

БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МОЗ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ІМЕНІ П.Л. ШУПИКА

АСОЦІАЦІЯ СУДОВИХ МЕДИКІВ УКРАЇНИ

ДСУ «ГОЛОВНЕ БЮРО СУДОВО-МЕДИЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ МІНІСТЕРСТВА
ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ»

СУДОВО-МЕДИЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Науково-практичний рецензований журнал № 1/2024

Заснований у грудні 2010 р.

Виходить 2 рази на рік

ISSN 2218-838X (Print)

ISSN 2707-8728 (Online)

Засновники журналу:

Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика
Буковинський державний медичний університет
Асоціація судових медиків України
ДСУ «Головне бюро судово-медичної експертизи МОЗ України»

Наказом МОН України № 735 від 29.06.2021 р. «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства» журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» (свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 25013-14953ПР), галузь науки «Медицина», спеціальність – 222.

Журнал включений до наступних каталогів і наукометричних баз: Національна бібліотека імені В.І. Вернадського (V.I. Vernadskyi National Library of Ukraine), «Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа URAN» (Open Journal Systems), CrossRef.

Мова видання: українська, англійська

Головний редактор:

Бачинський Віктор Теодосович – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, КМУ «Обласне бюро судово-медичної експертизи» департаменту охорони здоров'я Чернівецької ОДА, м. Чернівці, Україна

Заступник головного редактора:

Ванчуляк Олег Ярославович – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Редакційна рада:

Геруш І.В. – професор, ректор, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Борисюк А.С. – д.психол.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Войченко В.В. – к.мед.н., доц., Голова Асоціації судових медиків України, м. Дніпро, Україна

Воронов В.Т. – д.мед.н., проф., Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

Гаврилюк А.О. – д.мед.н., проф., Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

Герасименко О.І. – д.мед.н., проф., Донецький національний медичний університет, м. Кропивницький, Україна

Гуров О.М. – д.мед.н., проф., Харківська медична академія післядипломної освіти, м. Харків, Україна

Джозеф Сідло (Jozef Šidlo) – к.мед.н., доц., Інститут судової медицини Медичного університету ім. Коменського, м. Братислава, Республіка Словаччина

Дунаєв О.В. – д.мед.н., проф., Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

Еміліо Нуццолезе (Emilio Nuzzolese) – к.мед.н., доц., судово-медичний одонтолог, завідувач лабораторії по ідентифікації невідомих осіб, м. Турин, Італійська Республіка

Захарчук О.І. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Зорій Н.І. – к.філос.н., доц., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Ілашук Т.О. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Колоскова О.К. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Костенко Є.Я. – д.мед.н., проф., Голова Асоціації судових стоматологів України, Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна
Козань Н.М. – д.мед.н., проф., Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна
Козлов С.В. – д.мед.н., проф., Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна
Кривда Г.Ф. – д.мед.н., проф., Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна
Курт Трубнер (Kurt Truebner) – Голова Асоціації судових медиків Східної Європи, Інститут судової медицини Дуйсбург-Ессенського Університету, м. Ессен, Федеративна Республіка Німеччина
Михайличенко Б.В. – д.мед.н., проф., Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
Мішалов В.Д. – д.мед.н., проф., Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна
Нечитайло Ю.М. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Падуре А.М. – д.мед.н., проф., Державний університет медицини і фармації ім. М. Тестеміцану, м. Кишинів, Республіка Молдова
Пашковський В.М. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Пенішкевич Я.І. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Повстяний В.А. – к.мед.н., головний судово-медичний експерт МОЗ України, директор Державної спеціалізованої установи «Головне бюро судово-медичної експертизи Міністерства охорони здоров'я України», м. Київ, Україна
Полянський І.Ю. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Савка І.Г. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Свен Бентхаус (Sven Benthaus) – к.мед.н., проф., директор Європейського центру по ідентифікації жертв катастроф та судово-медичної науки, Федеративна Республіка Німеччина
Сілке Грабхер (Silke Grabherr) – д.мед.н., проф., Науково-Практичний Центр Судової Медицини, Університетська Клініка Женеви та Лозанни, м. Лозанна, Швейцарська Конфедерація
Сокольник С.О. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Ташук В.К. – д.мед.н., проф., Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна
Ушенко О.Г. – д.фіз.-мат.н., проф., Академік АН Вищої школи України, Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна
Франчук В.В. – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна

Редакційна колегія:

Білоус Т.М. (д.мед.н., доц.), **Вербицька Ю.С.**, **Гараздук М.С.** (к.мед.н., доц.), **Гунас В.І.** (д.мед.н., доц.), **Давиденко І.С.** (д.мед.н., проф.), **Давтян Л.Л.** (д.фарм.н., проф.), **Дейнека С.Є.** (д.мед.н., проф.), **Заморський І.І.** (д.мед.н., проф.), **Корнілова Є.О.**, **Кравченко О.В.** (д.мед.н., проф.), **Кузняк Н.Б.** (д.мед.н., доц.), **Москалюк В.Д.** (д.мед.н., проф.), **Навчук І.В.** (к.мед.н., доц.), **Ольховський В.О.** (д.мед.н., проф.), **Плевінскіс П.В.** (д.мед.н., доц.), **Пономаренко М.С.** (д.фарм.н., проф.), **Слободян О.М.** (д.мед.н., проф.), **Струк І.М.** (к.філол.н., доц.), **Федів В.І.** (д.фіз.-мат.н., проф.), **Федонюк Л.Я.** (д.мед.н., проф.), **Хухліна О.С.** (д.мед.н., проф.), **Цигикало О.В.** (д.мед.н., проф.), **Чайковський Ю.Б.** (ч.-к. НАМН країни, д.мед.н., проф.), **Шаповалова В.О.** (д.фарм.н., проф.), **Шаповалов В.В.** (д.фарм.н., проф.), **Шевчук М.М.** (к.мед.н., доц.), **Шепітько В.Ю.** (акад. НАМН України, д.юр.н., проф.), **Шкварковський І.В.** (д.мед.н., проф.)

Відповідальний редактор електронної версії журналу в системі Open Journal Systems (OJS):
Саркісова Ю.В. (доктор філософії)

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet:

Вченою радою Буковинського державного медичного університету (протокол № 15 від 15.06.2024 р.)
Президією Асоціації судових медиків України (протокол № 10 від 27.06.2024 р.)

Офіційний web-сайт журналу: <http://forensic.bsmu.edu.ua/>

Електронна версія журналу представлена на web-сайті Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського (м Київ, Україна) у розділі «Наукова періодика України»: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>

БАГАТОКАНАЛЬНА МЮЛЛЕР-МАТРИЧНА ТОМОГРАФІЯ ЯК МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ КРОВОВТРАТИ В СУДОВО-МЕДИЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Бачинський В. Т., Шилан К. В.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Резюме. Ураховуючи надзвичайну актуальність встановлення об'єму крововтрати в процесі проведення судово-медичного дослідження трупа, автори запропонували метод сучасного цифрового аналізу – багатоканальна Мюллер-матрична томографія біологічних тканин людини.

Мета роботи – розробити комплекс судово-медичних критеріїв для точного визначення об'єму крововтрати за допомогою методу багатоканальної поляризаційної Мюллер-матричної томографії.

Матеріали та методи. Для дослідження проводили забір зразків прямого м'яза живота та шкіри від 85 померлих віком від 18 до 56 років з різним ступенем крововтрати.

Результати. Запропонована методика дослідження зміни значень лінійного двопронезаломлення фібрилярних структур прямого м'яза живота та шкіри померлих унаслідок гострої внутрішньої та зовнішньої крововтрати показала можливість точного встановлення в межах об'єму $0 \pm 2000 \text{ мм}^3$.

Висновки. Метод багатоканального диференціального Мюллер-матричного томографічного відтворення набору мап лінійного двопронезаломлення і гістограм розподілів випадкових значень параметра структурної анізотропії гістологічних зрізів прямого м'яза живота та шкіри померлих з різним ступенем крововтрати чутливий в межах $\Delta V = 0 \text{ мм}^3 \div 2500 \text{ мм}^3$. Визначено діапазони зміни точності багатоканального методу томографічного відтворення мап лінійного двопронезаломлення у межах $\Delta V = 0 \text{ мм}^3 \div 1000 \text{ мм}^3 \leftrightarrow 86\% - 92\%$.

Ключові слова: судова медицина, крововтрата, Мюллер-матрична томографія, діагностика.

Вступ. У практичній діяльності судово-медичного експерта досить часто трапляються випадки смерті внаслідок масивної зовнішньої чи внутрішньої крововтрати. Точне визначення її об'єму може бути ключовим під час розслідування кримінальної справи, тому залишається надзвичайно актуальним завданням і на сьогодні. Одним із простих і часто використовуваних перших методів оцінки крововтрати є дослідження джерела кровотечі та кількості крові, наявної на місці події [1-2]. Проте, за результатами багатьох досліджень, така візуальна оцінка є ненадійною та часто неточною, адже рівень втрати крові може бути дуже пере- або недооцінений судово-медичним експертом, що призведе до помилкових висновків [3-5].

Саме тому практичні експерти надають перевагу інструментальним методикам визначення крововтрати, які можуть забезпечити більш точний результат та відтворювальні цифрові значення. Перспективною методикою, на нашу думку, є поляризаційна Мюллер-матрична томографія, що успішно забезпечила вирішення багатьох судово-медичних завдань [6-9].

Мета роботи – розробити комплекс судово-медичних критеріїв для точного визначення об'єму крововтрати за допомогою методу багатоканальної поляризаційної Мюллер-матричної томографії.

Матеріал та методи. Для дослідження проводили забір зразків структурованих біологічних тканин (СБТ) таких як прямий м'яз живота (ПМЖ) та шкіра ($n=85$) померлих віком від 18 до 60 років. За попередньо відомим об'ємом крововтрати (V) всі зразки поділили на такі групи:

$V = 0 \text{ мм}^3$ – група № 1 – (10 зразків);

• $V = (500 \pm 100) \text{ мм}^3$ – група № 2 (9 зразків);

• $V = (1000 \pm 100) \text{ мм}^3$ – група № 3 (15 зразків);

- $V = (1500 \pm 100) \text{ mm}^3$ – група № 4 (16 зразків);
- $V = (2000 \pm 100) \text{ mm}^3$ – група № 5 (18 зразків);
- $V = (2500 \pm 100) \text{ mm}^3$ – група № 6 (17 зразків).

Обчислення значень алгоритмічно відтворених мап лінійного двопронезаломлення (ЛД) полікристалічного складника гістологічних зрізів СБТ з різним рівнем крововтрати проводили за допомогою лазерного поляриметра класичної схеми.

Визначення об'єму крововтрати проводили шляхом співставлення встановлених значень статистичних моментів 1-4 порядків з подальшим порівнянням із контрольними значеннями. Для сукупності гістологічних зрізів кожної біологічної фібрилярної тканини будували серію номограм-залежностей величини значень статистичних моментів $SM_{i=1,2,3,4}$ від об'єму крововтрати V . У подальшому шляхом апроксимації отриманих значень методом найменших квадратів знаходили апроксимаційні криві $\Phi(\Theta)$ для кожного із випадків. Аналіз одержаних кривих $\Phi(\Theta)$ показав наявність лінійних ділянок ($\Theta = \text{const}$), також були визначені кути їх нахилу Θ_i . Одержані дані дозволили досліджувати зразки СБТ з невідомим рівнем крововтрати та визначають його об'єм за розробленим нами алгоритмом (рис. 1).

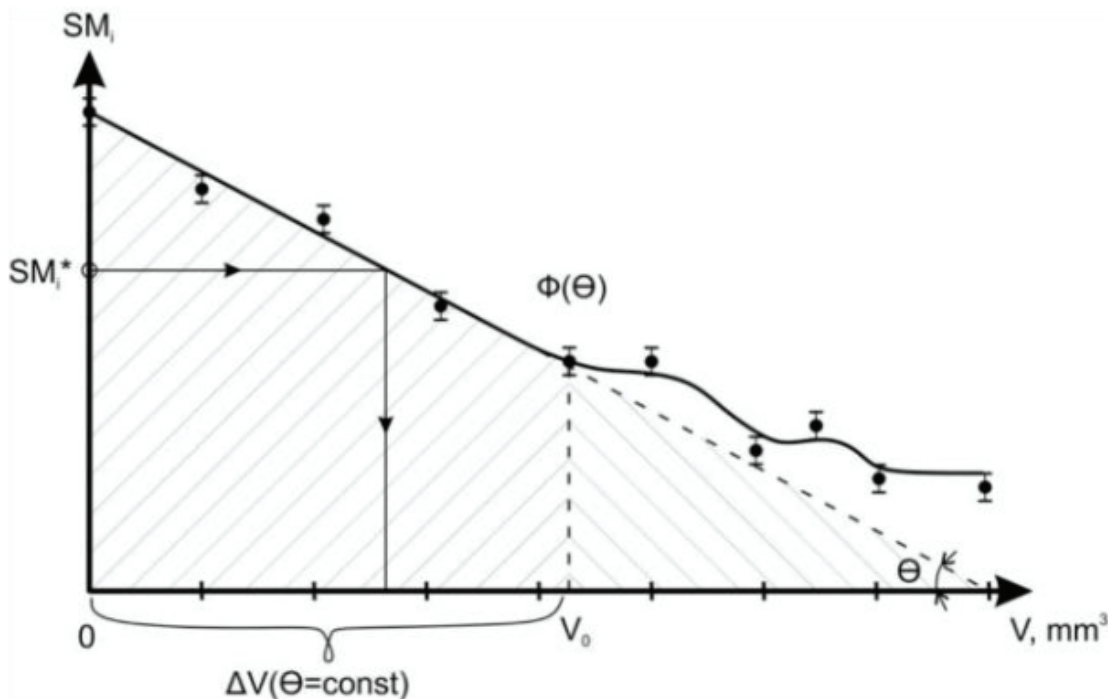
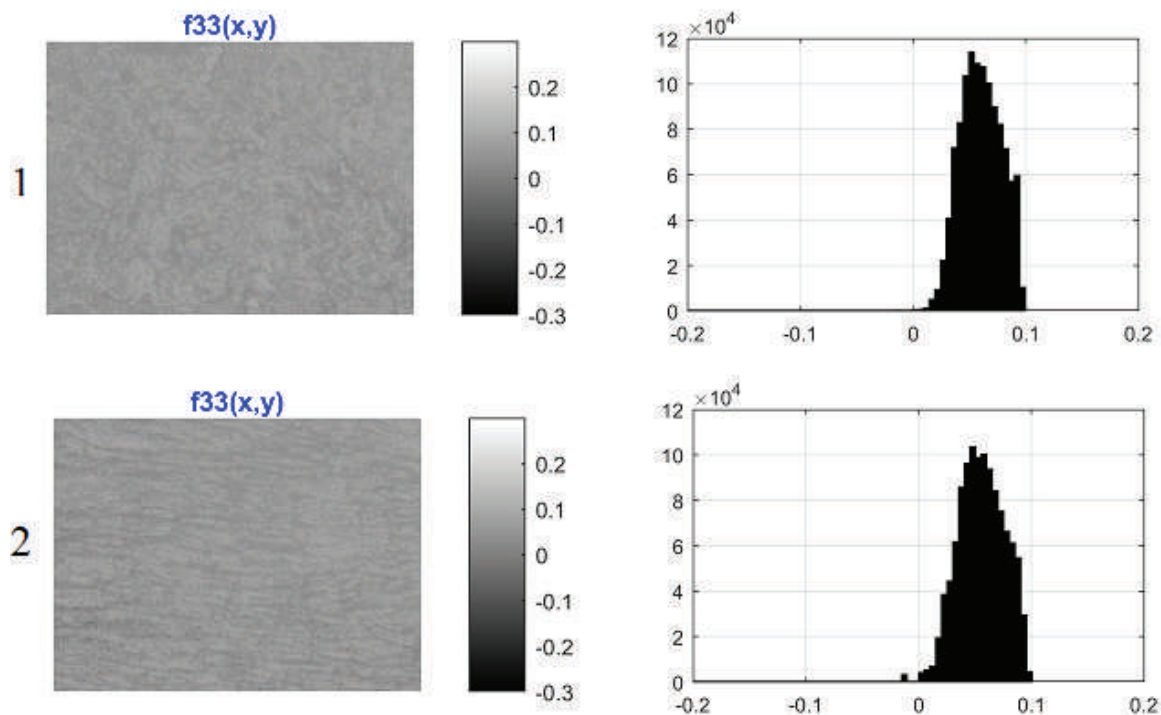


Рис. 1. Діаграма визначення об'єму крововтрати:

- Q – тип мапи оптичної анізотропії біологічного препарату – величини ЛД і дихроїзму;
- SM_i – один з набору статистичних параметрів;
- $\Phi(\Theta)$ – апроксимаційна крива;
- Θ – кут нахилу прямолінійної ділянки $\Phi(\Theta)$;
- $V(\Theta = \text{const})$ – діагностично-актуальний діапазон зміни об'єму крововтрати V ;
- SM_i^* – значення статистичного параметра зображення Q гістологічного зрізу тканини або плівки крові померлого з невідомим об'ємом крововтрати;
- V^* – питоме значення крововтрати померлого.

Статистичну обробку даних проводили за допомогою програм MS® Excel® 2010™ та Statistica® 7.0.

Результати. У ході проведення дослідження отримані мапи і гістограми розподілів величини ЛД полікристалічного складника зрізів ПМЖ померлих з групи № 1 (рис. 2, фрагмент 1) і групи № 2 (рис. 2, фрагмент 2).



(2).

Рис. 2. Мапи і гістограми розподілів величини ЛД полікристалічного складника гістологічних зрізів ПМЖ контрольної (1) та дослідної (2) груп померлих.

Результати дослідження демонструють відмінності між даними диференціальної Мюллер-матричної томографії полікристалічної компоненти гістологічних зрізів ПМЖ. Розподіли величини ЛД тканини ПМЖ з більшим об'ємом крововтрати ($V=500\text{мм}^3\pm 100\text{мм}^3$) показують більші значення отриманих показників, що представлено на рис. 3 та табл. 1. На наш погляд, головним чинником формування координатної структури поляризаційних зображень є оптична анізотропія біологічних об'єктів, а саме структурна анізотропія фібрилярної мережі досліджуваних тканин, що змінюється при зменшенні концентрації формених елементів крові в останніх. Отже, зі зростанням ступеня крововтрати знижується концентрація формених елементів крові, а оптично цей процес відображається в деградації ЛД фібрилярних елементів СБТ. Водночас це проявляється в змінах статистичних значень алгоритмічно відтворених розподілів ЛД.

Таблиця 1

Статистична структура мап ЛД зразків ПМЖ при різних об'ємах крововтрати

Об'єм крововтрати, мм^3	0	(500±100) мм^3	(1000±100) мм^3	(1500±100) мм^3	(2000±100) мм^3	(2500±100) мм^3
Середнє (SM_1)	0,19±0,007	0,14±0,004	0,103±0,003	0,107±0,007	0,104±0,0075	0,106±0,0076
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Дисперсія (SM_2)	0,11±0,004	0,09±0,003	0,07±0,002	0,08±0,005	0,07±0,005	0,09±0,006
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Асиметрія (SM_3)	0,81±0,036	1,15±0,045	1,44±0,067	2,15±0,104	1,41±0,0062	1,37±0,061
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Екссес (SM_4)	1,51±0,068	1,98±0,091	2,31±0,105	2,18±0,12	2,22±0,13	2,25±0,14
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05

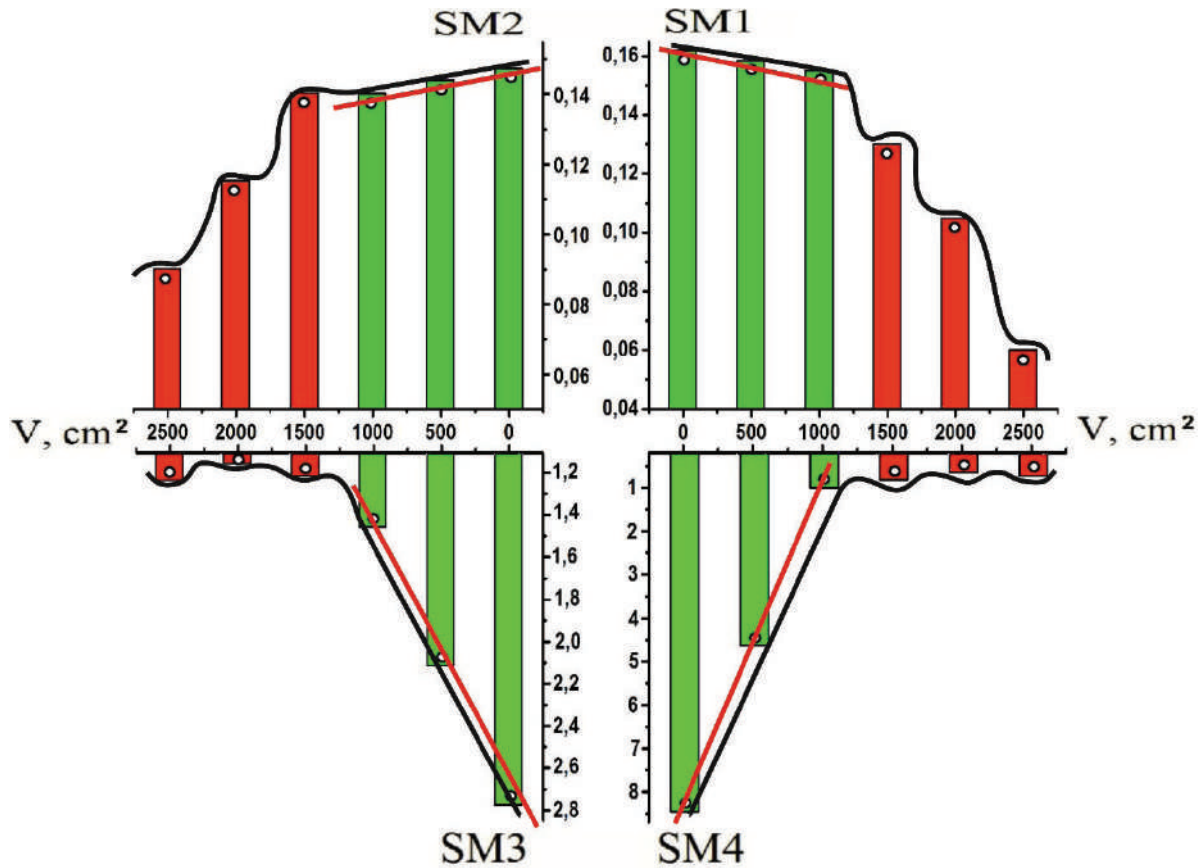


Рис. 3. Діаграма значень середнього (SM1), дисперсії (SM2), асиметрії (SM3) та ексцесу (SM4), які характеризують розподіли ЛД полікристалічної компоненти зразків ПМЖ з різних досліджуваних груп.

На основі отриманих даних (рис. 3) можна спостерігати, що величини вимірних значень варіюють в межах об'єму крововтрата від 0мм³ до 1000мм³. Найбільш чутливими до таких змін виявилися показники асиметрії SM₃ та ексцесу SM₄.

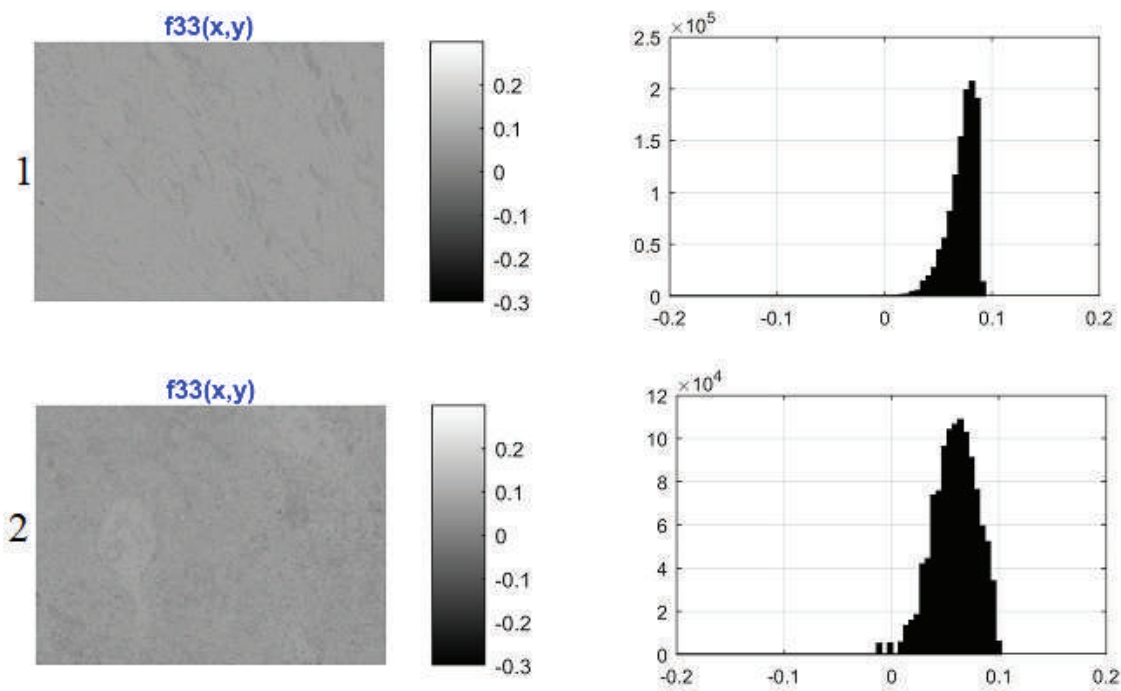


Рис. 4. Мапи й гістограми розподілів величини ЛД полікристалічного складника зразків шкіри з контрольної (1) та дослідної (2) груп померлих.

Експериментальні дані поляризаційної Мюллер-матричної томографії зразків шкіри померлих показали зменшення середнього значення та дисперсії ЛД зображень шкіри при крововтраті до $\Delta V=1000\text{mm}^3 \pm 100\text{mm}^3$. Цей факт можна пов'язати з аналогічним сценарієм зміни кровонасичення шкіри і ПМЖ. Тому, на наш погляд, зміна внаслідок крововтрати структури фібрилярних протеїнових мереж ідентична для таких типів біологічних тканин, що може бути успішно застосоване для діагностики даних патологічних станів. Кількісно вищеописані зміни продемонстровано в таблиці 2.

Таблиця 2

Статистична значення мап ЛД для зразків шкіри померлих з різним ступенем крововтрати

Об'єм крововтрати, мм ³	0	(500±100) мм ³	(1000±100) мм ³	(1500±100) мм ³	(2000±100) мм ³	(2500±100) мм ³
Середнє (SM ₁)	0,18±0,006	0,155±0,006	0,097±0,003	0,105±0,007	0,101±0,006	0,096±0,006
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Дисперсія (SM ₂)	0,09±0,004	0,07±0,003	0,05±0,002	0,07±0,003	0,06±0,003	0,09±0,004
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Асиметрія (SM ₃)	1,58±0,066	1,88±0,075	2,14±0,097	2,11±0,087	2,28±0,109	2,56±0,097
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Екссес (SM ₄)	2,25±0,106	2,75±0,12	3,31±0,15	3,31±0,17	3,42±0,18	3,74±0,16
p	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05

На рисунку 5 продемонстровано зміну величин середнього (SM₁), дисперсії (SM₂), асиметрії (SM₃) та ексцесу (SM₄), у межах об'єму крововтрати 0мм³÷1000мм³. При цьому найбільш чутливим до таких змін виявилися – асиметрія та ексцес.

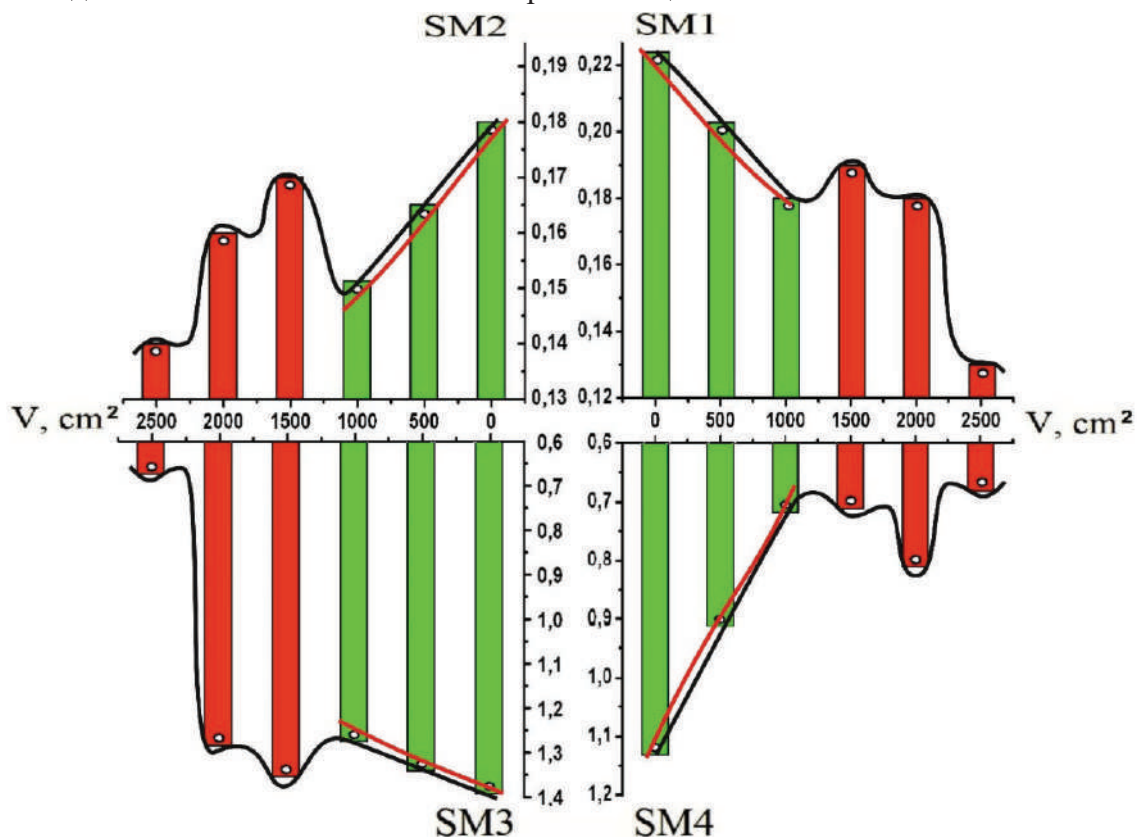


Рис. 5. Значення середнього (1), дисперсії (2), асиметрії (3) та ексцесу (4) для зразків шкіри померлих з різним ступенем крововтрати.

Наступним кроком дослідження було оцінювання ефективності визначення ступеня крововтрати методом багатопараметричної диференціальної Мюллер-матричної томографії з алгоритмічним відтворенням мап лінійного двопронезаломлення полікристалічного складника гістологічних зрізів фібрилярних тканин.

Для кожного статистичного моменту, який характеризує розподіли ЛД для зразків ПМЖ та шкіри з різних досліджуваних груп, знаходили точність визначення ступеня крововтрати на основі одержаних номограм за вищевказаним алгоритмом (таб. 4-5).

Таблиця 4

Точність визначення об'єму крововтрати для зразків ПМЖ

Об'єм крововтрати, мм ³	(500±100) мм ³	(1000±100) мм ³	(1500±100) мм ³	(2000±100) мм ³	(2500±100) мм ³
SM ₁	84	84	70	60	63
SM ₂	78	74	67	60	61
SM ₃	86	84	72	63	64
SM ₄	88	86	74	61	66

Таблиця 5

Точність визначення об'єму крововтрати для зразків шкіри

Об'єм крововтрати, мм ³	(500±100) мм ³	(1000±100) мм ³	(1500±100) мм ³	(2000±100) мм ³	(2500±100) мм ³
SM ₁	64	62	58	56	53
SM ₂	68	64	57	56	51
SM ₃	86	84	62	60	56
SM ₄	82	80	58	56	52

Аналіз одержаних даних виявив такі параметри діагностичної ефективності статистичного аналізу, виконаного на основі оцінки алгоритмічно відтворених мап ЛД методом багатоканальної диференціальної Мюллер-матричної томографії для полікристалічного складника гістологічних зрізів біологічних тканин:

- діапазон чутливості методу до зміни рівня крововтрати померлих становить $0\text{mm}^3 \div 1000\text{mm}^3$;
- величина точності запропонованого методу коливається в межах $\Delta V = 0\text{mm}^3 \div 1000\text{mm}^3 \leftrightarrow 86\% - 92\%$; $\Delta V = 1500\text{mm}^3 \div 2500\text{mm}^3 \leftrightarrow 56\% - 68\%$.

Максимальний рівень точності досягається для нижченаведених статистичних параметрів, які характеризують мапи структурної анізотропії ЛД таких біологічних препаратів:

- ПМЖ – $\begin{cases} \text{SM}_3 \leftrightarrow 84\% - 86\%; \\ \text{SM}_4 \leftrightarrow 86\% - 88\%; \end{cases}$
- шкіра – $\begin{cases} \text{SM}_3 \leftrightarrow 84\% - 86\%; \\ \text{SM}_4 \leftrightarrow 80\% - 82\%; \end{cases}$

Варто зазначити, що головним «інформаційним» об'єктом методу диференціального Мюллер-матричного картографування є координатна структура лінійного двопронезаломлення полікристалічної структури різноманітних біологічних препаратів. Така структура формується в результаті наявності просторово структурованих фібрилярних мереж з ЛД. Однак, на нашу думку, актуальним є застосування іншого більш чутливого алгоритму томографічного відтворення, що допоможе детектувати другий механізм – зміну координатної та топографічної структури

мап циркулярного двопротенезаломлення оптично-анізотропних структур гістологічних зрізів біологічних тканин. Також актуальним є дослідження крові людини для визначення ступеня крововтрати.

Висновки. Метод багатоканального диференціального Мюллер-матричного томографічного відтворення набору мап ЛД і гістограм розподілів випадкових значень параметра структурної анізотропії гістологічних зрізів прямого м'яза живота та шкіри померлих з різним ступенем крововтрати чутливий в межах $\Delta V=0 \text{ mm}^3 \div 2500 \text{ mm}^3$. Визначено діапазони зміни точності багатоканального методу томографічного відтворення мап ЛД в межах $\Delta V=0 \text{ mm}^3 \div 1000 \text{ mm}^3 \leftrightarrow 86\% - 92\%$.

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](https://www.nature.com/articles/s41598-020-65465-4#citeas) doi: 10.1038/s41598-020-65465-4
2. Phillips R, Friberg M, Cronqvist ML, Jonson C-O, Prytz E. Visual Blood Loss Estimation Accuracy: Directions for Future Research Based on a Systematic Literature Review. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet.* 2020;64(1):1411-5. doi: 10.1177/1071181320641337
3. Яланська ЛО. Розробка методів визначення об'єму крововтрати при проведенні судово-медичних експертиз. *Вісник проблем біології і медицини.* 2002;2:93-7.
4. Mutschler M, Paffrath T, Wölfl C, Probst C, Nienaber U, Schipper IB, et al. The ATLS(®) classification of hypovolaemic shock: a well established teaching tool on the edge? *Injury.* 2014;45(3): S35-8. doi: 10.1016/j.injury.2014.08.015
5. Lemmens HJM, Bernstein DP, Brodsky JB. Estimating blood volume in obese and morbidly obese patients. *Obes Surg.* 2006;16(6):773-6. doi: 10.1381/096089206777346673
6. 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
7. Ushenko AG, Sdobnov A, Soltys IV, Ushenko YA, Dubolazov AV, Sklyarchuk VM, et al. Insights into polycrystalline microstructure of blood films with 3D Mueller matrix imaging approach. *Sci Rep* [Internet]. 2024 Jun[cited 2024 Jun 21];14(1):13679. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-63816-z> doi: 10.1038/s41598-024-63816-z
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; Chernivtsi. Chernivtsi; 2021[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
9. Ushenko VA, Hogan BT, Dubolazov A, Grechina AV, Boronikhina TV, Gorsky M, et al. Embossed topographic depolarisation maps of biological tissues with different morphological structures. *Sci Rep* [Internet]. 2021 Feb[cited 2024 Mar 17];11(1):3871. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83017-2> doi: 10.1038/s41598-021-83017-2

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](https://www.nature.com/articles/s41598-020-65465-4#citeas) doi: 10.1038/s41598-020-65465-4

2. Phillips R, Friberg M, Cronqvist ML, Jonson C-O, Prytz E. Visual Blood Loss Estimation Accuracy: Directions for Future Research Based on a Systematic Literature Review. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet.* 2020;64(1):1411-5. doi: 10.1177/1071181320641337
3. Yalans'ka LO. Rozrobka metodiv vyznachennia ob'iemu krovovraty pry provedenni sudovo-medychnykh 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)
4. Mutschler M, Paffrath T, Wöfl C, Probst C, Nienaber U, Schipper IB, et al. The ATLS(®) classification of hypovolaemic shock: a well established teaching tool on the edge? *Injury.* 2014;45(3): S35-8. doi: 10.1016/j.injury.2014.08.015
5. Lemmens HJM, Bernstein DP, Brodsky JB. Estimating blood volume in obese and morbidly obese patients. *Obes Surg.* 2006;16(6):773-6. doi: 10.1381/096089206777346673
6. Pryszyzhnyuk 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
7. Ushenko AG, Sdobnov A, Soltys IV, Ushenko YA, Dubolazov AV, Sklyarchuk VM, et al. Insights into polycrystalline microstructure of blood films with 3D Mueller matrix imaging approach. *Sci Rep [Internet].* 2024 Jun[cited 2024 Jun 21];14(1):13679. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-63816-z> doi: 10.1038/s41598-024-63816-z
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; Chernivtsi. Chernivtsi; 2021[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
9. Ushenko VA, Hogan BT, Dubolazov A, Grechina AV, Boronikhina TV, Gorsky M, et al. Embossed topographic depolarisation maps of biological tissues with different morphological structures. *Sci Rep [Internet].* 2021 Feb[cited 2024 Mar 17];11(1):3871. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83017-2> doi: 10.1038/s41598-021-83017-2

MULTI-CHANNEL MUELLER-MATRIX TOMOGRAPHY AS A METHOD OF DETERMINING THE VOLUME OF BLOOD LOSS IN FORENSIC MEDICAL PRACTICE

Bachynskyi V. T., Shilan K. V.

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Summary. In connection with the extreme urgency of determining the volume of blood loss during the forensic examination of a corpse, the authors proposed a modern digital analysis method – multichannel Muller matrix tomography of human biological tissues.

Aim of the work. To develop a complex of forensic criteria for accurate determination of the volume of blood loss using the method of multichannel polarization Müller-matrix tomography of histological sections of structured biological tissues (rectus abdominis muscle, skin).

Material and methods. For the study, rectus abdominis muscle and skin samples were taken from 85 deceased individuals aged 18 to 56 years with varying degrees of blood loss.

The results. The proposed method of researching changes in the values of linear birefringence of fibrillar structures of the rectus abdominis muscle and skin of of cadavers as a result of acute internal and external blood loss showed the possibility of accurate determination within the volume of $0 \pm 2000 \text{ mm}^3$.

Conclusions. The method of multichannel differential Müller-matrix tomographic reproduction of a set of linear birefringence maps and histograms of distributions of random values of the structural anisotropy parameter of histological sections of the rectus abdominis muscle and skin of the dead with different degrees of blood loss is sensitive within $\Delta V=0 \text{ mm}^3 \div 2500 \text{ mm}^3$. The accuracy ranges of the multi-channel tomographic reproduction of linear birefringence maps within the range of $\Delta V=0 \text{ mm}^3 \div 1000 \text{ mm}^3 \leftrightarrow 86\% - 92\%$ have been determined.

Keywords: forensic medicine, blood loss, Muller-matrix tomography, diagnosis.

Відомості про авторів:

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: 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: 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