

УДК 340.6:612.013-073.55

М.С. Гараздюк¹, В.Т. Бачинський¹, О.Я. Ванчуляк¹, О.Г. Ушенко²

ВИЗНАЧЕННЯ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ ЗА СТАТИСТИЧНИМ АНАЛІЗОМ РОЗПОДІЛІВ ЗНАЧЕНЬ КОМПЛЕКСНОГО СТУПЕНЯ ВЗАЄМНОЇ ПОЛЯРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК ЛІКВОРУ

¹Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці²Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

Резюме. У статті обґрунтовано модель об'єкта дослідження (зразків ліквору) та оптичні схеми і методи експериментальних досліджень, а також методи аналізу експериментальних вимірювань для встановлення оптичних критеріїв змін плівок ліквору залежно від давності настання смерті. Експериментальна частина містить результати дослідження часової динаміки посмертних змін біохімічної структури полікристалічних плівок ліквору шляхом визначення величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень комплексного ступеня

взаємної поляризації різних точок зображень полікристалічної мережі біохімічних кристалів. Шляхом узагальнення часових залежностей статистичних моментів 3-го і 4-го порядків поляризаційних мап полікристалічних мереж плівок ліквору в межах статистично достовірних груп зразків визначено інтервали та точність встановлення давності настання смерті.

Ключові слова: давність настання смерті, ліквор, лазерна поляриметрія.

Вступ. Визначення давності настання смерті (ДНС) є одним із головних питань судово-медичної практики. Останнім часом розроблено велику кількість нових методик дослідження посмертних морфологічних змін основних типів тканин людини та травматичних макронеоднорідностей її органів для встановлення давності настання смерті (ДНС) [1-5]. Перспективними в цьому напрямі є неінвазивні оптичні методи діагностики структури біологічних тканин (БТ) із використанням комплексу фотометричних, поляризаційних і кореляційних методик [7, 9, 11, 13, 15]. Зазначені методи вивчення явища світлорозсіяння БТ дозволяють реалізувати пошук взаємозв'язків даних динаміки посмертних змін досліджуваних тканин організму тих чи інших органів із сукупністю об'єктивних фотометричних, поляризаційних і кореляційних параметрів їх оптичних зображень. На основі цього відкриваються можливості об'єктивного і більш точного визначення часового проміжку, що пройшов із моменту настання смерті людини.

Насьогодні мало вивченими є можливості об'єктивного визначення ДНС шляхом дослідження посмертних змін структури поляризаційно-неоднорідних мікроскопічних зображень біологічних рідин (БР) людини.

Мета дослідження. Робота спрямована на розробку та апробацію методу двомірного поляризаційно-кореляційного картографування біологічних шарів з метою установа інтервалу та точності визначення ДНС шляхом статистичного аналізу динаміки посмертних змін координатних розподілів значень комплексного ступеня взаємної поляризації (КСВП) зображень полікристалічних плівок ліквору (ППЛ).

Матеріал і методи. Об'єктом дослідження є ППЛ, які забрані у 62 трупів обох статей (основна група дослідження) віком від 33 до 91

року з попередньо відомим часом настання смерті, що становив від 1 до 43 год, та 20 здорових добровольців (група порівняння). Відбір ліквору здійснювався методом субокципітальної пункції з великої потиличної цистерни у трупів та при спінальній анестезії під час підготовки до оперативних втручань у живих здорових добровольців. До основної групи відбирали ліквор від трупів, що померли від серцево-судинної патології – 49 випадків (79 %), від туберкульозу легень – сім випадків (11,3 %), від пухлин різних відділів шлунково-кишкового тракту – п'ять випадків (8,1 %), гострої енцефалопатії по Гайе-Верніке – один випадок (1,6 %). За часом, що минув після смерті, розподіл наступний: 1-6 год – 11 випадків (17,7 %), 6-12 год – 13 випадків (21 %), 12-20 год – 12 випадків (19,3 %), 20-28 год – 13 випадків (21 %), 28-34 год – 13 випадків (21 %).

Полікристалічні плівки БР характеризуються одночасною наявністю оптично ізотропної та анізотропної складових [12, 14]. Відповідно до цього реалізується широкий спектр механізмів перетворення параметрів лазерного випромінювання, що проходить крізь такий біологічний шар. До механізмів першої групи можна віднести оптично ізотропне відбивання, заломлення, поглинання лазерного випромінювання без зміни стану поляризації. До механізмів другої групи відноситься оптично анізотропна взаємодія – оптичне двопронезаломлення, поворот площини поляризації та формування еліптичності лазерного випромінювання просторово орієнтованими ланцюгами білкових молекул альбуміну, глобуліну, фібрину.

Кількість білка в лікворі змінюється внаслідок біохімічних процесів, які тривають у ньому і після настання смерті, що призводить до зміни його біофізичних властивостей також [6, 15]. Зажиттєво практично за будь-якої патології активу-

ються процеси вільнорадикального окиснення білкових речовин, що призводить до їх деградації та утворення токсичних фрагментів, у тому числі середньомолекулярних сполук (молекулярна маса 500-2000 дальтон (Д)). Хімічний склад середньомолекулярних сполук дуже неоднорідний і об'єднує гетерогенну групу речовин (пептиди, глікопептиди, нуклеопептиди, ендорфіни, похідні глюкуронових кислот та інші). А.В. Єрмаковим [6] доведено, що показники рівня середньомолекулярних сполук у лікворі осіб, померлих від отруєння наркотичними речовинами і від хвороб системи кровообігу поступово збільшуються залежно від часу настання смерті, що може бути використано в діагностичному процесі визначення ДНС. Finehout E.J. зі співавторами [10] вивчали зміну рівня білків у лікворі живих осіб та помертні зміни їх ліквору. Досліджено 54 типи білка різних функціональних груп і в 14 з них виявлено зв'язок між збільшенням кількості білка та часом, що пройшов після смерті. Агтоуо А. зі співавторами [8] виявили значиму різницю у кількості білка, кортизолу та лужної фосфатази у випадках насильницької та ненасильницької смерті, сечовини, лужної фосфатази та кортизолу – у різних вікових групах. Щодо інших хімічних речовин статистично достовірних результатів не виявлено. Отже, посмертна динаміка біофізичних змін ліквору значною мірою залежить від змін білків.

Плівки ліквору формувалися в ідентичних умовах шляхом нанесення краплі на оптично однорідне скло. Утворена плівка висушувалася при кімнатній температурі ($t=22^{\circ}\text{C}$). Дослідження зразків проводилося в спеціальній лабораторії кафедри кореляційної оптики Чернівецького національного університету імені Ю. Федьковича, після чого проводили математичну обробку та аналіз отриманих поляризаційних зображень плівок ліквору з метою встановлення почасової динаміки посмертних змін ліквору.

Оптична схема та методика експериментальних досліджень

Вимірювання координатних розподілів (двомірні масиви значень у площині зразків ППЛ) значень азимута поляризації в точках зображень виконувалося в розташуванні (рис. 1) стандартного стокс-поляриметра [13].

Режим опромінювання складався з паралельного ($\text{Ш}=2 \times 10^3 \mu\text{m}$) пучка “червоного” He-Ne ($\lambda^1=0.6328 \mu\text{m}$) напівпровідникового лазера 1.

Поляризаційний опромінювач складався з двох поляризаційних елементів – чвертьхвильової пластинки 3 та поляризатора 4.

Зображення зразків ППЛ 6 за допомогою поляризаційного мікрооб'єктива 7 (Nikon CFI Achromat P, фокусна відстань – 30мм, апертура – 0.1, збільшення – 4x) проектувалося у площину світлочутливої пластинки CCD-камери 10 (The Imaging Source DMK 41AU02.AS, monochrome 1/2" CCD, Sony ICX205AL (progressive scan); роздільна здатність – 1280x960; розмір світлочутливої пластинки – 7600x6200мкм; чутливість – 0.05 lx; динамічний діапазон – 8 bit).

Поляризаційний аналіз зображень зразків ППЛ 6 відбувався за допомогою чвертьхвильової пластинки 8 та поляризатора 9.

Отже, головними інформаційними об'єктами для сукупності оптико-фізичних методів діагностики ДНС у нашій роботі є сукупність безпосередньо вимірних координатних розподілів поляризаційних параметрів $\beta_{ik}(m \times n)$ полікристалічного шару ліквору:

$$\beta_{ik}(m \times n) = \begin{pmatrix} (\beta_{ik})_{11} & \dots & (\beta_{ik})_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ (\beta_{ik})_{m1} & \dots & (\beta_{ik})_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Як основний аналітичний інструмент для оцінювання розподілів значень азимута поляризації зображень ППЛ (у подальшому $q(m \times n)$) використовувалися статистичні моменти першого (Z_1), другого (Z_2), третього (Z_3) і четвертого (Z_4) порядків, які обчислювалися за такими алгоритмами [8-12]:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N q_j; \\ Z_2 &= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (q^2)_j}; \\ Z_3 &= \frac{1}{Z_2^3} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (q^3)_j; \\ Z_4 &= \frac{1}{Z_2^4} \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (q^4)_j, \end{aligned} \quad (2)$$

де N - кількість пікселів світлочутливої пластинки CCD-камери.

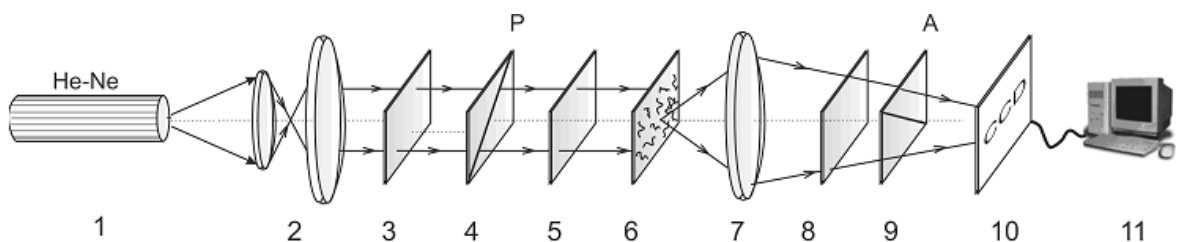


Рис. 1. Оптична схема стокс-поляриметра. Пояснення у тексті

Методика експериментальних вимірювань координатних розподілів модуля $|V|$ КСВП наступна:

1. Вимірюється (без аналізатора 8, рис. 1)

координатний розподіл $\begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ інтенсивності

зображення БТ $I \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$, де $m \times n$ - сукупність пікселів цифрової камери 9 (рис. 1).

2. Далі встановлюють аналізатор 8, площину пропускання якого послідовно орієнтують під кутами $\Theta=0^0$, $\Theta=90^0$ та вимірюють відповідні

множини значень інтенсивності $I^{(0)} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$;

$I^{(90)} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$

3. Обертанням площини пропускання аналізатора в межах $\Theta=0^0 \div 180^0$ визначають множини значень мінімальної та максимальної інтенсивно-

сті $I_{\min} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$; $I_{\max} \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ зображення для кожного окремого пікселя (m,n) CCD-камери та відповідні їм кути повороту

$$\Theta \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} \left(I \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} \right) \equiv I_{\min}$$

4. Розраховується поляризаційна мапа зображення ППЛ, використовуючи наступні співвідношення:

$$\alpha \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} = \Theta(I_{\min}(r)) - \frac{\pi}{2};$$

$$\beta \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix} = \arctg \frac{I(r)_{\min}}{I(r)_{\max}}. \quad (3)$$

5. Розраховуються координатні розподіли

фазових зсувів $\delta \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ з використанням

$$\delta(r_{ik}) = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_{ik})}{\operatorname{tg} \alpha(r_{ik})} \right]. \quad (4)$$

6. Розраховують координатні розподіли

модуля $|V| \begin{pmatrix} r_{11}, \dots, r_{1m} \\ \dots \\ r_{n1}, \dots, r_{nm} \end{pmatrix}$ КСВП

$$|V| = \frac{(I_x^{0.5}(r_1)I_x^{0.5}(r_2) - I_y^{0.5}(r_1)I_y^{0.5}(r_2))^4 + 16I_x(r_1)I_x(r_2)I_x(r_1)I_x(r_2) + 8I_x^{0.5}(r_1)I_x^{0.5}(r_2)I_x^{0.5}(r_1)I_x^{0.5}(r_2)(I_x^{0.5}(r_1)I_x^{0.5}(r_2) - I_y^{0.5}(r_1)I_y^{0.5}(r_2))^2 \cos \delta_{12}}{I(r_1)I(r_2)}$$

де $I_x(r_1; r_2); I_y(r_1; r_2)$ - значення інтенсивності в точках зображення ППЛ із координатами $r_1; r_2$ для поворотів осі пропускання аналізатора 9 (рис. 1) відносно площини падіння на кути 0^0 і 90^0 , відповідно.

Двомірне поляризаційно-кореляційне картографування посмертних змін значень КСВП зображень оптично анізотропних ППЛ

Експериментальні поляризаційно-кореляційні дослідження часової динаміки значень КСВП, що характеризують посмертні зміни біохімічної структури плівок ліквору, виконувалися за наступним алгоритмом:

1. Для кожного зразка ППЛ в оптичному розташуванні стокс-поляриметра (рис. 1) за методикою вимірювання двомірних розподілів значень КСВП шляхом покрокового сканування рядків цифрового зображення (співвідношення (3-5)) визначалися координатні розподіли значень КСВП точок у площині ППЛ з інтервалом дискретизації 2 мкм.

2. Вимірювання поляризаційно-кореляційних мап КСВП сукупності координатно-розподілених точок зображення ППЛ здійснювалося в три етапи. Перший - кожні 10 хв упродовж перших 6 год після настання смерті. Другий - через кожні 30 хв упродовж інтервалу від 6 год до 12 год після настання смерті. Третій - через кожну годину від 12 год до 30 год після настання смерті.

3. Для кожного двомірного розподілу значень КСВП сукупності точок зображення ППЛ проводилося обчислення величини статистичних моментів 1 - 4-го порядків (співвідношення (2)), які характеризують гістограми випадкових значень КСВП.

4. Проводилася статистична обробка вимірної сукупності значень статистичних моментів 1 - 4-го порядків, які характеризують розподіли значень КСВП сукупності точок зображення ППЛ.

5. Будувалися часові залежності зміни величини найбільш чутливих статистичних моментів, які характеризують розподіли значень КСВП сукупності точок зображення ППЛ, та визначався

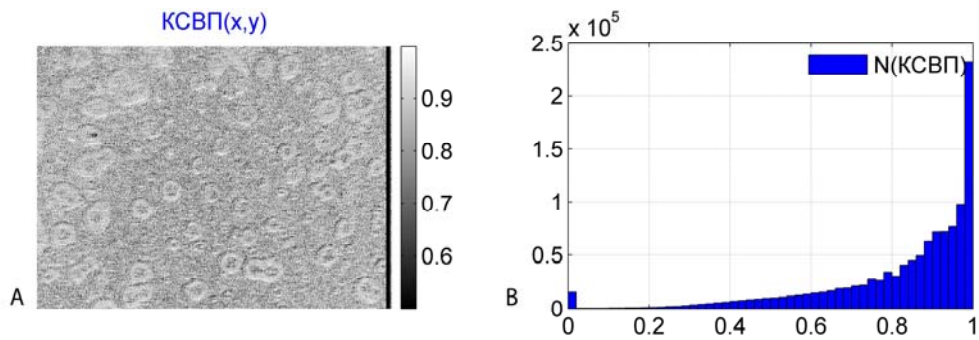


Рис. 2. Координатна структура (А) та гістограма розподілу (В) випадкових значень КСВП зображення ППЛ. ДНС 1 год

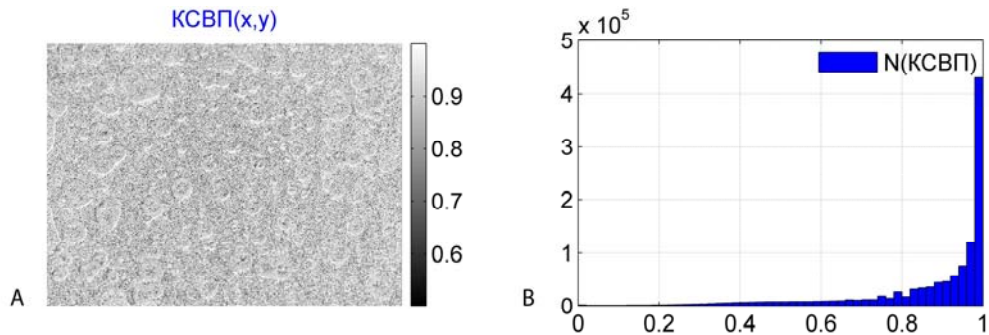


Рис. 3. Координатна структура (А) та гістограма розподілу (В) випадкових значень КСВП сукупності точок зображення ППЛ. ДНС 6 год

час, від якого досягалася стабілізації значень асиметрії та ексцесу гістограм КСВП.

6. На основі одержаної інформації про часову динаміку зміни розподілів КСВП сукупності точок зображення ППЛ визначалися інтервал T і точність ΔT установлення ДНС.

На серії рис. 2 і рис. 3 наведено приклади експериментальних результатів часового поляризаційного картографування значень КСВП сукупності точок зображення ППЛ.

Результати дослідження та їх обговорення. Аналіз одержаних даних виявив:

- Обидві поляризаційно-кореляційні мапи полікристалічної мережі плівки ліквору, що дискретизовані в межах сукупності пікселів цифрових зображень, вказують на суттєву координатну неоднорідність оптичних проявів двопронезаломлення різних ділянок молекулярних кристалів (рис. 2, рис. 3, ліві частини) у різні часи спостереження після настання смерті.
- Кількісно динаміку посмертних змін біохімічної структури ППЛ характеризує як діапазон зміни значень КСВП у гістограмах розподілу цього параметра, так і швидкість спадання його екстремального значення (рис. 2, рис. 3, праві частини).
- Зі збільшенням часу спостереження після настання смерті за рахунок дегенеративних змін ППЛ оптична анізотропія білкових молекул та молекулярних комплексів, які обертають площину та формують еліптичність поляризації лазерного випромінювання, зменшується. Зіставлення гістограм розподілу випадкових значень КСВП сукупності точок зображення по-

казує, що діапазон розкиду зменшується практично у три рази за 6 годин після настання смерті. При цьому кількість екстремальних значень КСВП зростає у два рази.

- Кількісно оптичні прояви дегенеративних змін ППЛ виявляються у швидкому зменшенні статистичного моменту 1-го порядку (середнє) та статистичного моменту 2-го порядку (дисперсії) розподілу випадкових значень КСВП сукупності точок зображення ППЛ. Статистичні моменти вищих порядків (асиметрія та ексцес), які характеризують розподіли значень КСВП, повинні суттєво зростати.
- Установлено, що найбільш чутливими і такими, що найбільш динамічно змінюються, є статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують асиметрію та ексцес (гостроту піка) розподілу випадкових значень ступеня взаємної поляризації сукупності точок зображення ППЛ.

У таблиці 1 представлені результати обчислень величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли значень ступеня взаємної поляризації сукупності точок зображень ППЛ протягом 34 годин після настання смерті.

З даних часового моніторингу зміни величини статистичних моментів вищих порядків (рис.4), які характеризують поляризаційно-кореляційну структуру розподілу значень КСВП у площині зображень ППЛ, впливає:

- діапазон зміни значень статистичного моменту 3-го порядку, який характеризує асиметрію

Таблиця 1

Часові залежності величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків, які характеризують розподіли значень КСВП сукупності точок (пікселів) цифрового зображення ППЛ трупів людини

T, год	1	6	12	20	28	34
Z ₃	0,73±0,058	0,93±0,074	1,11±0,088	1,27±0,1	1,44±0,11	1,61±0,13
Z ₄	0,74±0,055	0,91±0,072	1,08±0,087	1,25±0,1	1,44±0,11	1,59±0,13

Таблиця 2

Статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують мапи КСВП зображень прижиттєво одержаних ППЛ

Z _i ⁰	W
Z ₃ ⁰	0,52±0,041
Z ₄ ⁰	1,33±0,11

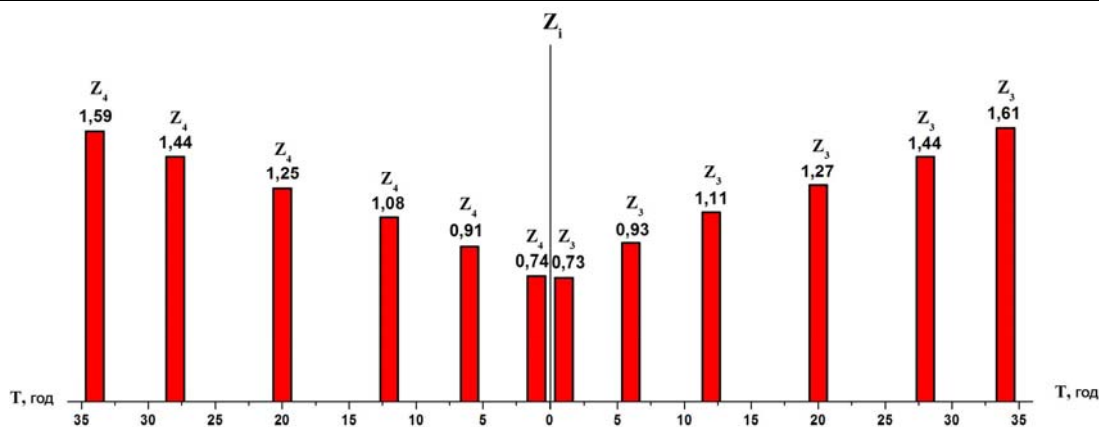


Рис. 4. Гістограма часового моніторингу зміни величини статистичних моментів вищих порядків

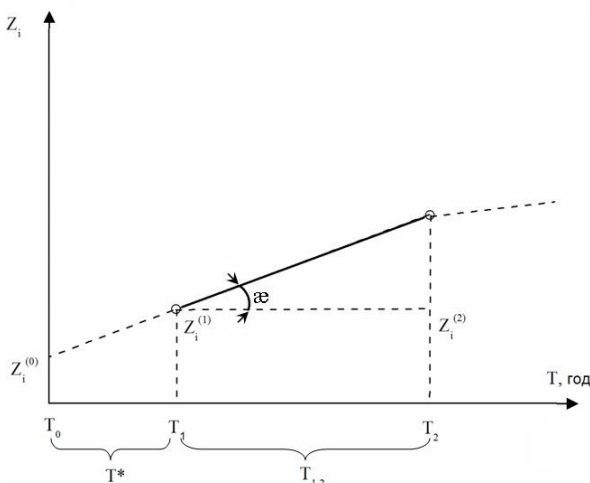


Рис. 5. До аналізу алгоритму аналітичного визначення ДНС. Тут: T₁ - час початку вимірювань показника Zi⁽¹⁾; T₂ - час завершення вимірювань показника Zi⁽²⁾ на етапі “стабілізації” зміни його величини (Zi⁽²⁾(T)≈const); T₀ - час настання смерті; ξ - кут нахилу залежності Zi(T)

гістограми розподілу випадкових значень КСВП, складає 2,24 раза;
 – діапазон зміни значень статистичного моменту 4-го порядку, який характеризує ексцес

(гостроту піка) гістограми розподілу випадкових значень КСВП, складає 2,21 раза.

Аналітичний алгоритм визначення давності настання смерті

З аналізу модельної схеми алгоритму аналітичного визначення ДНС, що наведена на рис. 5, можна одержати наступні співвідношення для визначення ДНС:

$$tg \xi = \frac{Z_i^{(1)} - Z_i^{(0)}}{T_2 - T_1} = \frac{\Delta Z_i^{(1,2)}}{\Delta T_{12}} \quad (8)$$

Використовуючи співвідношення (8), отримаємо вираз для визначення ДНС:

$$T^* = Z_i^{(0)} \frac{\Delta T_{12}}{\Delta Z_i^{(1,2)}} \quad (9)$$

Тут Zi⁽⁰⁾ - значення об’єктивного параметра, визначене шляхом прижиттєвого забору ліквору в добровольця (табл. 2).

Висновки

1. Виявлено найбільш чутливі до посмертних змін оптичних проявів полікристалічних мереж ліквору статистичні моменти 3-го і 4-го по-

рядків, які характеризують асиметрію та ексцес (гостроту піка) розподілів значень комплексного ступеня взаємної поляризації зображень полікристалічних плівок ліквору.

2. Установлено інтервал $T=34$ год і точність визначення давності настання смерті $\Delta T=35$ хв методом двомірного картографування розподілів значень комплексного ступеня взаємної поляризації зображень плівок ліквору.

Перспектива подальших досліджень.

Отримані нами в результаті проведених досліджень дані значною мірою розширюють існуючі уявлення про динаміку посмертних змін біологічних рідин і можуть бути використані в практиці бюро судово-медичної експертизи з метою об'єктивного визначення ДНС. Доцільними є подальші дослідження з метою підвищення точності визначення часу, що минув після смерті.

Література

1. Ванчуляк О.Я. Застосування лазерного поляриметричного аналізу в діагностиці змін структури кісткової тканини / О.Я. Ванчуляк // Бук. мед. вісник. – 2004. – Т. 8, № 1. – С. 167-170.
2. Ванчуляк О.Я. Застосування поляризаційного методу для аналізу пошкоджень біотканин / О.Я. Ванчуляк, О.Г. Ушенко, І.Л. Беженар // Бук. мед. вісник. – 2004. – Т. 8, № 3-4. – С. 300-301.
3. Ванчуляк О.Я. Поляризаційно-кореляційний аналіз динаміки зміни мікроструктури м'язової тканини / О.Я. Ванчуляк, О.Г. Ушенко, В.Т. Бачинський // Клін. та експерим. патол. – 2002. – Т. 1, № 1. – С. 69-74.
4. Ванчуляк О.Я. Поляризаційна візуалізація та аналіз пошкоджень архітекtonіки біотканин / О.Я. Ванчуляк // Укр. суд.-мед. вісник. – 2004. – № 1. – С. 36-38.
5. Ванчуляк О.Я. Метод поляризаційної візуалізації та статистичної обробки лазерних зображень архітекtonіки паренхіматозних біотканин у діагностиці часу настання смерті / О.Я. Ванчуляк // Клін. та експерим. патол. – 2005. – Т. 4, № 2. – С. 105-110.
6. Ермаков А.В. Изменения уровня среднемолекулярных соединений в ликворе в зависимости от времени наступления смерти / А.В. Ермаков // Пробл. эксперт. в мед. – 2004. – Т. 4, № 4 (16). – С. 25-26.
7. Лазерна поляриметрия кісткової тканини / В.П. Пішак, О.Г. Ушенко, В.Т. Бачинський [та ін.] // Бук. мед. вісник. – 1999. – Т. 3, № 1. – С. 173-189.
8. Arroyo A. Cerebrospinal fluid: postmortem biochemical study / A. Arroyo, P. Rosel, T. Marron // J. Clin. Forensic Med. – 2005. – Vol. 12, № 3. – P. 153-156.
9. Investigated of polarized radiation diffraction on the systems of oriented biofractal fibers / A.G. Ushenko, D.M. Burkovets, S.V. Yermolenko [et al.] // Proc. SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 553-556.
10. Finehout E.J. Proteomic analysis of cerebrospinal fluid changes related to postmortem interval / E.J. Finehout, Z. Franck, N. Relkin] // Clin. Chem. – 2006. – Vol. 52, № 10. – P. 1906-1913.
11. Laser Polarimetry of the Orientational Structure of Bone Tissue Osteons / A.G. Ushenko, D.M. Burkovets, S.V. Yermolenko [et al.] // Proc. SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 557-561.
12. Mueller-matrix diagnostics of optical properties inherent to polycrystalline networks of human blood plasma / Yu.A. Ushenko, A.V. Olar, A.V. Dubolazov [et al.] // Semicond. Physics, Quantum Electronics&Optoelectronics. – 2011. – Vol. 14 (1). – P. 98-105.
13. Phase-polarizing investigation of biotissue fractal structure / A.G. Ushenko, D.M. Burkovets, S.V. Yermolenko [et al.] // Proc. SPIE. – 1999. – Vol. 3904. – P. 549-552.
14. Statistical and Fractal Processing of Phase Images of Human Biological Fluids / Yu.O. Ushenko, Yu.Ya. Tomka, Yu.I. Marchuk [et al.] // Advances in Electrical and Computer Engineering. – 2010. – Vol. 10, № 4. – P. 161-166.
15. Vector Microstructure of Laser Biospecles / V.T. Bachinsky, O.A. Bendas, O.Ya. Vanchuliak, A.G. Ushenko // Proc. SPIE. – 2000. – Vol. 4242. – P. 227-232.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ СМЕРТИ ПРИ ПОМОЩИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ КОМПЛЕКСНОЙ СТЕПЕНИ ВЗАИМНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ЛИКВОРА

М.С. Гарздюк¹, В.Т. Бачинский¹, О.Я. Ванчуляк¹, О.Г. Ушенко²

Резюме. В статье обоснована модель объекта исследования (образцов ликвора), оптические схемы и методики экспериментальных исследований, а также методы анализа экспериментальных измерений для установки оптических критериев изменений пленок ликвора в зависимости от давности наступления смерти. Экспериментальная часть содержит результаты исследования временной динамики посмертных изменений биохимической структуры поликристаллических пленок ликвора путем определения величины статистических моментов 3-го и 4-го порядков, которые характеризуют координатные распределения значений комплексной степени взаимной поляризации различных точек классических изображений поликристаллической сети биохимических кристаллов. Путем обобщения временных зависимостей статистических моментов 3-го и 4-го порядков поляризационных карт поликристаллических сетей пленок ликвора в пределах статистически достоверных групп образцов определены интервал и точность установления давности наступления смерти.

Ключевые слова: давность наступления смерти, ликвор, лазерная поляриметрия.

POST-MORTEM INTERVAL DETERMINATION BY STATISTICAL ANALYSIS OF VALUES DISTRIBUTION COMPLEX DEGREE OF MUTUAL POLARIZATION OF POLYCRYSTALLINE CEREBRO-SPINAL FLUID FILMS IMAGES

M.S. Garzdiuk¹, V.T. Bachynskiy¹, O.Ya. Vanchuliak¹, A.G.Ushenko²

Abstract. The article describes the object model (cerebro-spinal fluid films), optical circuits and experimental research methods. It also shows analysis techniques of experimental measurement for establishing optical changes criteria of cerebro-spinal fluid films depending on post-mortem interval. Experimental study contains the results of postmortem temporal dynamics of biochemical changes in the structure of polycrystalline films of liquor by determination of the

statistical moments of the third and fourth order, describing the coordinate value distribution of values distribution complex degree of mutual polarization off classical biochemical network polycrystalline crystals images. Accuracy of post-mortem interval was determinated by the time dependences of statistical generalizations points of the third and fourth order polarization maps of polycrystalline films of cerebro-spinal fluid networks within statistically significant examples of groups.

Key words: post – mortem interval, cerebro-spinal fluid, lazer polarimetry.

Рецензенти: проф. І.С. Давиденко
д.фіз.-мат.н. В.І. Федів

Buk. Med. Herald. – 2016. – Vol. 20, № 1 (77). – P. 16-22

Надійшла до редакції 29.12.2015 року

© М.С. Гарздюк, В.Т. Бачинський, О.Я. Ванчуляк, О.Г. Ушенко, 2016