

DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.4\(43\).2019.10](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.10)Ю. В. Саркісова^{1,2}, В. Т. Бачинський^{1,2}, О. Г. Ушенко², М. М. Мельник³¹Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет»
Чернівці, Україна²Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

Чернівці, Україна

³Комунальна медична установа «Обласне бюро судово-медичної експертизи»

Чернівці, Україна

YU. V. Sarkisova^{1,2}, V. T. Bachynskyy^{1,2}, O. H. Ushenko², M. M. Melnyk³¹Higher State Educational Establishment of Ukraine «Bukovinian State Medical University»
Chernivtsi, Ukraine²Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

Chernivtsi, Ukraine

³Municipal medical institution «Regional bureau of forensic expertise»

Chernivtsi, Ukraine

ПОЛЯРИЗАЦІЙНА МІКРОСКОПІЧНА ТОМОГРАФІЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРЕПАРАТІВ СКЛОПОДІБНОГО ТІЛА У ДІАГНОСТИЦІ ДАВНОСТІ НАСТАННЯ СМЕРТІ

Polarization microscopic tomography of the polycrystalline structure of vitreous body preparations in diagnostics time of the since death

Реферат

Мета роботи. Розробити комплекс нових судово-медичних об'єктивних критеріїв для розширення функціональних можливостей точного встановлення давності настання смерті (ДНС), за даними поляризаційної мікроскопічної томографії полікристалічної структури препаратів склоподібного тіла людини.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження є полікристалічні шари склоподібного тіла (СТ), взяті від 56 осіб померлих від серцево-судинної патології з відомим часом настання смерті, що коливався від 1 до 36 годин. Вимірювання розподілів величини параметрів лінійного двопроменезаломлення (ЛД) полікристалічної складової препаратів склоподібного тіла проводилось у розташуванні класичного Стоксполариметру.

Результати. Досліджено часову динаміку величини набору статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують розподіли ЛД полікристалічної складової шарів СТ при різних значеннях ДНС. Установлено діапазон чутливості методу поляризаційної томографії розподілів ЛД полікристалічної

Abstract

Purpose of the study. Develop a complex of new forensic objective criteria to enhance the functionality of accurate definition time of the since death (TSD) estimation according to polarization microscopic tomography of the polycrystalline structure of human vitreous body (VB).

Materials and methods. The object of study is polycrystalline VB layers taken from 56 people who died from cardiovascular disease with known time of death ranged from 3 to 36 h. Measuring parameter distributions of birefringence of the polycrystalline component of VB preparations were carried out with a standard Stokes-polarimeter.

Results. The time dynamics of the magnitude of the set of statistical moments of the 1–4th order, which characterize the distributions of the birefringence of the polycrystalline component of the VB layers at different TSD values were investigated. The sensitivity range of the method of polarization tomography of the distributions of the birefringence of the polycrystalline component of the VB layers was determined (24 h), with the accuracy of TSD estimation – 20 min. The

складової шарів СТ – 24 години з точністю визначення ДНС – 20 хв. Продемонстровано ефективність вейвлет-аналізу розподілів величини ЛД шарів СТ людини при різних значеннях ДНС. Показано, що масштабно-селективний аналіз забезпечує збільшення діапазону чутливості до 36 годин з одночасним підвищення точності визначення ДНС до 15 хвилин.

Висновок. Продемонстровано ефективність методу поляризаційної мікроскопічної томографії полікристалічної структури препаратів СТ людини у визначенні ДНС. Визначено діапазон чутливості методу до 36 годин із точністю визначення до 15 хвилин.

Ключові слова: лазерна поляриметрия, давність настання смерті, склоподібне тіло.

efficiency of wavelet analysis of the distribution of the magnitude of the birefringence layers of human VB layers at different TSD values is demonstrated. Scale-selective analysis has been shown to increase the sensitivity range up to 36 h while increasing the accuracy of TSD determination to 15 min.

Conclusion. *The efficiency of the method of polarization microscopic tomography of the polycrystalline structure of human VB preparations in the determination of TSD is demonstrated.*

Sensitivity ranges method up to 36 h was determined with an accuracy of up to 15 min.

Keywords: *laser polarimetry, time since death, vitreous body.*

ВСТУП

В останні роки розвитку медичної науки чітко простежується прагнення науковців до об'єктивізації результатів при дослідженні біологічних тканин та середовищ організму, що піддаються аналізу. Це є загальною тенденцією доказової медицини, що використовує різні методи інструментальної діагностики для конкретизації ступеня виявлених при дослідженні патологічних змін. Не є винятком і стан наукових досліджень в судовій медицині, де відзначається тенденція до використання біофізичних методів діагностики [1–4, 7]. Це пов'язане насамперед з тим, що вони забезпечують кількісну об'єктивізацію тих явищ, які раніше оцінювались судово-медичним експертом виключно суб'єктивно. Також біофізичні методики забезпечують швидке отримання результату, що дозволяє використовувати їх в якості експресдіагностики.

В даній роботі ми пропонуємо розглянути можливості лазерних поляризаційних методик дослідження біологічних тканин та рідин організму людини для застосування в судово-медичній практиці, зокрема для встановлення давності настання смерті (ДНС), адже дана проблема є однією з найактуальніших для експерта-практика.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Розробити комплекс нових судово-медичних об'єктивних критеріїв для розширення функціональних можливостей точного встановлення ДНС, за даними поляризаційної мікроскопічної томографії полікристалічної структури препаратів склоподібного тіла (СТ) людини.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Забір СТ проводився у приміщенні комунальної медичної установи «Обласне бюро судово-

медичної експертизи» Департаменту охорони здоров'я Чернівецької обласної державної адміністрації при змішаному освітленні, температурі повітря +18–22 °С і відносній вологості 60–75%, за допомогою інсулінового шприца (голку вводили в ділянку зовнішнього кута ока) в кількості 0,25 мл у людей померлих від серцево-судинної патології (n = 56) з відомим часом настання смерті. Для дослідження СТ лазерними поляриметричними методиками препарати готувались в ідентичних умовах шляхом нанесення краплі СТ на оптично однорідне скло одразу після забору.

Вимірювання розподілів величини параметрів лінійного двоприменезаломлення (ЛД) полікристалічної складової препаратів СТ проводилось у розташуванні класичного Стокс-поляриметра, оптична схема якого наведена на рисунку 1 [8, 9].

Лазерне зондування шарів СТ (4) проводилося, за допомогою сформованого коліматором, паралельного (діаметр 2 мм) пучка газового He-Ne лазера з довжиною хвилі $\lambda = 0,63$ мкм. Аналіз зображень біологічних зразків здійснювався за допомогою поляризатора і аналізатора [9, 11–15]. Після чого проводили статистичний та вейвлет-аналіз отриманих результатів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

На рисунку 2 наведені мапи та розподіли величини ЛД шарів СТ біоманекенів з ДНС 3 години (а) і 12 годин (б). Одержані результати ілюструють наявність відмінностей між даними мікроскопічної поляризаційної томографії ЛД полікристалічної складової шарів СТ померлих з різною ДНС.

Установлено, що координатні розподіли величини ЛД (рис. 2) зразку шару СТ померлих з більшою ДНС (12 годин) характеризуються меншим середнім значенням (статистичний момент 1-го порядку $SM_1 = 0,0086$) і діапазоном розкиду (статистичний момент 2-го поряд-

ку $SM_2 = 0,0048$) випадкових значень у порівнянні з гістограмами ($SM_1 = 0,0068$, $SM_2 = 0,0034$), що одержані для ЛД полікристалічної складової зразку шарі СТ з ДНС 3 години.

Виявлену закономірність ми пов'язали з деструктивними некротичними змінами структурної анізотропії полікристалічної складової шарів СТ, поляризаційні прояви яких супроводжуються зменшенням величини ЛД, яке визначається

просторовою впорядкованістю фібрилярних колагенових мереж [5, 6]. Із збільшенням часу ДНС така впорядкованість сітчастої структури СТ порушується і величина ЛД зменшується. Кількісно зазначену некротичну трансформацію фібрилярних сіток полікристалічної структури шарів СТ померлих з різною ДНС ілюструють середні значення і похибки у межах груп, статистичних моментів 1–4-го порядку, які наведені в таблиці 1.

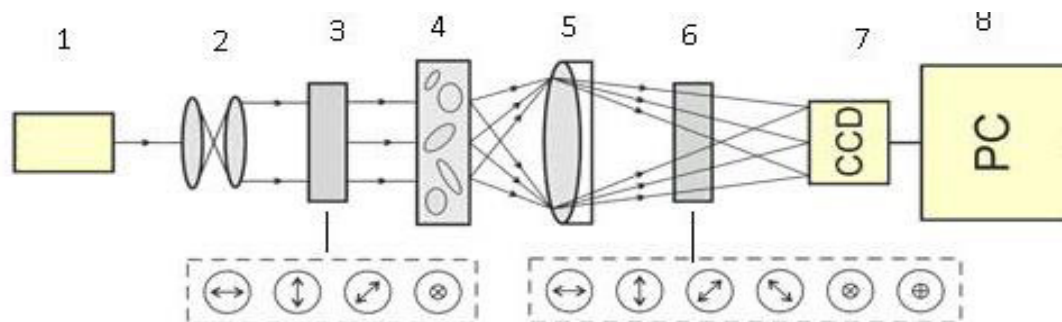


Рис. 1. Оптична схема Стокс-поляриметра: 1 – джерело когерентного випромінювання He-Ne лазер з довжиною хвилі $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$; 2 – оптичний вузол (коліматор) формування плоскої хвилі; 3 – поляризаційний опромінювач (поляризатор і фазовозсуваюча пластинка $0,25\lambda$); 4 – шар СТ; 5 – поляризаційний мікроскоп; 6 – поляризаційний аналізатор (поляризатор і фазовозсуваюча пластинка $0,25\lambda$); 7 – CCD камера; 8 – пристрій аналітичної обробки даних – PC

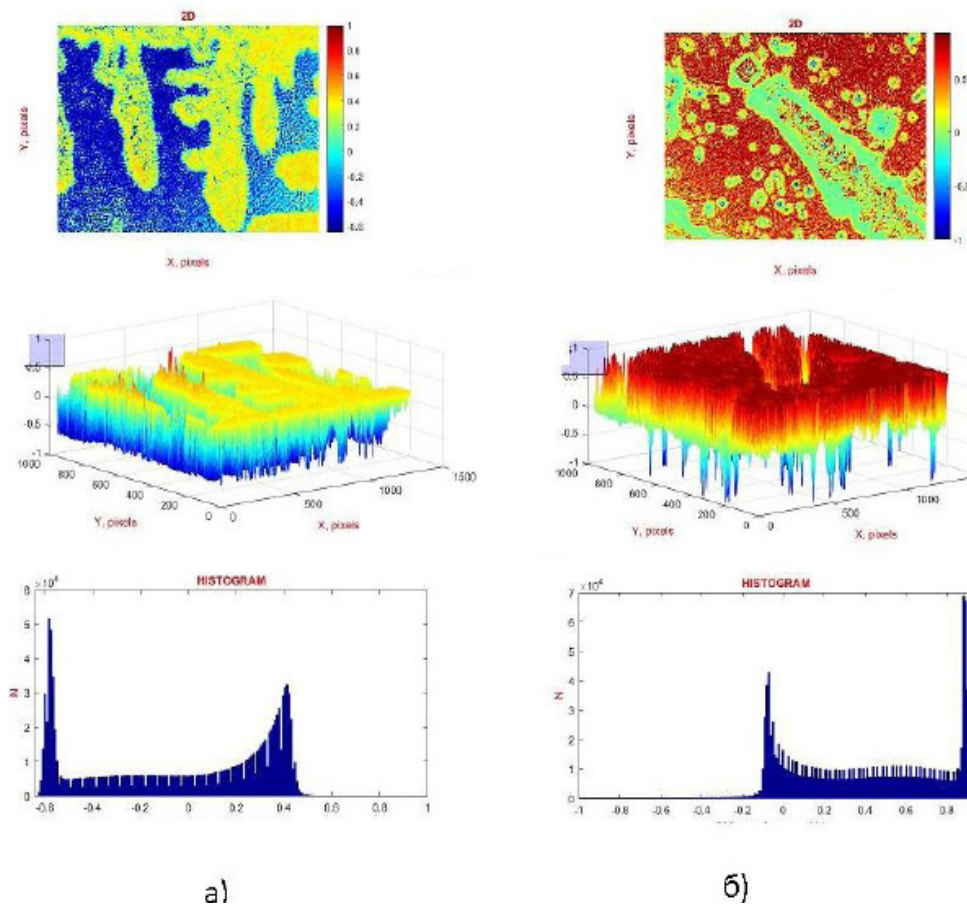


Рис. 2. Мани та розподіли величини ЛД кристалічної фракції шарів СТ померлих з ДНС 3 (а) та 12 (б) годин

Таблиця 1

Часова динаміка зміни величини статистичних моментів 1–4-го порядків ($SM_1 \approx SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$), які характеризують розподіли величини ЛД кристалічної фракції шарів СТ біоманекенів з різною ДНС (t – години)

$SM_i \times 10^{-2}$	$t = 1$	$t = 3$	$t = 6$	$t = 12$	$t = 18$	$t = 24$
SM_1	$0,92 \pm 0,043$	$0,86 \pm 0,038$	$0,81 \pm 0,035$	$0,68 \pm 0,031$	$0,56 \pm 0,025$	$0,41 \pm 0,019$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
SM_2	$0,53 \pm 0,026$	$0,48 \pm 0,024$	$0,43 \pm 0,021$	$0,34 \pm 0,015$	$0,24 \pm 0,011$	$0,14 \pm 0,006$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
SM_3	$0,71 \pm 0,036$	$0,82 \pm 0,041$	$0,92 \pm 0,045$	$1,13 \pm 0,055$	$1,34 \pm 0,059$	$1,54 \pm 0,068$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
SM_4	$1,21 \pm 0,054$	$1,35 \pm 0,058$	$1,49 \pm 0,065$	$1,76 \pm 0,073$	$2,04 \pm 0,092$	$2,32 \pm 0,098$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$

Таким чином, отриманий лінійний діапазон некротичної зміни величини статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують розподіли величини ЛД фібрилярних колагенових сіток шарів СТ людини, за величиною ДНС складає 24 години.

За результатами дослідження виявлено зміну величини середнього SM_1 у межах від 0,92 до 0,41,

дисперсії SM_2 у межах від 0,53 до 0,14, асиметрії SM_3 у межах від 0,71 до 1,54 та ексцесу у межах від 1,21 до 2,32.

Рисунок 3 ілюструє лінійні та кругові діаграми зміни величини набору статистичних моментів $SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$, які характеризують координатні розподіли величини ЛД полікристалічної складової шарів СТ біоманекенів із різною ДНС.

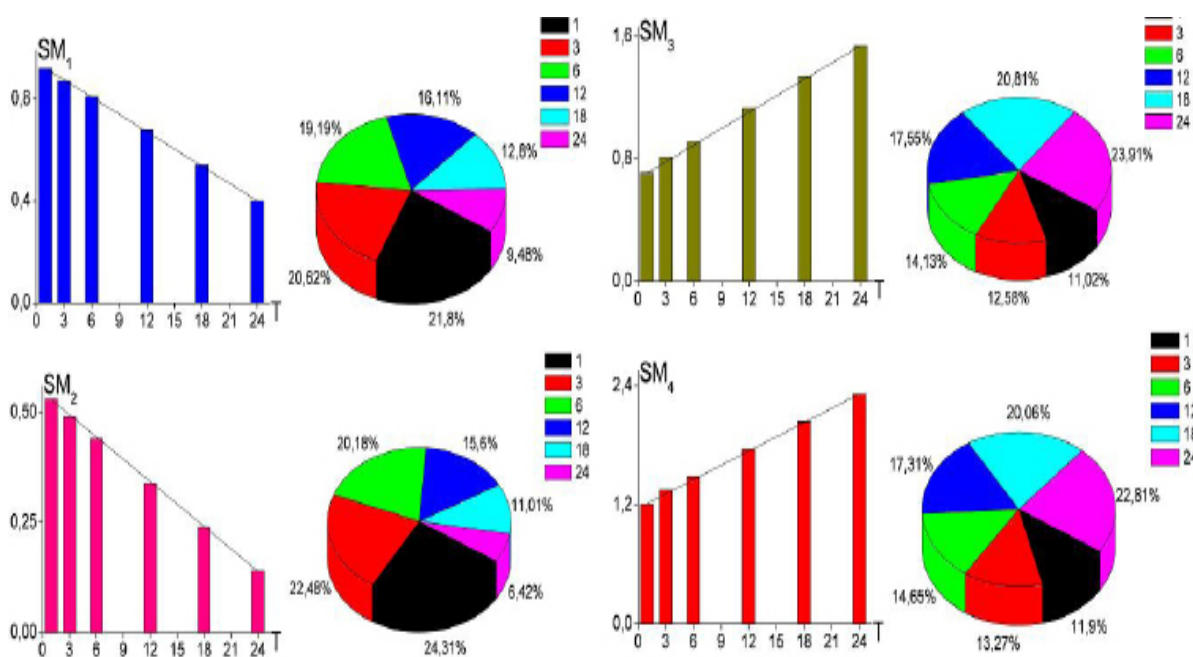


Рис. 3. Часові діаграми зміни величини статистичних моментів 1–4-го порядків ($SM_1 = SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$), які характеризують розподіли величини ЛД кристалічної фракції шарів СТ при різному значенні ДНС (T – години)

З одержаних даних (рис. 3) статистичного аналізу поляризаційно відтворених розподілів ЛД видно, що величини середнього, дисперсії, асиметрії та ексцесу, які характеризують мапи ЛД фібрилярних колагенових сіток полікристалічної складової шарів СТ при різному значенні ДНС, лінійно змінюються у межах 24 годин.

Найбільш чутливим до некротичних змін полікристалічної структури шарів СТ виявилися

часові зміни асиметрії SM_3 та ексцесу SM_4 . Кількісно це виявляється у зростанні кутів нахилу відповідних лінійних часових залежностей некротичних змін величини зазначених статистичних моментів вищих порядків.

Одержані нами результати точності визначення ДНС методом мікроскопічної поляризаційної томографії ЛД колагенових сіток шарів СТ при різних ДНС наведені в таблиці 2.

Точність ($\pm \Delta T$) визначення ДНС методом мікроскопічної поляризаційної томографії ЛД колагенових сіток шарів СТ

SM _i	t = 1	t = 3	t = 6	t = 12	t = 18	t = 24
SM ₁	40 хв.	41 хв.	41 хв.	40 хв.	42 хв.	43 хв.
SM ₂	36 хв.	38 хв.	37 хв.	38 хв.	38 хв.	38 хв.
SM ₃	24 хв.	25 хв.	24 хв.	25 хв.	25 хв.	25 хв.
SM ₄	19 хв.	20 хв.	20 хв.	20 хв.	21 хв.	21 хв.

Аналіз наведених у таблиці 2 результатів виявив, що для експесу SM₄ досягається максимальний рівень (виділено сірим) точності метода мікроскопічної поляризаційної томографії ЛД колагенових сіток шарів СТ у визначенні ДНС у межах 19–21 хвилин.

З метою покращення ефективності методу мікроскопічної поляризаційної томографії полікристалічної складової шарів СТ нами досліджено можливості застосування вейвлет-аналізу ЛД різномасштабних колагенових фібрил [8].

На рисунку 4 представлені результати аналітичних обчислень мап амплітуд вейвлет-коєфіцієнтів

K_a , K_b , які характеризують масштабну ($a = 15$) структуру оптично-анізотропних ЛД колагенових сіток шарів СТ при значеннях ДНС 3 (а) та 12 (б) годин.

Порівняльний аналіз результатів дослідження залежностей амплітуд вейвлет-коєфіцієнтів W_a , W_b (W_x , W_y), які характеризують різні масштаби структурних елементів мап ЛД колагенових сіток шарів СТ людини з різною ДНС, виявив максимальні відмінності для малих масштабів a_{\min} вейвлет-функції (рис. 4). Це обумовлено тим, що некротичні зміни фібрилярних колагенових мереж переважно відбуваються на дрібномасштабному рівні.

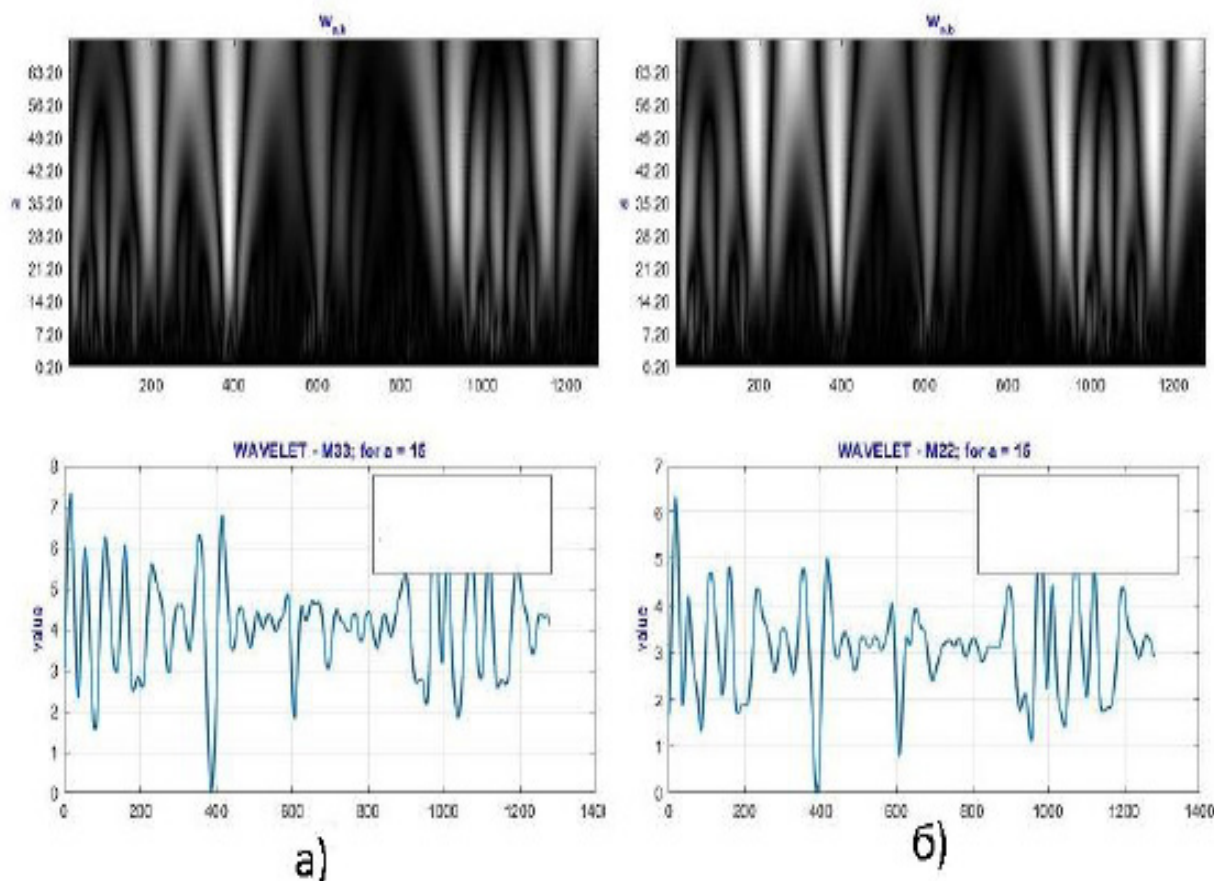


Рис. 4. Мапи $W_{a,b}$ (1) та лінійні залежності (2) величини амплітуди вейвлет-коєфіцієнтів $C_{15,b}$ лінійного двопронезаломлення кристалічної фракції СТ померлого з ДНС 3 (а) та 12 (б) годин

Кількісно некротичні трансформації фібрилярної структури зразків шарів СТ людини при різних значеннях ДНС ілюструють величини

статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують розподіли величини амплітуди вейвлет-коєфіцієнтів $C_a =_{15,b}$ мап ЛД (табл. 3).

Таблиця 3

Часова динаміка зміни величини статистичних моментів 1–4-го порядків ($SM_1 = SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$), які характеризують розподіли лінійного перерізу $C_{15, b}$ мапи вейвлет-коефіцієнтів $W_{a, b}$ величини ЛД кристалічної фракції шарів СТ людини при різних значеннях ДНС (t – години)

SM_i	$t = 1$	$t = 6$	$t = 12$	$t = 18$	$t = 24$	$t = 36$
SM_1	$0,59 \pm 0,023$	$0,45 \pm 0,019$	$0,31 \pm 0,014$	$0,16 \pm 0,007$	$0,013 \pm 0,006$	$0,004 \pm 0,002$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
SM_2	$0,45 \pm 0,021$	$0,38 \pm 0,016$	$0,32 \pm 0,014$	$0,25 \pm 0,011$	$0,19 \pm 0,009$	$0,054 \pm 0,002$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
SM_3	$0,31 \pm 0,014$	$0,54 \pm 0,024$	$0,78 \pm 0,033$	$1,01 \pm 0,044$	$1,25 \pm 0,054$	$1,71 \pm 0,077$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
SM_4	$0,38 \pm 0,016$	$0,72 \pm 0,031$	$1,05 \pm 0,044$	$1,39 \pm 0,054$	$1,72 \pm 0,065$	$2,39 \pm 0,108$
p-level	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$

Аналіз наведених даних виявив збільшення до 36 годин лінійного діапазону визначення ДНС. Також відмічено зміну величини значення середнього SM_1 від 0,59 до 0,004, дисперсії SM_2 від 0,45 до 0,054, асиметрії SM_3 від 0,31 до 1,71 та ексцесу SM_4 від 0,38 до 2,39.

З одержаних даних, проілюстрованих на рисунку 5, видно, що величини всіх статистичних моментів параметрів, які характеризують розподіли величини амплітуди вейвлет-коефіцієнтів

мап поляризаційно-відтвореного ЛД колагенових мереж полікристалічної складової шарів СТ при різних значеннях ДНС, лінійно змінюються у межах 36 годин. При цьому найбільш чутливим до некротичних змін фібрилярної структури колагенових волокон таких зразків, як і випадку статистичного аналізу даних мікроскопічної поляризаційної томографії виявились часові зміни величини статистичних моментів 3-го і 4-го порядків.

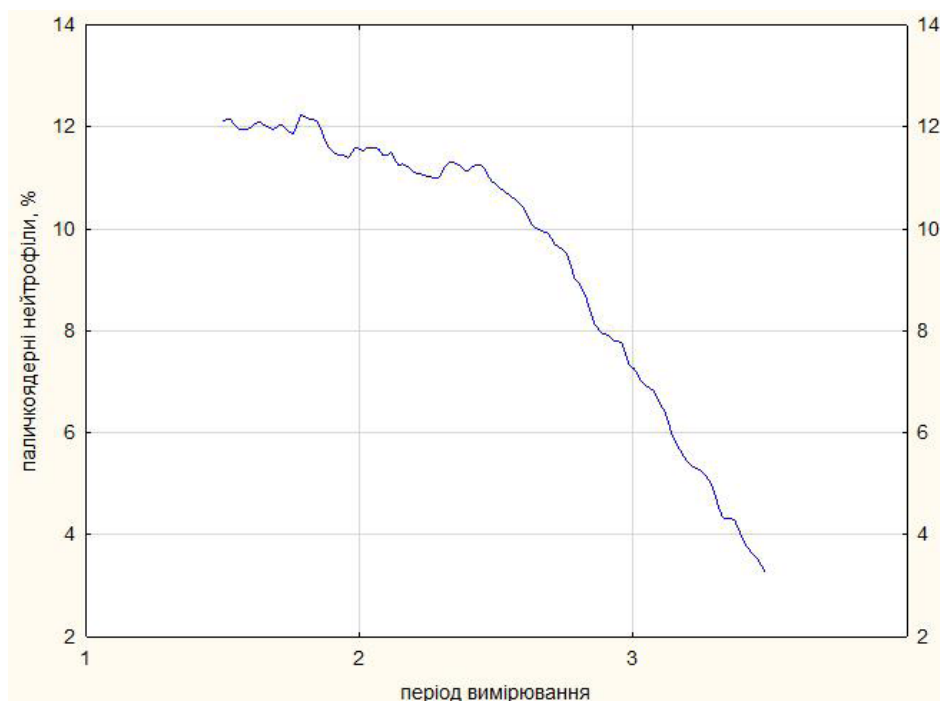


Рис. 5. Часові діаграми зміни величини статистичних моментів 1–4-го порядків ($SM_i = SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$), які характеризують розподіли лінійного перерізу $C_{15, b}$ мапи вейвлет-коефіцієнтів $W_{a, b}$ величини ЛД кристалічної фракції шарів СТ при різних значеннях ДНС (T – години)

Кількісно це виявляється у зростанні кутів нахилу лінійних залежностей величини статистичних моментів вищих порядків, які характеризують розподіли величини амплітуди вейвлет-коефіцієнтів мап поляризаційно-відтвореного ЛД колагенових мереж у порівнянні

з аналогічними параметрами мап поляризаційних проявів структури колагенових сіток шарів СТ людини при різних значеннях ДНС. За рахунок цього зростає чутливість методу вейвлет-аналізу і покращується на 5 хвилин точність визначення ДНС (табл. 4).

Точність ($\pm \Delta T$) визначення ДНС методом вейвлет-аналізу поляризаційного відтворення розподілів ЛД полікристалічної складової шарів СТ

SM _i	t = 1	t = 6	t = 12	t = 18	t = 24	t = 36
SM ₁	35 хв.	36 хв.	36 хв.	36 хв.	37 хв.	37 хв.
SM ₂	31 хв.	32 хв.	32 хв.	32 хв.	33 хв.	33 хв.
SM ₃	18 хв.	19 хв.	19 хв.	20 хв.	20 хв.	21 хв.
SM ₄	14 хв.	15 хв.	15 хв.	15 хв.	15 хв.	16 хв.

В результаті проведеного нами дослідження було виявлено максимальний рівень точності (виділено сірим) у визначенні ДНС у межах 14–16 хв., що не було досягнуто всією сукупністю методик поляризаційної та кореляційної мікроскопії школи проф. В. Т. Бачинського [10–15].

ВИСНОВКИ

1. Досліджено часову динаміку некротичних змін величини набору статистичних моментів 1–4-го порядків, які характеризують розподіли

ЛД полікристалічної складової шарів СТ при різних значеннях ДНС. Установлено діапазон чутливості методу поляризаційної томографії розподілів ЛД полікристалічної складової шарів СТ – 24 годин з точністю визначення ДНС – 20 хвилин.

2. Продемонстровано ефективність вейвлет-аналізу розподілів величини ЛД шарів СТ людини при різних значеннях ДНС. Показано, що масштабно-селективний аналіз забезпечує збільшення діапазону чутливості до 36 годин із одночасним підвищення точності визначення ДНС до 15 хвилин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Byvalcev VA, Stepanov IA, Semjonov AV et al. Vozmozhnosti diagnostiki davnosti nastuplenija smerti po izmenenijam v pojasnichnyh mezhpozvonkovykh diskah (sopostavlenie morfologicheskikh, immunogistohimicheskikh i tomograficheskikh rezultatov). Sudebno-medicinskaja ekspertiza. 2017; 60 (4): 4–8.

2. Hurov OM. Suchasnyi alhorytm sudovomedychnoi diahnostryky davnosti nastannia smerti u rannii postmortalnyi period: (metod. rek.). Ukr tsentr nauk med informatsii ta patent.-litsenz roboty. 2017; 33–34.

3. Kuzovkov AV, Vavilov AJ. Diagnostika davnosti smerti cheloveka v rannem posmertnom periode nein vazivnym termometricheskim sposobom. Problemy jekspertizy v medicine. 2014; 14 (4 (56)): 24–27.

4. Ansari N, Lodha A, Menon SK. Smart platform for the time since death determination from vitreous humor cystine. Biosensors and Bioelectronics. 2016; 86: 115–121. DOI: 10.1016/j.bios.2016.06.042.

5. Prydij AG, Guminetsky SG, Gruia I et al. Statistical and Fractal Approaches in Laser Polarimetry Diagnostics of the Cancer Prostate Tissues. Proc. SPIE. 2008; 7008: 70080-2.

6. Ushenko YA. Investigation of formation and interrelations of polarization singular structure and Mueller-matrix images of biological tissues and diagnostics of their cancer changes. J Biomed Opt. 2011; 16 (6): 066006. DOI: 10.1117/1.3585689.

7. Young ST, Wells JD, Hobbs GR et al.

Estimating postmortem interval using RNA degradation and morphological changes in tooth pulp. Forensic Sci Int. 2013; 229: 163–166. DOI: 10.1016/j.forsciint.2013.03.035.

8. Angelsky PO. Fourier phasometry of human effusion polycrystalline networks. Applied optics. 2012. 51 (10):70–76. <https://doi.org/10.1364/AO.51.000C70>.

9. Bachinskyi V, Boychuk T, Ushenko A. Laser polarimetry of biological tissues and fluids. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2017; 204.

10. Bachinskij VT. Perspektivy primenenija lazerno-poljarimetriceskikh metodov issledovanija biologicheskikh tkanej v sudebnoj medicine. Sudebnaja medicina. 2016; 2 (3): 4–8.

11. Bachynskyi V, Pavliukovykh O, Vanchuliak O. Vyvchennia poliaryzatsiinykh map tkanyny miokarda dlja vyznachennia prychny ta davnosti nastannia smerti vnaslidok mekhanichnoi asfiksii abo krovovtraty. Bukovynskyi medychnyi visnyk. 2010;14 (1): 53.

12. Garazdyuk MS, Bachinskyi VT, Vanchulyak OY et al. Polarization-phase images of liquor polycrystalline films in determining time of death. Appl Opt. 2016; 55 (12): B67–71. <https://doi.org/10.1364/AO.55.000B67>.

13. Bachinskij VT, Vanchuljak OJ, Garazdjuk MS. Issledovanie likvora v sudebno-medicinskoj praktike opredelenija davnosti nastuplenija smerti. Vestnik sudebnoj medicyny. 2015; 4 (4): 8–11.

14. Bachinskij VT, Vanchuljak OJ. Lazerno poljarimetricheskie metody issledovaniya biologicheskikh tkanej v sudebnoj medicine—perspektivu, realii i budushhee. Vestnik sudebnoj mediciny. 2015; 4 (1): 19–24.

15. Bachynskiy V, Garazdiuk M, Vanchuliak O et al. Post mortem interval estimation: features of cerebrospinal fluid films autofluorescent laser polarimetry. Folia Societatis Medicinae Legalis Slovaca. 2016; 6 (2): 67–72. <http://dspace.bsmu.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/13413>.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2019