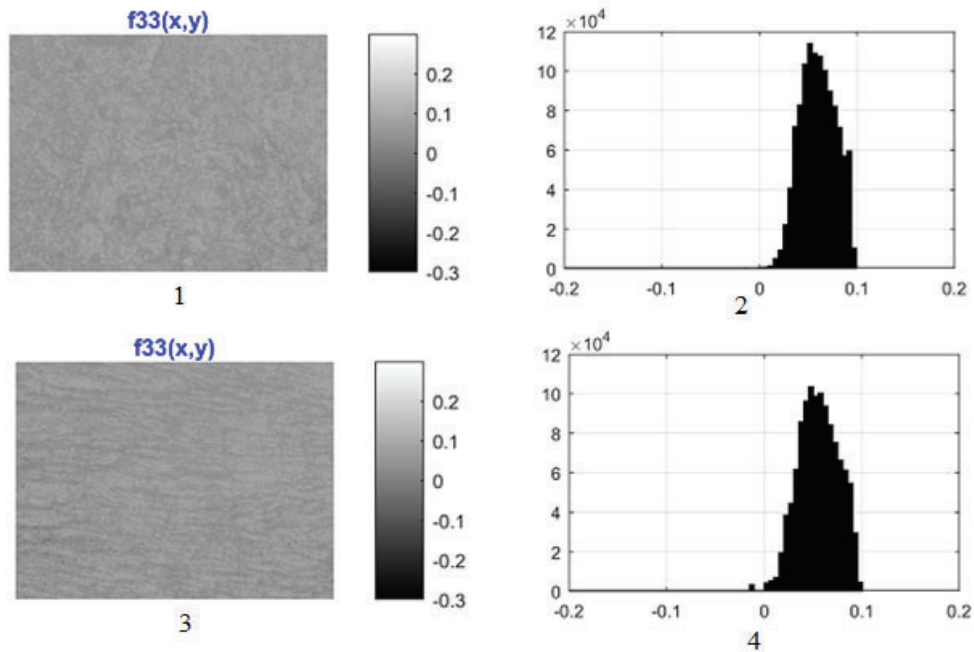


Рис. 2. Мапи (1, 3) та гістограми (2, 4) розподілів величини лінійного двоприменезаломлення полікристалічної складової гістологічних зрізів прямого м'яза живота контрольної (1, 2) та дослідної (3, 4) груп померлих.

На нашу думку, це пов'язано зі змінами структурної анізотропії фібрилярних мереж гістологічних зрізів БТ людини, а також анізотропії формених елементів крові, що розсіюють (деполяризують) лазерне випромінювання.

Отже, поляризаційні прояви крововтрати в тканинах тіла людини полягають в наступному:

- зі збільшенням ступеня крововтрати зменшується концентрація формених елементів крові;
- оптично даний процес детектується в деградації ЛД фібрилярних мереж БТ;
- статистично зростання крововтрати супроводжується зниженням середнього ( $SM_1$ ) і дисперсії ( $SM_2$ ), що характеризують алгоритмічно відтворені розподіли ЛД;
- деградація проявів структурної анізотропії внаслідок зменшення концентрації формених елементів призводить до збільшення величини асиметрії ( $SM_3$ ) й ексцесу ( $SM_4$ ) розподілів величини ЛД полікристалічної складової гістологічних зрізів БТ органів померлих з усіх груп.

Кількісно даний сценарій зміни ЛД структури полікристалічної складової гістологічних зрізів ПМЖ померлих з різними ступенями крововтрати ілюструють статистичні моменти 1-4-го порядків, що наведені в табл. 1.

Отримані дані показують лінійний діапазон зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що за рівнем крововтрати складає від  $0 \text{ мм}^3$  до  $1000 \text{ мм}^3$ . Водночас найчутливішими до таких змін виявилися асиметрія ( $SM_3$ ) й ексцес ( $SM_4$ ). Ці лінійні зміни ілюструє графік, наведений на рис. 3.

Таблиця 1

**Статистична структура мап лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів  
прямого м'яза живота померлих з різними ступенями крововтрати**

Крововтрата, мм <sup>3</sup>	0	(500±100) мм <sup>3</sup>	(1000±100) мм <sup>3</sup>
Середнє (SM <sub>1</sub> )	0,19±0,007	0,14±0,004	0,103±0,003
p	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Дисперсія (SM <sub>2</sub> )	0,11±0,004	0,09±0,003	0,07±0,002
p	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Асиметрія (SM)	0,81±0,036	1,15±0,045	1,44±0,067
p	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Експес (SM <sub>4</sub> )	1,51±0,068	1,98±0,091	2,31±0,105
p	p<0,05	p<0,05	p<0,05
Крововтрата, мм <sup>3</sup>	(150±100) мм <sup>3</sup>	(2000±100) мм <sup>3</sup>	(2500±100) мм <sup>3</sup>
Середнє (SM <sub>1</sub> )	0,107±0,007	0,104±0,0075	0,106±0,0076
p	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Дисперсія (SM <sub>2</sub> )	0,08±0,005	0,07±0,005	0,09±0,006
p	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Асиметрія (SM <sub>3</sub> )	1,35±0,059	1,41±0,062	1,37±0,061
P	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Експес (SM <sub>4</sub> )	2,18±0,12	2,22±0,13	2,25±0,14
p	p>0,05	p>0,05	p>0,05

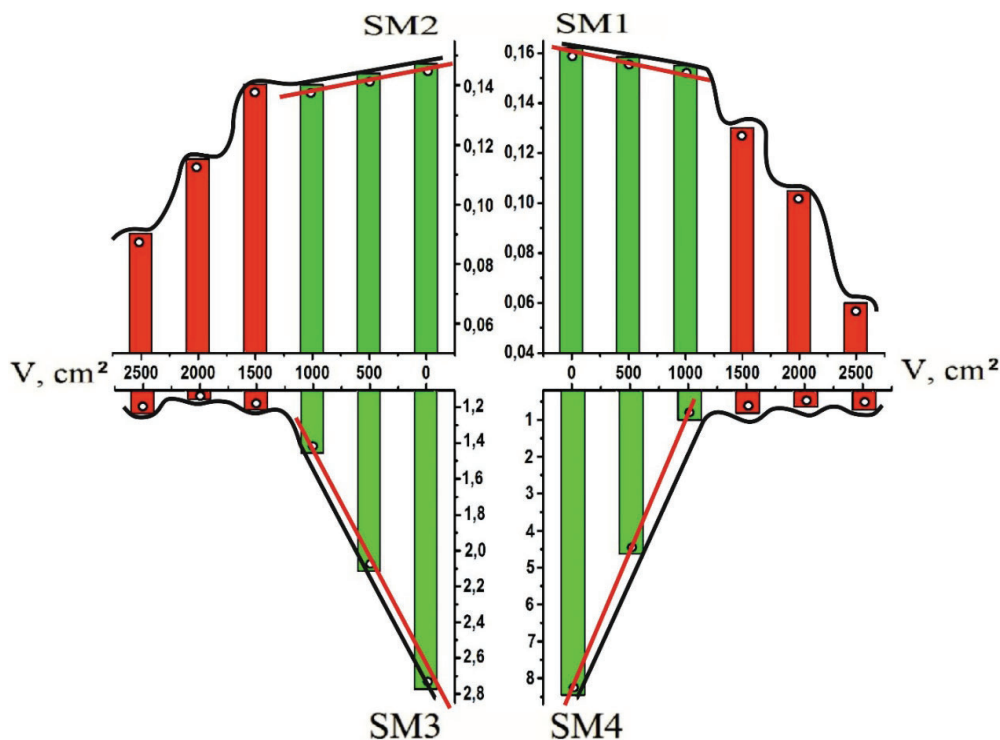


Рис. 3. Залежності величини SM<sub>1,2,3,4</sub>, що характеризують розподіли лінійного двопронезаломлення полікрystalічної складової гістологічних зрізів прямого м'яза живота померлих з різними ступенями крововтрати.

На наступному етапі нашого дослідження було проведено вивчення гістологічних зрізів шкіри від трупів людей з різним об'ємом крововтрати. Рис. 4 ілюструє мапи та гістограми розподілів величини ЛД оптично анізотропних колагенових мереж гістологічних зрізів шкіри померлих з груп 1 і 3.

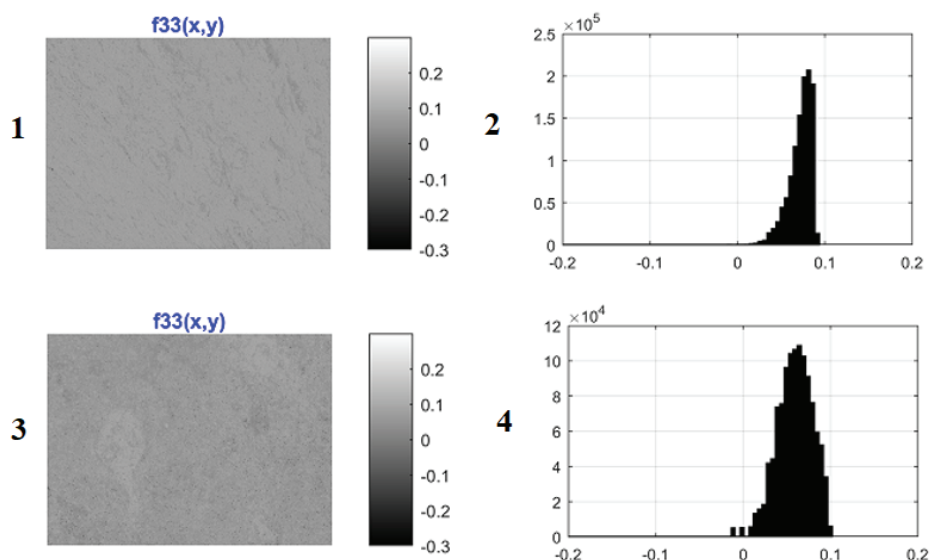


Рис. 4. Мапи (1, 3) та гістограми (2, 4) розподілів величини лінійного двопронезаломлення полікристалічної складової гістологічних зрізів шкіри контрольної (1, 2) та дослідної (3, 4) груп померлих.

Експериментальні дані поляризаційної Мюллер-матричної томографії гістологічних зрізів шкіри померлих виявили зменшення середнього значення та діапазону розкиду випадкових значень величини ЛД зразків шкіри на інтервалі крововтрати до  $V = (1000 \pm 100) \text{ мм}^3$ . Отримані результати відповідають аналогічним змінам кровонасичення ПМЖ. Тому можна стверджувати, що зміна структури алгоритмічно відтворених мап ЛД фібрилярних протеїнових мереж внаслідок крововтрати ідентична для структурованих типів БТ.

Кількісно специфіку таких змін полікристалічної структурної анізотропії гістологічних зрізів шкіри померлих з різними ступенями крововтрати ілюструють статистичні параметри 1-4-го порядків, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Статистична структура мап лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів шкіри померлих з різними ступенями крововтрати**

Крововтрата, $\text{мм}^3$	0	$(500 \pm 100) \text{ мм}^3$	$(1000 \pm 100) \text{ мм}^3$
Середнє ( $SM_1$ )	$0,17 \pm 0,007$	$0,135 \pm 0,005$	$0,099 \pm 0,004$
p	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Дисперсія ( $SM_2$ )	$0,09 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,003$	$0,05 \pm 0,002$
p	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Асиметрія (SM)	$1,58 \pm 0,066$	$1,88 \pm 0,075$	$2,14 \pm 0,097$
p	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Ексцес ( $SM_4$ )	$2,25 \pm 0,106$	$2,75 \pm 0,12$	$3,31 \pm 0,15$
p	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Крововтрата, $\text{мм}^3$	$(1500 \pm 100) \text{ мм}^3$	$(2000 \pm 100) \text{ мм}^3$	$(2500 \pm 100) \text{ мм}^3$
Середнє ( $SM_1$ )	$0,105 \pm 0,007$	$0,101 \pm 0,006$	$0,096 \pm 0,006$
p	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Дисперсія ( $SM_2$ )	$0,06 \pm 0,004$	$0,05 \pm 0,003$	$0,08 \pm 0,005$
p	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Асиметрія (SM)	$2,05 \pm 0,099$	$2,11 \pm 0,105$	$2,03 \pm 0,096$
p	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$
Ексцес ( $SM_4$ )	$3,18 \pm 0,16$	$3,22 \pm 0,17$	$3,12 \pm 0,15$
p	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p > 0,05$

З одержаних даних видно, що величини середнього, дисперсії, асиметрії й ексцесу, що характеризують алгоритмічно відтворені мапи структурної анізотропії ЛД набору гістологічних зрізів шкіри померлих, змінюються в межах об'єму крововтрати 0÷1000 мм<sup>3</sup>. Водночас найчутливішими до таких змін виявилися асиметрія (SM<sub>3</sub>) й ексцес (SM<sub>4</sub>). Рис. 5 ілюструє діаграми зміни набору статистичних моментів SM<sub>1,2,3,4</sub> у вигляді графічних залежностей.

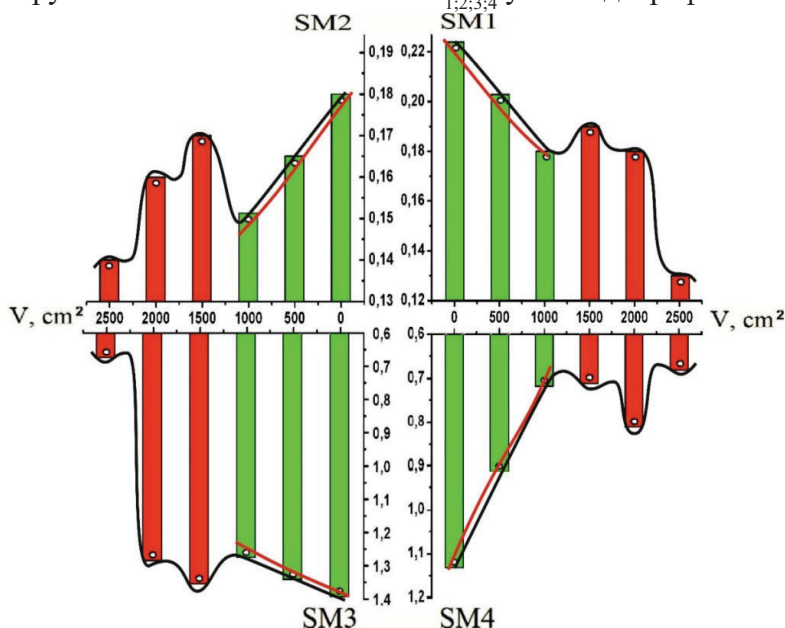


Рис. 5. Залежності величини середнього, дисперсії, асиметрії й ексцесу, що характеризують мапи лінійного двопрорізального гістологічних зрізів шкіри померлих з різними ступенями крововтрати.

Задля встановлення ефективності диференційної діагностики ступеня крововтрати методом багатоканальної Мюллер-матричної томографії ЛД полікристалічної структури структурованих БТ були проведені аналіз і систематизація отриманих результатів.

Для кожного статистичного моменту, що характеризує розподіли ЛД набору БТ з різних груп померлих, обчислювалася точність визначення ступеня крововтрати на основі експериментально одержаних номограм (табл. 3,4).

Таблиця 3

**Точність Ас (%) встановлення об'єму крововтрати прямого м'яза живота**

Крововтрата, мм <sup>3</sup>	(500±100) мм <sup>3</sup>	(1000±100) мм <sup>3</sup>	(1500±100) мм <sup>3</sup>	(2000±100) мм <sup>3</sup>	(2500±100) мм <sup>3</sup>
Середнє (SM <sub>1</sub> )	84	84	70	60	63
Дисперсія (SM <sub>2</sub> )	78	74	67	60	61
Асиметрія (SM <sub>3</sub> )	86	84	72	63	64
Ексцес (SM <sub>4</sub> )	88	86	74	61	66

Таблиця 4

**Точність Ас (%) визначення об'єму крововтрати шкіри**

Крововтрата, мм <sup>3</sup>	(500±100) мм <sup>3</sup>	(1000±100) мм <sup>3</sup>	(1500±100) мм <sup>3</sup>	(2000±100) мм <sup>3</sup>	(2500±100) мм <sup>3</sup>
Середнє (SM <sub>1</sub> )	64	62	58	56	53
Дисперсія (SM <sub>2</sub> )	68	64	57	56	51
Асиметрія (SM <sub>3</sub> )	86	84	62	60	56
Ексцес (SM <sub>4</sub> )	82	80	58	56	52

Аналіз одержаних даних виявив наступні параметри діагностичної ефективності статистичного аналізу алгоритмічно відтворених експериментальних даних методом

багатоканальної диференційної Мюллер-матричної томографії мап ЛД полікристалічної складової гістологічних зрізів фібрилярних і БТ:

1. для всіх досліджених біологічних препаратів діапазон чутливості методу диференційної Мюллер-матричної томографії ЛД до зміни рівня крововтрати померлих складає  $0 \div 1000 \text{ мм}^3$ ;
2. величина точності диференційного Мюллер-матричного методу відтворення ЛД коливається в межах:
  - $\Delta V = 0 \div 1000 \text{ мм}^3 \leftrightarrow 86-92 \%$ ;
  - $\Delta V = 1500 \div 2500 \text{ мм}^3 \leftrightarrow 56-68 \%$ ;
3. максимальний рівень досягається для нижченаведених статистичних параметрів, що характеризують мапи структурної анізотропії ЛД наступних біологічних препаратів:
  - ПМЖ –  $\begin{cases} \mathbf{SM}_3 \Leftrightarrow 84\% - 86\%; \\ \mathbf{SM}_4 \Leftrightarrow 86\% - 88\%; \end{cases}$
  - шкіра –  $\begin{cases} \mathbf{SM}_3 \Leftrightarrow 84\% - 86\%; \\ \mathbf{SM}_4 \Leftrightarrow 80\% - 82\%; \end{cases}$

**Висновки.** Продемонстрована ефективність застосування методу диференційної Мюллер-матричної томографії полікристалічної структури лінійного двопронезаломлення оптично анізотропної складової структурованих біологічних тканин до зміни рівня крововтрати померлих. Встановлений діапазон чутливості даного методу  $\Delta V = 0 \div 1000 \text{ мм}^3$ .

**Перспективи подальших досліджень.** На нашу думку, більш динамічним параметром, що змінюється в результаті крововтрати, є ЦД БТ, що за таких умов переважно пов'язане з концентрацією формених оптично активних елементів крові. Тому актуальним є застосування іншого чутливішого алгоритму томографічного відтворення, що дозволяє безпосередньо детектувати другий механізм – зміну координатної та топографічної структур мап ЦД оптично-анізотропних структур гістологічних зрізів БТ.

### Література:

1. Smith FR, Nicloux C, Brutin D. A new forensic tool to date human blood pools. Sci Rep [Internet]. 2020 May [cited 2022 Apr 18];10(1):8598. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65465-4#citeas> doi: 10.1038/s41598-020-65465-4
2. Aghayev E, Sonnenschein M, Jackowski C, Thali M, Buck U, Yen K, et al. Postmortem radiology of fatal hemorrhage: measurements of cross-sectional areas of major blood vessels and volumes of aorta and spleen on MDCT and volumes of heart chambers on MRI. Am J Roentgenol. 2006;187(1):209-15. doi: 10.2214/AJR.05.0222
3. Palmiere C, Binaghi S, Doenz F, Bize P, Chevallier C, Mangin P, et al. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of post-mortem CT-angiography. Forensic Sci Int. 2012;222(1-3):33-9. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.04.031
4. Schorn MN. Measurement of Blood Loss: Review of the Literature. J Midwifery Women's Health. 2010;55(1):20-7. doi: 10.1016/j.jmwh.2009.02.014
5. Яланська ЛО. Розробка методів визначення об'єму крововтрати при проведенні судово-медичних експертиз. Вісник проблем біології і медицини. 2002;2:93-7.
6. Павлюкович ОВ. Методологічний аналіз розвитку науково-практичної проблеми судово-медичної діагностики давності настання смерті при механічній асфіксії та крововтраті. Буковинський медичний вісник. 2010; 14(2):134-7.
7. Prysazhnyuk VP, Ushenko YuA, Dubolazov AV, Ushenko AG, Ushenko VA. Polarization-dependent laser autofluorescence of the polycrystalline networks of blood plasma films in the task of liver pathology differentiation. Appl Opt. 2016;55(12): B126-32. doi: 10.1364/AO.55.00B126

8. Kvasniuk D, Trifonyuk L, Stashkevich A, Kozan N, Ushenko V, Dunaiev O., et al. Detection of pathological changes in the architectonics of polycrystalline blood films using laser-induced polarization interferometry. In: Proc. SPIE 12126, Fifteenth International Conference on Correlation Optics, 1212629 [Internet]. 2021 Dec 20 [cited 2022 Apr 18]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12126/1212629/Detection-of-pathological-changes-in-the-architectonics-of-polycrystalline-blood/10.1117/12.2616837.full?SSO=1> doi: 10.1117/12.2616837

### References:

1. Smith FR, Nicloux C, Brutin D. A new forensic tool to date human blood pools. Sci Rep [Internet]. 2020 May [cited 2022 Apr 18];10(1):8598. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65465-4#citeas> doi: 10.1038/s41598-020-65465-4
2. Aghayev E, Sonnenschein M, Jackowski C, Thali M, Buck U, Yen K, et al. Postmortem radiology of fatal hemorrhage: measurements of cross-sectional areas of major blood vessels and volumes of aorta and spleen on MDCT and volumes of heart chambers on MRI. Am J Roentgenol. 2006;187(1):209-15. doi: 10.2214/AJR.05.0222
3. Palmiere C, Binaghi S, Doenz F, Bize P, Chevallier C, Mangin P, et al. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of post-mortem CT-angiography. Forensic Sci Int. 2012;222(1-3):33-9. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.04.031
4. Schorn MN. Measurement of Blood Loss: Review of the Literature. J Midwifery Women's Health. 2010;55(1):20-7. doi: 10.1016/j.jmwh.2009.02.014
5. Yalans'ka LO. Rozrobka metodiv vyznachennia ob'iemu krovovtraty pry provedenni sudovomedychnykh ekspertyz [Development of methods for determining the volume of blood loss during forensic examinations]. Visnyk problem biolohii i medytsyny. 2002;2:93-7. (in Ukrainian)
6. Pavliukovykh OV. Metodolohichniy analiz rozvytku naukovo-praktychnoi problemy sudovomedychnoi diahnozyky davnosti nastannia smerti pry mekhanichnii asfiksii ta krovovtrati [Methodological analysis of the development of the scientific-practical problem of forensic-medical diagnostics of the prescription of death coming in case of mechanical asphyxia and a blood loss]. Bukovyns'kyi medychnyi visnyk. 2010; 14(2):134-7. (in Ukrainian)
7. Prysyzhnyuk VP, Ushenko YuA, Dubolazov AV, Ushenko AG, Ushenko VA. Polarization-dependent laser autofluorescence of the polycrystalline networks of blood plasma films in the task of liver pathology differentiation. Appl Opt. 2016;55(12): B126-32. doi: 10.1364/AO.55.00B126
8. Kvasniuk D, Trifonyuk L, Stashkevich A, Kozan N, Ushenko V, Dunaiev O., et al. Detection of pathological changes in the architectonics of polycrystalline blood films using laser-induced polarization interferometry. In: Proc. SPIE 12126, Fifteenth International Conference on Correlation Optics, 1212629 [Internet]. 2021 Dec 20 [cited 2022 Apr 18]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12126/1212629/Detection-of-pathological-changes-in-the-architectonics-of-polycrystalline-blood/10.1117/12.2616837.full?SSO=1> doi: 10.1117/12.2616837

## APPLICATION OF DIFFERENTIAL MULLER-MATRIX TOMOGRAPHY OF HISTOLOGICAL SECTIONS OF STRUCTURED BIOLOGICAL HUMAN TISSUES TO DETERMINE THE DEGREE OF BLOOD LOSS

Bachynskyi V. T., Shilan K. V.

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Summary.** In conducting a forensic medical examination of a corpse, in cases of acute blood loss, the decisive issue for investigators is to establish the amount of lost blood. However, this often



remains a difficult task, since in the absence of a suitable quantitative system for measuring the volume of blood loss, forensic medical experts have to be guided by well-known morphological signs, which can be quite subjective. In conducting a forensic medical examination of a corpse, in cases of acute blood loss, the decisive issue for investigators is to establish the amount of lost blood. Therefore, it is important to find and develop new digital methods for determining the degree of blood loss. In order to solve this problem, the application of the method of multiparametric differential Mueller-matrix tomography of human biological tissues is proposed.

**Aim of the work.** To develop a set of forensic criteria for the accurate determination of the volume of blood loss based on the data of differential Mueller-matrix tomography of histological sections of biological tissues with a fibrillar morphological structure.

**Materials and methods.** Tissues with a fibrillar morphological structure (rectus abdominis muscle, skin) were collected from 60 cadavers of both sexes with varying degrees of blood loss from 0 mm<sup>3</sup> to 2500 mm<sup>3</sup>. The research was carried out by polarizing microscopy of histological sections of biological tissues in the standard location of the laser polarimeter.

**Results.** Experimental measurements of distribution maps of linear birefringence of tissue sections with a fibrillar morphological structure with different degrees of blood loss were carried out. A linear range of changes in the magnitude of statistical moments of the 1st to 4th orders was established, which is associated with the degradation of linear birefringence of fibrillar networks of biological tissues.

**Conclusions.** The effectiveness of applying the method of differential Mueller-matrix tomography of polycrystalline LD of the optically anisotropic component of structured biological tissues to changes in the level of blood loss of the deceased has been demonstrated. The sensitivity range  $\Delta V=0\div 1000$  mm<sup>3</sup> of this method is established.

**Keywords:** forensic medicine, blood loss, polarimetry, diagnostics, Mueller's matrix.

#### **Відомості про автора:**

Бачинський В. Т. – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, начальник КМУ «Обласне бюро судово-медичної експертизи» Департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА, м. Чернівці, Україна, e-mail: bachynskiy.viktor@bsmu.edu.ua, ORCID ID:0000-0002-6955-7507

Шилан К. В. – аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: kob\_sme\_kir@ukr.net

#### **Information about authors:**

Bachynskiy V. T. – Doctor of Medical Science, Professor, Head of the Department of Forensic Medicine and Medical Law, Bukovinian State Medical University, Head of the CMI «Regional Bureau of Forensic Medical Examination» of the Department of Health Protection of the Chernivtsi Regional State Administration, Chernivtsi, Ukraine e-mail: bachynskiy.viktor@bsmu.edu.ua, ORCID ID:0000-0002-6955-7507

Shilan K. V. – post-graduate student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine e-mail: kob\_sme\_kir@ukr.net