

ЧАСОВА ДИНАМІКА ЗМІНИ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ БІОТКАНИН І КРОВІ ПОМЕРЛИХ ВІД ОТРУЄННЯ АЛКОГОЛЕМ І ЧАДНИМ ГАЗОМ З РІЗНОЮ ДАВНІСТЮ НАСТАННЯ СМЕРТІ

Іваськевич І.Б.¹, Ванчуляк О.Я.¹, Ушенко Ю.О.², Мотрич А.В.²

¹Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

²Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна

Резюме. Стаття містить результати дослідження ефективності судово-медичного визначення давності настання смерті методом диференціальної Мюллер-матричної поляризаційно-фазової томографії, що реалізується шляхом багатоканального зондування різнополяризованими лазерними пучками гістологічних зрізів мозку, міокарда, наднирників, печінки та крові померлих і багатоканальної поляризаційної фільтрації серії мікроскопічних зображень з алгоритмічним відтворенням (реконструкцією) координатних розподілів (томограм) середньої величини лінійного двопронезаломлення полікристалічних мереж.

Мета роботи. Дослідження ефективності методу диференціальної Мюллер-матричної поляризаційно-фазової томографії у визначенні давності настання смерті у випадках отруєння етанолом і чадним газом.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження були гістології зразків внутрішніх органів людини (мозку, міокарда, наднирників і печінки) у випадках смерті від отруєння етанолом, чадним газом (СО), ішемічної хвороби серця (ІХС) (контрольна група) з різною давністю настання смерті (від 6 до 48 годин). Дослідження проводили, використовуючи метод диференціальної Мюллер-матричної поляризаційно-фазової томографії.

Результати. Діапазон лінійної зміни величини статистичних моментів вищих порядків, а отже, аналітичного встановлення давності настання смерті лежить у межах від 20 до 48 годин з точністю визначення 0,5 год.

Висновок. Виявлена висока ефективність Мюллер-матричного алгоритмічного відтворення мап середніх значень лінійного двопронезаломлення оптично анізотропної складової біологічних тканин померлих від отруєння етанолом і чадним газом.

Ключові слова: давність настання смерті, отруєння, етанол, чадний газ, поляризаційно-цифрова томографія.

Встановлення проміжку часу з моменту смерті людини було і залишається одним з найважливіших питань, які має вирішувати судово-медичний експерт під час дослідження трупа. Існує велика різноманітність методів розв'язку цього питання, заснованих на оцінці динаміки ранніх посмертних змін. [1,2] Проте їхня точність може залежати від багатьох факторів, що не задовольняє судово-слідчі органи. Також слід мати на увазі, що більшість з них не дозволяє відтворити отриманий результат, тобто він повністю залежить від досвіду та рівня підготовки експерта, який проводить дослідження.

У судово-медичній практиці успішно зарекомендували себе лазерні поляриметричні методи дослідження оптично неоднорідних біологічних структур із застосуванням статистичного аналізу цифрових поляризаційних карт. Результати багатьох досліджень довели, що ці методи дають найповнішу інформацію про полікристалічну структуру біологічних тканин (БТ) і крові людини та дозволяють вивчати динаміку їхніх змін при різних патологічних станах залежно від інтервалу давності настання смерті (ДНС).

Мета роботи. Дослідження ефективності методу диференціальної Мюллер-матричної поляризаційно-фазової томографії для визначення давності настання смерті у випадках отруєння етанолом і чадним газом.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження були гістологічні зрізи головного мозку, печінки, надниркових залоз, міокарда та полікристалічні плівки крові, відібрані зі 110 трупів обох статей віком від 22 до 68 років з відомим часом настання смерті від 1 до 48 годин. Усі зразки були поділені на дві дослідні групи за причиною смерті: внаслідок отруєння етанолом

(n=45) і СО (n=45). Для контролю використовували зразки БТ від померлих внаслідок ІХС (контрольна група (n=20)). Гістологічні зрізи БТ внутрішніх органів виготовлялися за стандартною методикою на мікротомі зі швидким замороженням. Полікристалічні плівки крові померлих одержувалися шляхом нанесення краплі крові на оптично однорідне скло з наступним просушуванням за кімнатної температури.

В основу алгоритму визначення ДНС було покладене узагальнення наукових результатів В.Т. Бачинського, О.Я. Ванчуляка, М.С. Гараздук у галузі багатопараметричної лазерної поляриметрії та корелометрії мікроскопічних зображень біологічних тканин і рідин організму людини.

Основними складовими даної процедури були:

1. застосування методів поляризаційної томографії визначення лінійного двопронезаломлення (ЛД);
2. аналіз часової динаміки зміни морфологічної структури БТ у посмертному періоді шляхом статистичного аналізу томографічних мап ЛД;
3. визначення часової тривалості лінійної зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують розподіли об'єктивних параметрів посмертних томографічних мап зображень гістологічних зрізів БТ;
4. обчислення залежностей величини статистичних моментів $W_{i=1;2;3;4}$ від ДНС для сукупності біологічних препаратів усіх груп померлих;
5. знаходження відповідних апроксимуючих кривих $Q(\chi)$ на цій основі шляхом апроксимації методом найменших квадратів;
6. аналіз одержаних кривих і визначення наявності лінійних ($\chi=\text{const}$) ділянок кривих $Q(\gamma)$ і кутів їхнього нахилу χ ;
7. визначення «прижиттєвої ($T=0$)» величини W_i^0 шляхом лінійної апроксимації;
8. встановлення ДНС за наступним алгоритмом аналітичного розрахунку:

$$T_x = \frac{W_i^{(1)} - W_i^{(0)}}{W_i^{(2)} - W_i^{(1)}} (T_2 - T_1),$$

де T_1 – час початку вимірювань величини статистичного моменту $W_i^{(1)}$;

T_2 – час завершення вимірювань лінійної зміни величини статистичного моменту $W_i^{(1)}$.

Результати дослідження. На серії локальних фрагментів, що формують структуру рис. 1, представлена сукупність алгоритмічно відтворених методом азимутально-інваріантної Мюллер-матричної томографії координатних розподілів топографічних мап середніх значень ЛД фібрилярних мереж гістологічних зрізів мозку померлих усіх груп для ДНС 16 год.

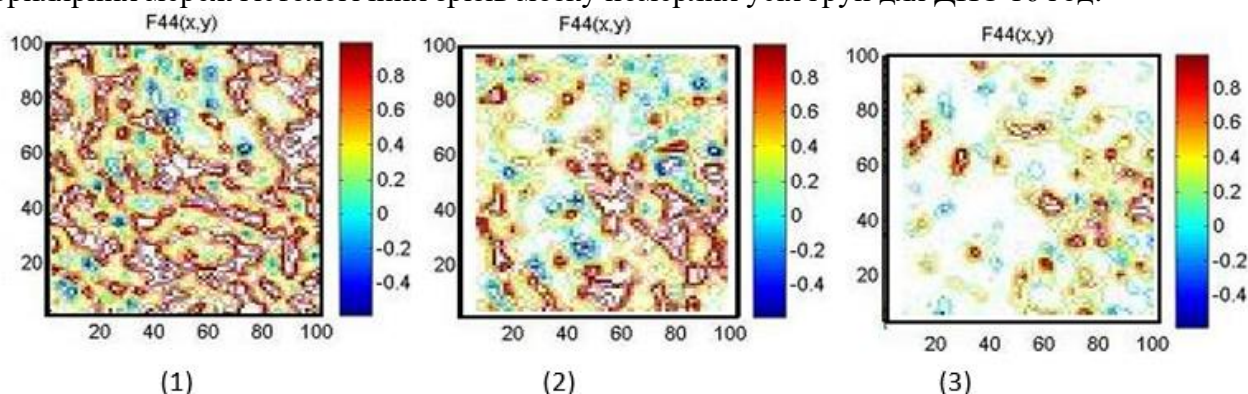


Рис. 1. Томограми координатних розподілів величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів мозку померлих з контрольної групи (1), від отруєння етанолом (2) та чадним газом (3).

Порівняльний аналіз алгоритмічно відтворених томограм ЛД полікристалічної складової гістологічних зрізів мозку виявив:

- послідовне зниження величини середніх значень томограм ЛД гістологічних зрізів мозку зі збільшенням часу спостереження після настання смерті – сукупність обчислених

томографічних мап ЛД характеризувалася меншою кількістю локальних доменів оптичної анізотропії;

- максимальну чутливість і найбільш динамічну часову зміну асиметрії й ексцесу (гостроту піка) алгоритмічно відтворених розподілів середніх значень ЛД гістологічних зрізів мозку.

Табл. 1 ілюструє результати статистичного аналізу часового моніторингу змін координатної структури величини ЛД полікристалічної складової зрізів мозку всіх трьох груп померлих з різною ДНС.

Таблиця 1

Часова динаміка зміни статистичних моментів 3-4-го порядків, що характеризують розподіли величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів мозку

Т, год	6	8	14	20	>24
Параметри	Контрольна група (ІХС)				
SM ₃	0,43±0,021	0,61±0,027	1,11±0,049	1,68±0,077	1,77±0,081
р	<0,05				>0,05
SM ₄	0,77±0,031	1,16±0,056	2,33±0,11	3,52±0,16	3,65±0,17
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	8	14	20	>24
Параметри	Дослідна група 1 (отруєння алкоголем)				
SM ₃	0,87±0,039	1,15±0,053	2,08±0,096	3,06±0,14	3,12±0,14
р	<0,05				>0,05
SM ₄	1,27±0,058	1,88±0,086	3,63±0,16	5,43±0,22	5,57±0,23
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	8	14	20	>24
Параметри	Дослідна група 2 (отруєння СО)				
SM ₃	1,42±0,065	1,88±0,084	3,03±0,13	4,22±0,19	4,34±0,205
р	<0,05				>0,05
SM ₄	1,98±0,092	2,68±0,11	4,71±0,21	6,84±0,31	6,93±0,32
р	<0,05				>0,05

Було встановлене зростання лінійного діапазону зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують асиметрію й ексцес розподілів величини ЛД гістологічних зрізів мозку померлих за величиною ДНС до 20 год.

На рис. 2 представлена сукупність алгоритмічно відтворених методом азимутально-інваріантної Мюллер-матричної томографії координатних розподілів топографічних мап середніх значень ЛД полікристалічних плівок крові померлих усіх груп для ДНС 16 год.

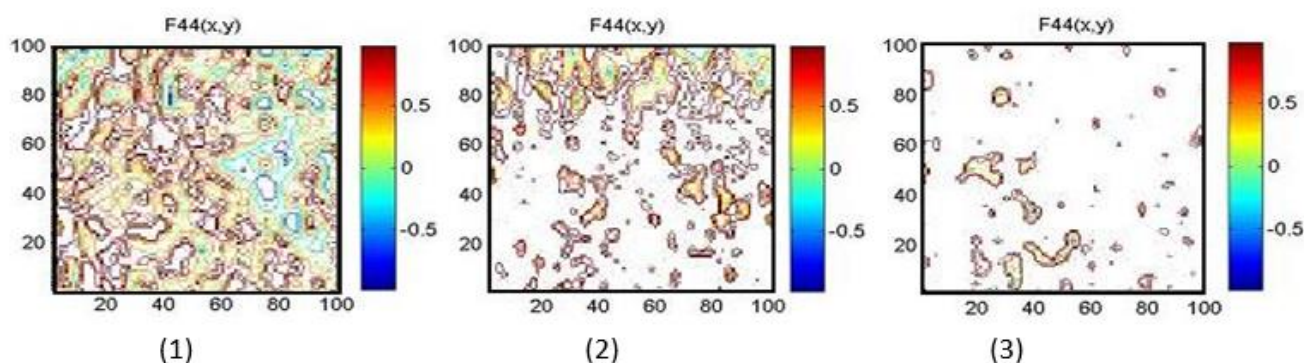


Рис. 2. Томограми координатних розподілів величини лінійного двопронезаломлення полікристалічних плівок крові померлих з контрольної групи (1), від отруєння етанолом (2) та чадним газом (3).

Порівняльний аналіз результатів томографічного відтворення розподілів середніх значень ЛД оптично анізотропної складової полікристалічних плівок крові виявив деградацію оптичної анізотропії полікристалічних плівок крові померлих зі збільшенням часу спостереження після настання смерті – сукупність томографічно відтворених мап ЛД характеризувалася меншою

кількістю локальних доменів оптичної анізотропії.

У табл. 2 наведені результати статистичного аналізу часового моніторингу некротичних змін координатної структури величини ЛД оптично анізотропної складової полікристалічних плівок крові всіх трьох груп померлих з різною ДНС.

Таблиця 2

Часова динаміка зміни статистичних моментів 3-4-го порядків, що характеризують розподіли величини лінійного двопронезаломлення полікристалічних плівок крові

Т, год	6	12	18	24	>30
Параметри	Контрольна група (IXC)				
SM ₃	0,78±0,035	1,66±0,076	2,53±0,11	3,48±0,15	3,56±0,15
р	<0,05				>0,05
SM ₄	0,89±0,041	2,03±0,097	3,27±0,14	4,59±0,21	4,66±0,22
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	12	18	24	>30
Параметри	Дослідна група 1 (отруєння алкоголем)				
SM ₃	1,34±0,062	2,16±0,105	2,99±0,13	3,75±0,16	3,83±0,17
р	<0,05				>0,05
SM ₄	1,88±0,091	3,17±0,14	4,44±0,21	5,72±0,26	5,88±0,27
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	12	18	24	>30
Параметри	Дослідна група 2 (отруєння СО)				
SM ₃	1,56±0,077	2,68±0,11	3,77±0,17	4,89±0,21	4,97±0,22
р	<0,05				>0,05
SM ₄	2,14±0,11	3,66±0,16	5,12±0,23	6,71±0,31	6,89±0,32
р	<0,05				>0,05

Був визначений лінійний діапазон зміни величини центральних статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують асиметрію й ексцес розподілів величини ЛД гістологічних зрізів полікристалічних плівок крові померлих за величиною ДНС, що складає 24 год.

На серії фрагментів рис. 3 представлена сукупність результатів алгоритмічного відтворення методом азимутально-інваріантної Мюллер-матричної томографії мап середніх значень ЛД гістологічних зрізів печінки померлих усіх груп для ДНС 16 год.

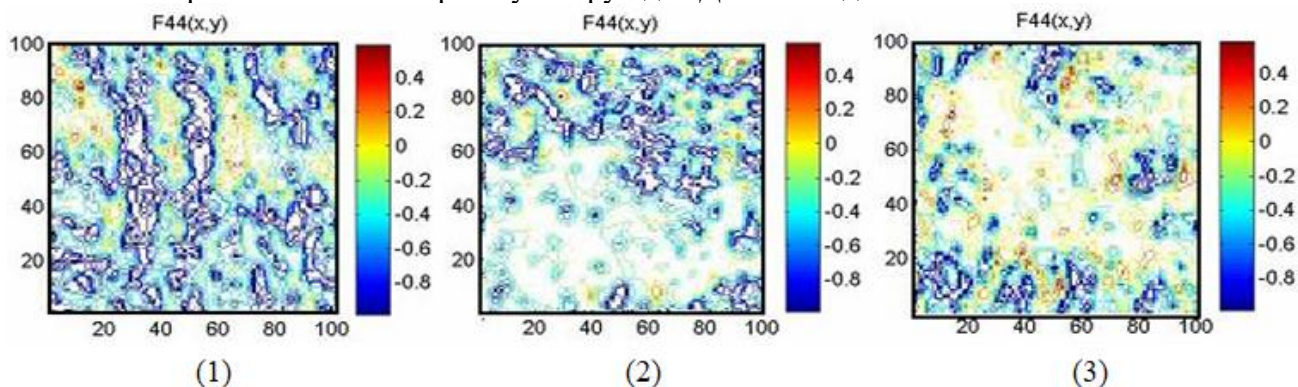


Рис. 3. Томограми координатних розподілів величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів печінки померлих з контрольної групи (1), від отруєння етанолом (2) та чадним газом (3).

У табл. 3 наведені результати статистичного аналізу часового моніторингу некротичних змін координатної структури величини ЛД оптично анізотропної складової гістологічних зрізів печінки всіх трьох груп померлих з різною ДНС.

Лінійний діапазон зміни величини центральних статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують асиметрію й ексцес розподілів величини ЛД зрізів печінки померлих за величиною ДНС складає 36 год.

Часова динаміка зміни статистичних моментів 3-4-го порядків, що характеризують розподіли величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів печінки

Т, год	6	12	24	36	>48
Параметри	Контрольна група (ІХС)				
SM ₃	0,86±0,036	1,44±0,067	2,68±0,111	3,89±0,17	3,97±0,18
р	<0,05				>0,05
SM ₄	0,94±0,047	1,85±0,089	3,66±0,16	5,43±0,25	5,55±0,25
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	12	24	36	>48
Параметри	Дослідна група 1 (отруєння алкоголем)				
SM ₃	1,47±0,064	2,55±0,11	4,91±0,23	6,32±0,29	6,48±0,29
р	<0,05				>0,05
SM ₄	1,63±0,079	2,83±0,12	5,21±0,24	7,56±0,36	7,67±0,36
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	12	24	36	>48
Параметри	Дослідна група 2 (отруєння СО)				
SM ₃	2,02±0,096	3,01±0,13	4,99±0,23	7,07±0,32	7,15±0,33
р	<0,05				>0,05
SM ₄	2,43±0,12	3,71±0,16	6,33±0,28	8,84±0,41	8,92±0,42
р	<0,05				>0,05

Рис. 4 ілюструє мапи середніх значень ЛД гістологічних зрізів наднирників померлих усіх груп для ДНС 16 год.

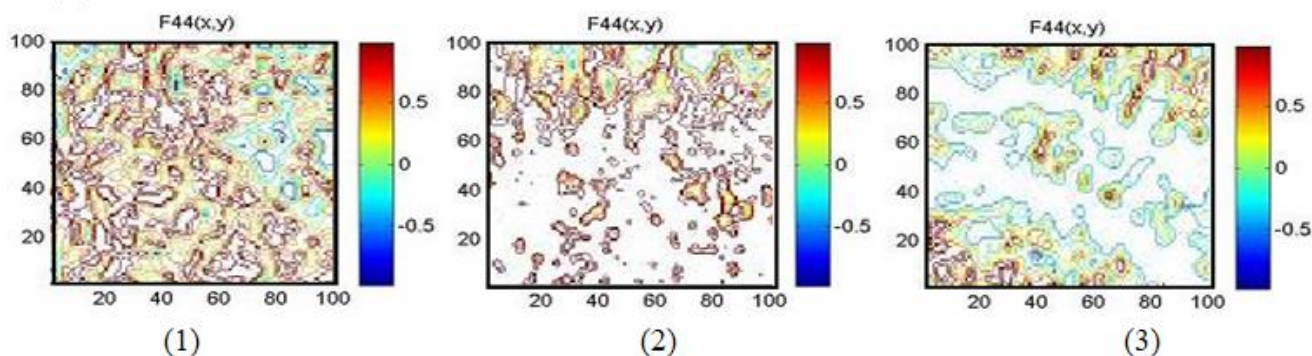


Рис. 4. Томограми координатних розподілів величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів наднирників померлих з контрольної групи (1), від отруєння етанолом (2) та чадним газом (3).

Порівняльний аналіз результатів поляриметричного методу багатоканального томографічного відтворення розподілів середніх значень ЛД оптично анізотропної складової гістологічних зрізів наднирників виявив деструкцію полікристалічної структури наднирників померлих зі збільшенням часу спостереження після настання смерті – сукупність Мюллер-матрично відтворених мап ЛД характеризувалася меншою кількістю локальних доменів оптичної анізотропії, що вказувало на розвиток некротичних змін.

У табл. 4 наведені дані статистичного аналізу часового моніторингу змін координатної структури величини ЛД оптично анізотропної складової гістологічних зрізів наднирників.

Був визначений лінійний діапазон зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що характеризують асиметрію й ексцес розподілів величини ЛД гістологічних зрізів наднирників померлих за величиною ДНС, що складає 36 год.

На серії фрагментів рис. 5 представлена сукупність результатів алгоритмічного відтворення методом багатоканальної азимутально-інваріантної Мюллер-матричної цифрової томографії мап середніх значень ЛД сукупності гістологічних зрізів міокарда померлих усіх груп для ДНС 16 год.

Часова динаміка зміни статистичних моментів 3-4-го порядків, що характеризують розподіли величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів наднирників

T, год	6	12	24	36	>48
Параметри	Контрольна група (ІХС)				
SM ₃	0,63±0,026	1,08±0,043	1,99±0,092	2,88±0,12	2,94±0,13
p	<0,05				>0,05
SM ₄	0,74±0,037	1,39±0,057	2,68±0,11	4,02±0,18	4,11±0,19
p	<0,05				>0,05
T, год	6	12	24	36	>48
Параметри	Дослідна група 1 (отруєння алкоголем)				
SM ₃	1,07±0,044	1,67±0,078	2,78±0,12	3,96±0,17	4,07±0,18
p	<0,05				>0,05
SM ₄	1,38±0,069	2,37±0,11	3,68±0,14	4,89±0,22	4,92±0,23
p	<0,05				>0,05
T, год	6	12	24	36	>48
Параметри	Дослідна група 2 (отруєння СО)				
SM ₃	1,92±0,086	2,81±0,12	4,55±0,21	6,32±0,29	6,44±0,31
p	<0,05				>0,05
SM ₄	2,35±0,11	3,22±0,14	5,02±0,22	6,89±0,31	6,93±0,32
p	<0,05				>0,05

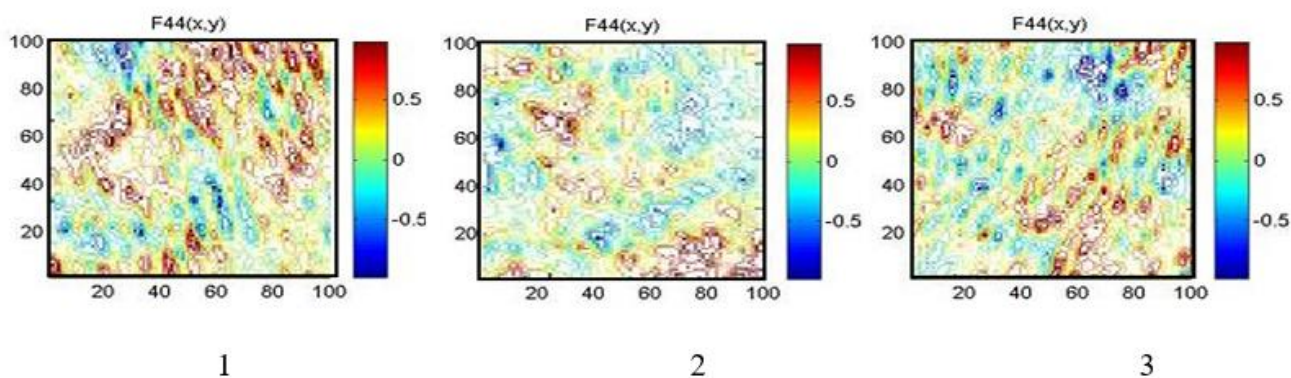


Рис. 5. Томограми координатних розподілів величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів міокарда померлих з контрольної групи (1), від отруєння етанолом (2) та чадним газом (3).

Багатоканальна техніка поляризаційного Мюллер-матричного алгоритмічного відтворення координатних розподілів середніх значень ЛД оптично анізотропної складової міозинових мереж гістологічних зрізів міокарда виявила сценарій, аналогічний іншим типам зразків БТ і рідин померлих: довготривалу (до 48 год) часову деструкцію полікристалічної структури міокарда померлих зі збільшенням часу спостереження після настання смерті.

У табл. 5 наведені дані статистичного аналізу часового моніторингу некротичних змін координатної структури величини ЛД оптично анізотропної складової гістологічних зрізів міокарда всіх трьох груп померлих з різною ДНС.

Був визначений максимальний лінійний діапазон зміни величини статистичних моментів 1-4-го порядків, що складав 48 год.

Висновки.

1. Комплексне експериментальне дослідження діагностичної ефективності методу Мюллер-матричної поляризаційно-фазової томографії біологічних тканин і рідин людського організму показало його ефективність для діагностики давності настання смерті при отруєннях алкоголем і чадним газом.
2. Діапазон лінійної зміни величини статистичних моментів вищих порядків, а отже, аналітичного визначення давності настання смерті лежить у межах від 16 до 48 годин. Точність встановлення давності настання смерті становить 0,5 год.

Часова динаміка зміни статистичних моментів 3-4-го порядків, що характеризують розподіли величини лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів міокарда

Т, год.	6	12	24	48	>60
Параметри	Контрольна група (IXС)				
SM ₃	0,34±0,016	0,46±0,21	0,72±0,32	1,22±0,059	1,27±0,061
р	<0,05				>0,05
SM ₄	0,49±0,023	0,71±0,032	1,16±0,052	1,99±0,098	1,97±0,098
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	12	24	48	>60
Параметри	Дослідна група 1 (отруєння алкоголем)				
SM ₃	0,67±0,032	0,89±0,039	1,33±0,057	2,26±0,099	2,31±0,105
р	<0,05				>0,05
SM ₄	0,87±0,039	1,23±0,058	1,95±0,089	2,38±0,105	2,44±0,11
р	<0,05				>0,05
Т, год	6	12	24	48	>60
Параметри	Дослідна група 2 (отруєння СО)				
SM ₃	1,24±0,056	1,61±0,077	2,37±0,105	3,79±0,15	3,81±0,16
р	<0,05				>0,05
SM ₄	1,58±0,072	2,22±0,105	3,41±0,15	5,88±0,26	5,92±0,27
р	<0,05				>0,05

Фонди. Дослідження виконане завдяки підтримці Національного фонду досліджень України/Проект 2020.02/0061 і в рамках науково-дослідної роботи за темою «Експертна діагностика змін біологічних тканин та середовищ людини за морфологічними та лабораторними показниками у вирішенні актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер держреєстрації 0118U00.1191).

Література

1. Ushenko VA, Hogan BT, Dubolazov A, Piavchenko G, Kuznetsov SL, Ushenko AG, et al. 3D Mueller matrix mapping of layered distributions of depolarisation degree for analysis of prostate adenoma and carcinoma diffuse tissues. *Sci Rep* [Internet]. 2021 Mar [cited 2021 Sep 18];11(1):5162. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83986-4> doi: 10.1038/s41598-021-83986-4
2. 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 2021 Sep 18];11(1):3871. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83017-2> doi: 10.1038/s41598-021-83017-2
3. Peyvasteh M, Tryfonyuk L, Ushenko V, Syvokorovskaya A.-V, Dubolazov A, Vanchulyak O, et al. 3D Mueller-matrix-based azimuthal invariant tomography of polycrystalline structure within benign and malignant soft-tissue tumours. *Laser Physics Letters* [Internet]. 2020 Oct [cited 2021 Sep 18];17(11):115606. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1612-202X/abbee0> doi: 10.1088/1612-202X/abbee0
4. Peyvasteh M, Dubolazov A, Popov A, Ushenko A, Ushenko Y, Meglinski I. Two-point Stokes vector diagnostic approach for characterization of optically anisotropic biological tissues. *J. Phys. D: Appl. Phys* [Internet]. 2020 Jul [cited 2021 Sep 18];53(39):395401. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/ab9571> doi: 10.1088/1361-6463/ab9571
5. Trifonyuk L, Sdobnov A, Baranowski W, Ushenko V, Olar O, Dubolazov A, et al. Differential Mueller matrix imaging of partially depolarizing optically anisotropic biological tissues. *Lasers Med Sci*. 2020;35(4):877-91. doi: 10.1007/s10103-019-02878-2
6. Ushenko VA, Sdobnov AY, Mishalov WD, Dubolazov AV, Olar OV, Bachinskyi VT, et al. Biomedical applications of Jones-matrix tomography to polycrystalline films of biological fluids. *J Innov Opt Health Sci* [Internet]. 2019 Jul [cited 2021 Sep 18];12(6): 1950017. Available from: <https://www.worldscientific.com/doi/full/10.1142/S1793545819500172> doi:

10.1142/S1793545819500172

7. Borovkova M, Trifonyuk L, Ushenko V, Dubolazov O, Vanchulyak O, Bodnar G, et al. Mueller-matrix-based polarization imaging and quantitative assessment of optically anisotropic polycrystalline networks. PLoS ONE [Internet]. 2019 May [cited 2021 Sep 18];14(5):e0214494. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0214494> doi: 10.1371/journal.pone.0214494
8. Ushenko A, Sdobnov A, Dubolazov A, Grytsiuk M, Ushenko Y, Bykov A, et al. Stokes-Correlometry Analysis of Biological Tissues with Polycrystalline Structure. IEEE [Internet]. 2019 Aug [cited 2021 Sep 18];25(1):8438957. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8438957/metrics#metrics> doi: 10.1109/JSTQE.2018.2865443
9. Borovkova M, Peyvasteh M, Dubolazov O, Ushenko Y, Ushenko V, Bykov A, et al. Complementary analysis of Mueller-matrix images of optically anisotropic highly scattering biological tissues. J Eur Opt Soc [Internet]. 2018 Aug [cited 2021 Sep 18];14(1):20. Available from: <https://jeos.springeropen.com/articles/10.1186/s41476-018-0085-9#citeas> doi: 10.1186/s41476-018-0085-9
10. Ushenko V, Sdobnov A, Syvokorovskaya A, Dubolazov A, Vanchulyak O, Ushenko A, et al. 3D Mueller-matrix diffusive tomography of polycrystalline blood films for cancer diagnosis. Photonics [Internet]. 2018 Dec [cited 2021 Sep 18];5(4):54. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6732/5/4/54> doi: 10.3390/photonics5040054

References

1. Ushenko VA, Hogan BT, Dubolazov A, Piavchenko G, Kuznetsov SL, Ushenko AG, et al. 3D Mueller matrix mapping of layered distributions of depolarisation degree for analysis of prostate adenoma and carcinoma diffuse tissues. Sci Rep [Internet]. 2021 Mar [cited 2021 Sep 18];11(1):5162. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83986-4> doi: 10.1038/s41598-021-83986-4
2. 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 2021 Sep 18];11(1):3871. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83017-2> doi: 10.1038/s41598-021-83017-2
3. Peyvasteh M, Tryfonyuk L, Ushenko V, Syvokorovskaya A.-V, Dubolazov A, Vanchulyak O, et al. 3D Mueller-matrix-based azimuthal invariant tomography of polycrystalline structure within benign and malignant soft-tissue tumours. Laser Physics Letters [Internet]. 2020 Oct [cited 2021 Sep 18];17(11):115606. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1612-202X/abbee0> doi: 10.1088/1612-202x/abbee0
4. Peyvasteh M, Dubolazov A, Popov A, Ushenko A, Ushenko Y, Meglinski I. Two-point Stokes vector diagnostic approach for characterization of optically anisotropic biological tissues. J. Phys. D: Appl. Phys [Internet]. 2020 Jul [cited 2021 Sep 18];53(39):395401. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/ab9571> doi: 10.1088/1361-6463/ab9571
5. Trifonyuk L, Sdobnov A, Baranowski W, Ushenko V, Olar O, Dubolazov A, et al. Differential Mueller matrix imaging of partially depolarizing optically anisotropic biological tissues. Lasers Med Sci. 2020;35(4):877-91. doi: 10.1007/s10103-019-02878-2
6. Ushenko VA, Sdobnov AY, Mishalov WD, Dubolazov AV, Olar OV, Bachinskyi VT, et al. Biomedical applications of Jones-matrix tomography to polycrystalline films of biological fluids. J Innov Opt Health Sci [Internet]. 2019 Jul [cited 2021 Sep 18];12(6): 1950017. Available from: <https://www.worldscientific.com/doi/full/10.1142/S1793545819500172> doi: 10.1142/S1793545819500172
7. Borovkova M, Trifonyuk L, Ushenko V, Dubolazov O, Vanchulyak O, Bodnar G, et al. Mueller-matrix-based polarization imaging and quantitative assessment of optically anisotropic polycrystalline networks. PLoS ONE [Internet]. 2019 May [cited 2021 Sep 18];14(5):e0214494. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0214494> doi: 10.1371/journal.pone.0214494
8. Ushenko A, Sdobnov A, Dubolazov A, Grytsiuk M, Ushenko Y, Bykov A, et al. Stokes-Correlometry Analysis of Biological Tissues with Polycrystalline Structure. IEEE [Internet]. 2019

- Aug [cited 2021 Sep 18];25(1):8438957. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8438957/metrics#metrics> doi: 10.1109/JSTQE.2018.2865443
9. Borovkova M, Peyvasteh M, Dubolazov O, Ushenko Y, Ushenko V, Bykov A, et al. Complementary analysis of Mueller-matrix images of optically anisotropic highly scattering biological tissues. *J Eur Opt Soc [Internet]*. 2018 Aug [cited 2021 Sep 18];14(1):20. Available from: <https://jeos.springeropen.com/articles/10.1186/s41476-018-0085-9#citeas> doi: 10.1186/s41476-018-0085-9
 10. Ushenko V, Sdobnov A, Syvokorovskaya A, Dubolazov A, Vanchulyak O, Ushenko A, et al. 3D Mueller-matrix diffusive tomography of polycrystalline blood films for cancer diagnosis. *Photonics [Internet]*. 2018 Dec [cited 2021 Sep 18];5(4):54. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-6732/5/4/54> doi: 10.3390/photonics5040054

TEMPORAL DYNAMICS OF CHANGE OF POLYCRYSTALLINE COMPONENT OF BIOCTISSES AND BLOOD OF DEATH FROM POISONING BY ALCOHOL AND CARBON WITH DIFFERENT TIME SINCE DEATH

Ivaskevich I.B.¹, Vanchulyak A.Ya.¹, Ushenko A.G.², Motrich A.V.²

¹ Bukovina State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

² Chernivtsi National University named after Y. Fedkovych, Chernivtsi, Ukraine

Summary. The article contains the results of a study of the effectiveness of forensic medical determination of the prescription of death by the method of differential Müller-matrix polarization-phase tomography, which is implemented by multichannel probing of rhizopolarization with laser beams of histological sections of the brain, myocardium, adrenal glands, liver and blood of the deceased and multichannel polarization filtration series images with algorithmic reproduction (reconstruction) of coordinate distributions (tomograms) of the average linear birefringence (LD) of polycrystalline networks.

Aim of the work. Efficiency study by the method of differential Müller-matrix polarization-phase tomography for determining the duration of death.

Materials and methods. The object of the study was the histology of samples of human internal organs (brain, myocardium, adrenal glands, and liver) with different duration of damage from 6 hours to 48 hours (we used BT samples from those who died from alcohol poisoning and carbon monoxide poisoning). For control, we used BT samples from those who died from ischemic heart disease with different duration of damage from 6 hours to 48 hours. The studies were carried out using the method of differential Muller-matrix polarization-phase tomography.

Results. The range of linear change in the magnitude of the higher-order statistical moments, and accordingly the analytical determination of the DNS, lies in the range from 20 hours to 48 hours. The accuracy of determining the DNS is also significantly improved and amounts to 0.5 hours.

Conclusion. The high efficiency of Muller matrix algorithmic reproduction of maps of average values of birefringence of the optically anisotropic component of biological preparations of the deceased was revealed.

Keywords: dispersion, asymmetry, polarization-digital histology, polarization azimuth.

ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ БИОТКАНЕЙ И КРОВИ УМЕРШИХ ОТ ОТРАВЛЕНИЯ АЛКОГОЛЕМ И УГАРНЫМ ГАЗОМ С РАЗНОЙ ДАВНОСТЬЮ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ

Иваськевич І.Б.¹, Ванчуляк А.Я.¹, Ушенко Ю.А.², Мотрич А.В.²

¹ Буковинський державний медичний університет, г. Чернівці, Україна

² Черновицький національний університет ім. Ю. Федьковича, г. Чернівці, Україна

Резюме. Стаття содержит результаты исследования эффективности судебно-медицинского определения давности наступления смерти методом дифференциальной Мюллер-матричной

поляризационно-фазовой томографии, который реализуется путем многоканального зондирования разнополяризованными лазерными пучками гистологических срезов мозга, миокарда, надпочечников, печени и крови умерших и многоканальной поляризационной фильтрации серии микроскопических изображений с алгоритмическим воспроизведением (реконструкцией) координатных распределений (томограмм) средней величины линейного двулучепреломления поликристаллических сетей.

Цель работы. Исследование эффективности метода дифференциальной Мюллер-матричной поляризационно-фазовой томографии в определении давности наступления смерти в случаях отравления этанолом и угарным газом.

Материалы и методы. Объектом исследования были гистологии образцов внутренних органов человека (мозга, миокарда, надпочечников и печени) в случаях смерти от отравления этанолом, угарным газом (СО), ишемической болезни сердца (ИБС) (контрольная группа) с различной давностью наступления смерти (от 6 до 48 часов). Исследования проводили, используя метод дифференциальной Мюллер-матричной поляризационно-фазовой томографии.

Результаты. Диапазон линейного изменения величины статистических моментов высших порядков, а соответственно, аналитического установления давности наступления смерти лежит в пределах от 20 до 48 часов с точностью определения 0,5 ч.

Выводы. Выявлена высокая эффективность Мюллер-матричного алгоритмического воспроизведения карт средних значений линейного двулучепреломления оптически анизотропной составляющей биологических тканей умерших от отравления этанолом и угарным газом.

Ключевые слова: давность наступления смерти, отравление, этанол, угарный газ, поляризационно-цифровая томография.

Відомості про авторів:

Иваськевич І.Б. – аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: sudmed@bsmu.edu.ua

Ванчуляк О.Я. – доктор медичних наук, професор кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна, e-mail: wanchulyak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0243-1894

Ушенко Ю.О. – професор, доктор фізико-математичних наук, завідувач кафедри комп'ютерних наук Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна, e-mail: o.ushenko@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7015-7423

Мотрич А.В. – кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри оптики та видавничо-поліграфічної справи Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна, e-mail: a.motrich@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3185-6461

Information about authors:

Ivaskevych I.B. – PhD student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: sudmed@bsmu.edu.ua

Vanchulyak O.Ya. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: wanchulyak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0243-1894

Ushenko Yu.O. – professor, doctor of physics and mathematics. Sci., Head of the Department of Computer Science, Chernivtsi National University. Y. Fedkovych, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: o.ushenko@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7015-7423

Motrich A.V. – PhD phys.-math. Sci., Assistant of the Department of Optics and Publishing and Printing, Chernivtsi National University named after Y. Fedkovich, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: a.motrich@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3185-6461

Сведения об авторах:

Иваськевич И.Б. – аспирант кафедры судебной медицины и медицинского правоповедения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина, e-mail: sudmed@bsmu.edu.ua

Ванчуляк О.Я. – доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины и медицинского правоповедения Буковинского государственного медицинского университета,

г. Черновцы, Украина, e-mail: wanchulyak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0243-1894

Ушенко Ю.А. – профессор, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой компьютерных наук Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина, e-mail: o.ushenko@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7015-7423

Мотрич А.В. – кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры оптики и издательско-полиграфического дела Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина, e-mail: a.motrich@chnu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3185-6461