

Бакун О.В.

**Використання методів дифузної
Мюллер-матричної інтроскопії
для ранньої діагностики
ендометріозу на основі
вивчення дегідратованих плівок
перитонеальної рідини**

Буковинський державний медичний університет,
м. Чернівці, Україна

Bakun O.V.

**Usage of methods diffuse
Mueller-matrix introscopy
for early diagnosis
of endometriosis based on study
of dehydrated films
of peritoneal fluid**

Bukovinian State Medical University,
Chernivtsi, Ukraine

kupchanko06@gmail.com

Вступ

З огляду на високу точність отриманих результатів при поляриметрії у прозорих середовищах розпочато пошук модифікацій методу з отриманням якісних результатів у тканинах і біологічних рідинах з різною густиною. Для підвищення контрасту і покращення можливості візуалізації тканин використано оптичну візуалізацію із застосуванням багаторазово розсіювальної (деполяризуючої) складової світлового променя, що дало позитивний результат і можливість оцінити різноманітні біологічні середовища [3]. При цьому результати залежать від стану поляризації падаючого пучка світла. Таким чином розроблено низку модифікацій, зокрема лінійну, або циркулярну, поляризацію, Стокс-поляриметрію, або Мюллер-матричну поляриметрію, геометрію виявлення (пропускання в порівнянні з відбиванням), спектроскопічні методи дослідження світла, такі як точкова спектроскопія і спектральна візуалізація (при цьому використовують різної довжини хвилі, дифузне відбивання, флуоресценцію, раманівське розсіювання) [1; 4; 5], інтерферометричні методи, поляризаційно керовану візуалізацію, оптичну поляризацію, лазерну поляриметрію. Кожний метод має свої особливості. Під час застосування різних методик враховується анізотропія біологічних об'єктів, адже майже всі біологічні тканини володіють оптичною анізотропією [2]. Двопроменезаломлення біологічних тканин зумовлено переважно лінійною анізотропією волокнистих структур, які утворюють позаклітинні середовища. Показник заломлення має більше значення вздовж волокон, ніж поперек. При цьому ми маємо паралельні циліндри, що утворюють одноосьове двопроменезаломлююче середовище з оптичною віссю, яка є паралельною до осі циліндрів (двопроменезаломлення форми), і є характерним для багатьох біотканей, таких як рогівка ока, хрящі, сухожилля, склера, тверда мозкова оболонка,

м'язи, нерви, сітківка ока, кістка, зуби та інші біотканіни з одновісними і / або двовісними двопроменезаломлюючими структурами [5].

Мета дослідження – оцінити ефективність ранньої діагностики ендометріозу з використанням методів дифузної Мюллер-матричної інтроскопії розсіюючих дегідратованих плівок перитонеальної рідини.

Об'єкт і методи дослідження

Досліджувалися дві групи зразків: перитонеальна рідина, одержана під час проведення діагностичної лапароскопії – контрольна група 3.1 – 68 зразків; перитонеальна рідина, одержана під час проведення діагностичної лапароскопії у жінок із ендометріозом, асоційованим із безпліддям, – дослідна група 3.2 – 59 зразків.

Обробка даних

Основи статистичного аналізу

Для об'єктивного оцінювання складних, координатно неоднорідних розподілів величини всіх типів тезіограм (позначимо ці множини Q) ми використали статистичний аналіз, який полягає у таких кроках:

- визначення гістограм розподілів величини q;
- обчислення набору центральних статистичних моментів 1-го, 2-го, 3-го і 4-го порядків, що і характеризують середнє (Z_1), дисперсію (Z_2), асиметрію (Z_3) та ексцес (Z_4) розподілів Q за кількістю дискретних пікселів P.

Статистичний момент 1-го порядку Z_1 , або **середнє** множини Q, визначає її середнє значення:

$$Z_1 = \frac{|Q_1| + |Q_2| + \dots + |Q_{p-1}| + |Q_p|}{P} \quad (1)$$

Статистичний момент 2-го порядку Z_2 , або **дисперсія** множини величин Q, визначає ступінь її

відхилення від величини середнього Z_1 (співвідношення (1):

$$Z_2 = \sqrt{\frac{Q_1^2 + Q_2^2 + \dots + Q_{p-1}^2 + Q_p^2}{P}} \quad (2)$$

Статистичний момент 3-го порядку Z_3 , або **асиметрія**, характеризує відхилення від нормального випадкових значень Q:

$$Z_3 = \frac{\sqrt{\frac{Q_1^3 + Q_2^3 + \dots + Q_{p-1}^3 + Q_p^3}{P}}}{\left(\sqrt{\frac{Q_1^2 + Q_2^2 + \dots + Q_{p-1}^2 + Q_p^2}{P}}\right)^3} \quad (3)$$

Величина даного статистичного параметру Z_3 характеризує динаміку зміни параметрів тезіограм оптичної анізотропії.

Статистичний момент 4-го порядку Z_4 , або **ексцес**, характеризує динаміку змін розподілів величини локальних значень сукупності точок тезіограм Q:

$$Z_4 = \frac{\sqrt{\frac{Q_1^4 + Q_2^4 + \dots + Q_{p-1}^4 + Q_p^4}{P}}}{\left(\sqrt{\frac{Q_1^2 + Q_2^2 + \dots + Q_{p-1}^2 + Q_p^2}{P}}\right)^4} \quad (4)$$

Результати дослідження та їх обговорення

Наведемо результати клінічної апробації методів дифузної Мюллер-матричної інтроскопії дегідратованих полікристалічних плівок перитонеальної рідини у визначенні сукупності статистичних маркерів

ранньої діагностики ендометріозу та ефективності його лікування.

Тезіограми флуктуацій лінійного двопронезаломлення дегідратованих полікристалічних плівок перитонеальної рідини

Використано таке модельне наближення: антитіла, імуноглобуліни, які входять до складу перитонеальної рідини, являють собою великі глобулярні білки Y-подібної форми. До складу третинної та четвертинної структури одного антитіла в більшості випадків входять два важких ланцюги та два легких ланцюги. У результаті вони набувають властивостей лінійного двопронезаломлення. Величина і флуктуації параметру даного механізму анізотропії, які формують тезіограму дегідратованої плівки перитонеальної рідини, являють собою сукупність додаткових ранніх (доклінічних) ознак наявності ендометріозу.

На серії фрагментів рис. 1 представлено алгоритмічно відтворені тезіограми 2D і 3D координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій лінійного двопронезаломлення зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнток з контрольної групи 3.1 (фрагменти (1),(2)) та дослідної групи 3.2 (фрагменти (3),(4)).

Аналіз експериментальних даних виявив:

- флуктуації величини лінійного двопронезаломлення надмолекулярних мереж третинної та четвертинної структури білків дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнток з усіх груп (рис.1, фрагменти (1),(3));

- зростання величини флуктуацій лінійного двопронезаломлення дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнток із ендометріозом (група 3.2).

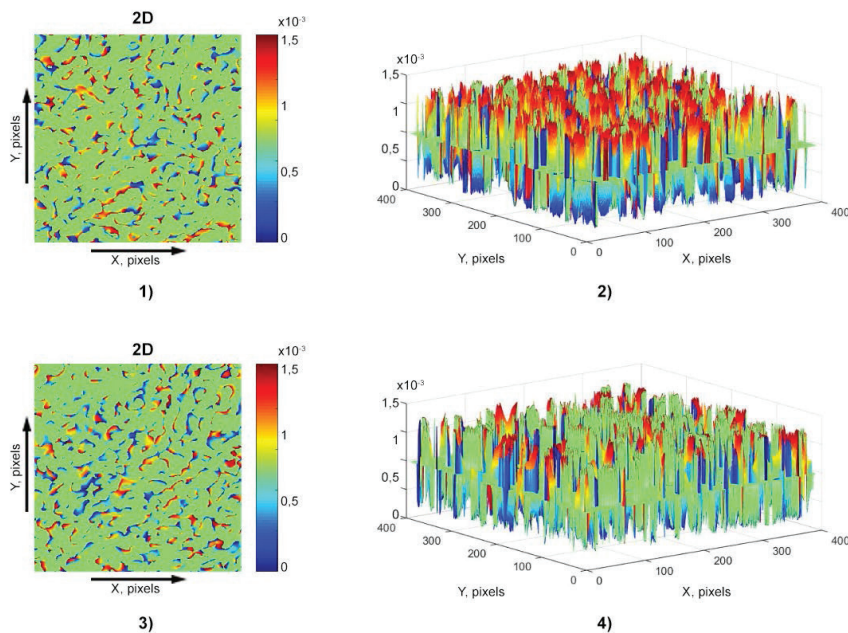


Рис. 1. Тезіограми ((1),(3), і 3D (2),(4)) розподілу величин флуктуацій лінійного двопронезаломлення дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнток з групи 3.1 ((1),(2)), групи 3.2 ((3),(4))

Статистичний аналіз розподілів випадкових значень величини флуктуацій лінійного двопронезаломлення надмолекулярних білкових мереж перитонеальної рідини пацієнток з усіх груп наведені у таблиці 1.

Аналіз даних статистичного моніторингу виявив, що у хворих на ендометріоз відбувається незначне зменшення лінійного двопронезаломлення за рахунок деструкції третинної і четвертинної структури білків перитонеальної рідини.

Як додаткові діагностичні маркери ендометріозу визначено статистичні моменти вищих порядків, які виявилися достатньо чутливими до ранніх патологічних змін третинної та четвертинної структури білків зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини.

Паралельно до цього ефективність процесу лікування даної патології можна оцінювати за допомогою інших маркерів – величин середнього і дисперсії розподілів величини флуктуацій лінійного двопронезаломлення дегідратованих плівок перитонеальної рідини.

Операційні характеристики діагностичної сили методу тезіограм флуктуацій лінійного двопронезаломлення надмолекулярних білкових мереж плівок перитонеальної рідини

Діагностичну та клінічну ефективність використання набору статистичних маркерів детектування руйнації третинної та четвертинної структури надмолекулярних мереж експериментальних зразків плівок перитонеальної рідини пацієнток, а також оцінювання ефективності лікування ендометріозу ілюструють величини операційних характеристик, які наведені в таблиці 2.

Під час інформаційного аналізу встановлено такі діапазони величини операційних характеристик, які визначають діагностичну силу методу дифузної Мюллер-матричної інтроскопії розподілу величин флуктуацій лінійного двопронезаломлення надмолекулярних білкових мереж перитонеальної рідини пацієнтів:

- задовільну ($SM_3; SM_4$ – 82,5% – 84,9%);
- хорошу ($SM_1; SM_2$ – 88,1% – 89,7%) точність діагностики ендометріозу (групи 3.1 і 3.2);

Таблиця 1

Статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли флуктуацій лінійного двопронезаломлення плівок перитонеальної рідини

Параметри	Група 3.1	Група 3.2
$SM_1 \times 10^{-3}$	$0,17 \pm 0,009$	$0,14 \pm 0,008$
p_2	$p \leq 0,05$	
$SM_2 \times 10^{-3}$	$0,12 \pm 0,007$	$0,104 \pm 0,006$
p_2	$p \leq 0,05$	
SM_3	$1,53 \pm 0,082$	$2,09 \pm 0,11$
p_2	$p \leq 0,05$	
SM_4	$2,04 \pm 0,108$	$2,64 \pm 0,14$
p_2	$p \leq 0,05$	

Таблиця 2

Специфічність, чутливість, точність методу тезіограм флуктуацій лінійного двопронезаломлення дегідратованих плівок перитонеальної рідини

Групи 1–2			
Параметри	Чутливість, $Se, \%$ $N = 57$	Специфічність, $Sp, \%$ $H = 69$	Точність, $Ac, \%$ $N + H = 126$
SM_1	$A = 52$	$B = 61$	$A + B = 113$
	91,2	88,4	89,7
SM_2	$A = 51$	$B = 60$	$A + B = 111$
	89,5	87	88,1
SM_3	$A = 49$	$B = 58$	$A + B = 107$
	85,7	84,1	84,9
SM_4	$A = 47$	$B = 57$	$A + B = 104$
	82,5	82,6	82,5

Отже, метод дифузної Мюллер-матричної інтроскопії флуктуацій лінійного двопронезаломлення плівок перитонеальної рідини виявив кращу ефективність діагностики ендометріозу, а також точності оцінювання ефективності його лікування, ніж метод поляризаційно-фазової інтроскопії.

Тезіограми флуктуацій циркулярного двопронезаломлення дегідратованих плівок перитонеальної рідини

Ми використали модельне наближення анізотропії лейкоцитів, які являють собою сферичні білкові утворення і володіють проявами циркулярного

двопронезаломлення. Знижена чи підвищена кількість лейкоцитів у перитонеальній рідині є важливим клінічним індикатором наявності патологічного процесу. Тезіограми та 3D-розподіли величини флуктуацій циркулярного двопронезаломлення плівок перитонеальної рідини пацієнтів з контрольної групи 3.1 (фрагменти (1),(2)) та дослідної групи 3.2 (фрагменти (3),(4)) наведені на рис. 2.

Експериментально виявлено:

– наявність флуктуацій величини циркулярного двопронезаломлення надмолекулярної полікристалічної хіральної структури лейкоцитів плівок

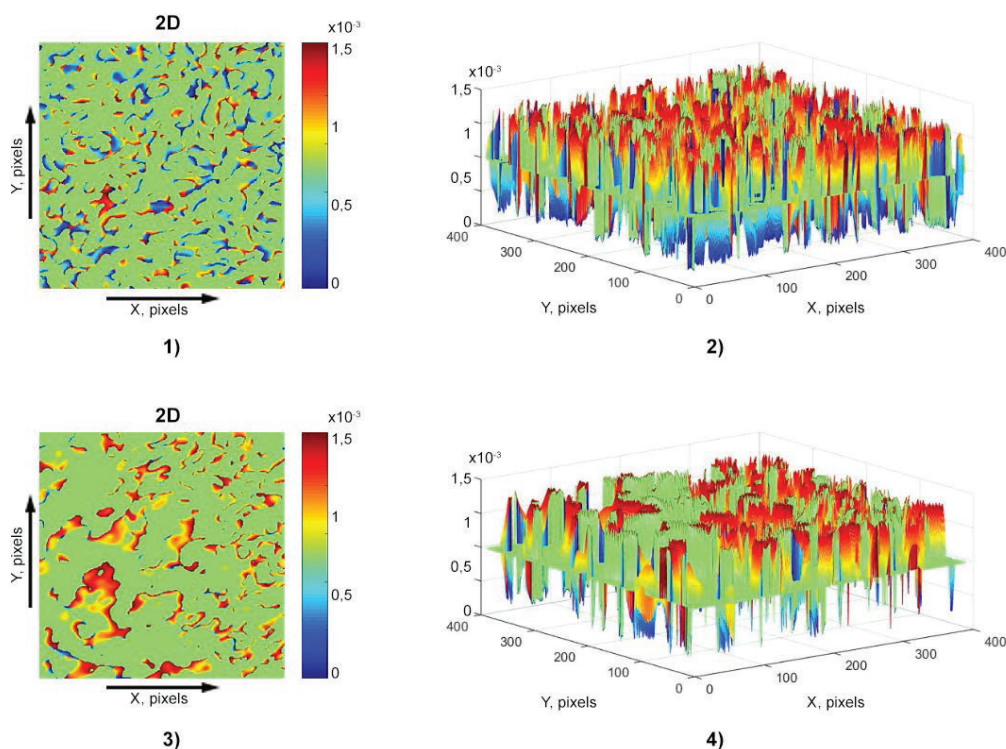


Рис. 2. Тезіограми і 3D-розподіли ((2),(4)) флуктуацій циркулярного двопронезаломлення хіральних молекулярних комплексів дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієток з групи 3.1 ((1),(2)), групи 3.2 ((3),(4))

перитонеальної рідини пацієток зі всіх груп (рис. 2, фрагменти (1),(3));

– зростання величини флуктуацій циркулярного двопронезаломлення надмолекулярних структур зразків перитонеальної рідини пацієток із ендометріозом (рис. 2, фрагменти (3),(4)).

Статистичні відмінності тезіограм величини флуктуацій циркулярного двопронезаломлення дегідратованих плівок перитонеальної рідини ілюструють дані, які наведені у таблиці 3.

Аналіз наведених даних виявив:

– кореляцію зміни оптично активної (хіральної) структури надмолекулярних мереж лейкоцитів перитонеальної рідини та зростання флуктуацій кругового двопронезаломлення при ендометріозі;

– діагностичні та статистично достовірні ($P_{i=1;2;3;4} < 0,05$) маркери патологічного процесу й ефективності лікування ендометріозу – величини середнього і дисперсії, які характеризують розподіли величини флуктуацій циркулярного двопронезаломлення.

Операційні характеристики методу тезіограм флуктуацій циркулярного двопронезаломлення плівок перитонеальної рідини

Клінічну ефективність використання визначених статистичних маркерів тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій циркулярного двопронезаломлення плівок перитонеальної рідини ілюструють величини операційних характеристик (табл. 4).

Таблиця 3

Статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують флуктуації циркулярного двопротенезаломлення плівок перитонеальної рідини

Параметри	Група 3.1	Група 3.2
1	2	3
$SM_1 \times 10^{-3}$	$0,102 \pm 0,007$	$0,19 \pm 0,012$
p_2	$p \leq 0,001$	
$SM_2 \times 10^{-3}$	$0,089 \pm 0,005$	$0,13 \pm 0,007$
p_2	$p \leq 0,05$	
1	2	3
SM_3	$1,97 \pm 0,098$	$1,42 \pm 0,089$
p_2	$p \leq 0,05$	
SM_4	$2,42 \pm 0,15$	$1,74 \pm 0,095$
p_2	$p \leq 0,05$	

Таблиця 4

Специфічність, чутливість, точність методу тезіограм флуктуацій циркулярного двопротенезаломлення плівок перитонеальної рідини

Групи 1–2			
Параметри	Чутливість, $Se, \%$ $N = 57$	Специфічність, $Sp, \%$ $H = 69$	Точність, $Ac, \%$ $N + H = 126$
SM_1	$A = 56$	$B = 67$	$A + B = 122$
	98,2	97,1	96,8
SM_2	$A = 56$	$B = 67$	$A + B = 123$
	98,2	97,1	97,6
SM_3	$A = 53$	$B = 64$	$A + B = 117$
	93	92,8	92,9
SM_4	$A = 54$	$B = 64$	$A + B = 118$
	94,7	92,8	93,7

Установлено такі параметри діагностичної сили статистичного аналізу алгоритмічно відтворених тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій циркулярного двопротенезаломлення:

- відмінну ($SM_1; SM_2$ – 96,8% – 97,4%);
- дуже хорошу ($SM_3; SM_4$ – 92,9% – 93,7%) точність діагностики ендометріозу (групи 3.1–3.2).

Наступним кроком стало вивчення ефективності застосування методики дифузної Мюллер-матричної інтроскопії флуктуацій лінійного та циркулярного дихроїзму розсіювальних дегідратованих полікристалічних плівок перитонеальної рідини.

Тезіограми координатних розподілів величини флуктуацій лінійного дихроїзму надмолекулярних мереж альбуміну дегідратованих плівок перитонеальної рідини

На серії фрагментів рис. 3 представлено експериментально визначені методом дифузної

Мюллер-матричної інтроскопії тезіограми та 3D-розподіли величини флуктуацій лінійного дихроїзму надмолекулярних мереж дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнтів з контрольної групи 3.1 (фрагменти (1),(2)) та дослідних груп 3.2 (фрагменти (3),(4)).

Експериментально продемонстровано наявність флуктуацій оптично-анізотропного поглинання дегідратованих плівок перитонеальної рідини, яку ілюструють алгоритмічно відтворені тезіограми координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій лінійного дихроїзму (рис. 3, фрагменти (1),(3)).

Для набору розсіюючих дегідратованих полікристалічних плівок перитонеальної рідини пацієнтів із ендометріозом (рис. 3, фрагменти (2),(4)) експериментально виявлено зменшення флуктуацій величини лінійного дихроїзму надмолекулярних полікристалічних мереж. Інший сценарій має місце для

дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнток групи 2.3, які пройшли лікування. У цій групі величина флуктуацій лінійного дихроїзму полікристалічної структури зростає (табл. 4).

За результатами статистичного аналізу алгоритмічно відтворених координатних розподілів величини флуктуацій лінійного дихроїзму виявлено зменшення розкиду значень лінійного дихроїзму за рахунок деструкції третинної і четвертинної структури білків перитонеальної рідини хворих на ендометріоз (дослідна група 3.2).

Найбільш чутливими діагностичними маркерами ендометріозу виявилися асиметрія та ексцес, величини яких пов'язані зі змінами третинної та четвертинної структури білків зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини.

Ефективність процесу лікування оптимально оцінювати за допомогою статистичних моментів 1-го і 2-го порядків ($P_{i=1,2,3,4} < 0,05$), які характеризують середнє і дисперсію розподілів флуктуацій лінійного дихроїзму надмолекулярних полікристалічних мереж перитонеальної рідини.

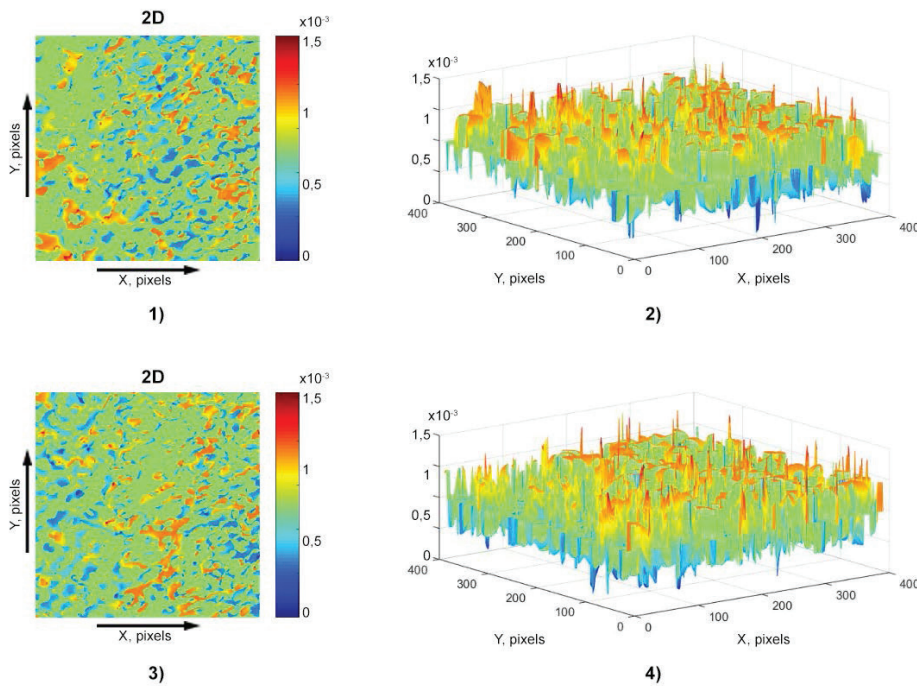


Рис. 3. Тезіограми ((1),(3)) і 3D-розподіли ((2),(4)) флуктуацій величини лінійного дихроїзму зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнток з контрольної групи 3.1 (фрагменти (1),(2)) та дослідної групи 3.2 (фрагменти (3),(4))

Таблиця 4

Статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли флуктуацій величини лінійного дихроїзму дегідратованих плівок перитонеальної рідини

Параметри	Група 3.1	Група 3.2
$SM_1 \times 10^{-3}$	$0,14 \pm 0,008$	$0,105 \pm 0,006$
p_2	$p \leq 0,05$	
$SM_2 \times 10^{-3}$	$0,103 \pm 0,006$	$0,0084 \pm 0,005$
p_2	$p \leq 0,05$	
SM_3	$1,65 \pm 0,089$	$2,31 \pm 0,12$
p_2	$p \leq 0,001$	
SM_4	$2,33 \pm 0,14$	$2,96 \pm 0,16$
p_2	$p \leq 0,05$	

Діагностична сила методу тезіограм флуктуації лінійного дихроїзму плівок перитонеальної рідини

Діагностичну силу статистичних маркерів флуктуації величини лінійного дихроїзму плівок перитонеальної рідини ілюструють величини операційних характеристик, які наведені в таблиці 5.

Установлено такий параметр діагностичної сили методу дифузної Мюллер-матричної інтроскопії флуктуації величини лінійного дихроїзму надмолекулярних мереж білків плівок перитонеальної рідини, як дуже хороша ($SM_1; SM_2; SM_3; SM_4 - 90,5\% - 92,1\%$) точність діагностики ендометріозу (групи 3.1–3.2).

Тезіограми координатних розподілів випадкових значень величини флуктуації циркулярного дихроїзму

надмолекулярних мереж дегідратованих плівок перитонеальної рідини

Експериментально визначені флуктуаційні тезіограми координатних розподілів випадкових значень величини флуктуації та 3D-розподіли величини флуктуації циркулярного дихроїзму хіральных протеїнових комплексів надмолекулярних полікристалічних мереж дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієток з контрольної групи 3.1 (фрагменти (1),(2)) та дослідної групи 3.2 (фрагменти (3),(4)) наведені на серії фрагментів рис. 4.

Експериментально виявлено флуктуації поглинання хіральных молекулярних комплексів зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини

Таблиця 5

Специфічність, чутливість, точність методу тезіограм флуктуації лінійного дихроїзму надмолекулярних мереж плівок перитонеальної рідини

Групи 1–2			
Параметри	Чутливість, $Se, \%$ $N = 57$	Специфічність, $Sp, \%$ $H = 69$	Точність, $Ac, \%$ $N + H = 126$
SM_1	$A = 52$	$B = 62$	$A + B = 114$
	91,2	89,9	90,5
SM_2	$A = 52$	$B = 62$	$A + B = 114$
	91,2	89,9	90,5
SM_3	$A = 53$	$B = 63$	$A + B = 116$
	93	91,3	92,1
SM_4	$A = 53$	$B = 62$	$A + B = 115$
	93	89,9	91,3

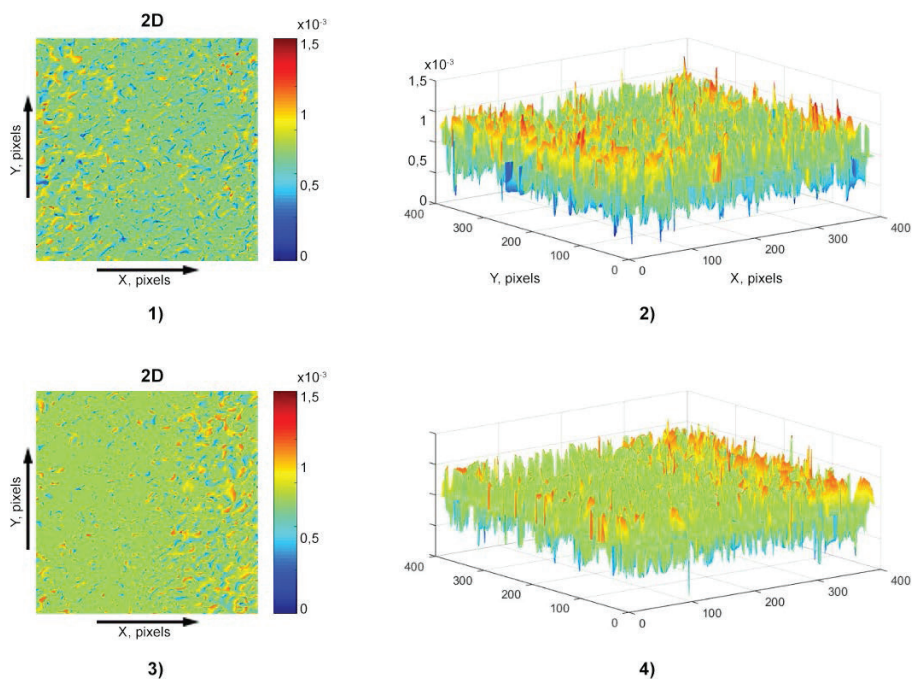


Рис. 4. Тезіограми ((1),(3)) і 3D-розподіли ((2),(4)) флуктуації величини циркулярного дихроїзму зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієток з контрольної групи 3.1 (фрагменти (1),(2)) та дослідної групи 3.2 (фрагменти (3),(4))

пацієнок з усіх груп (рис. 4, фрагменти (1),(3)). Установлено, що для зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини пацієнок із ендометріозом має місце незначне зростання рівня величини флуктуацій циркулярного дихроїзму молекулярних структур.

Кількісно процеси зміни величини флуктуацій циркулярного дихроїзму зразків полікристалічних плівок перитонеальної рідини пацієнтів з усіх груп ілюструють дані, що наведені в таблиці 6.

Одержані дані статистичного аналізу алгоритмічно відтворених тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій надмолекулярних мереж дегідратованих плівок перитонеальної рідини виявили статистично достовірний ($p_{i=1;2;3;4} < 0,05$) маркер ендометріозу – зростання величини центральних статистичних моментів 1-го і 2-го порядків.

Операційні характеристики статистичного аналізу флуктуацій величини циркулярного дихроїзму

Таблиця 6

Статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли флуктуацій величини кругового дихроїзму плівок перитонеальної рідини

Параметри	Група 3.1	Група 3.2
$SM_1 \times 10^{-3}$	$0,091 \pm 0,005$	$0,14 \pm 0,008$
p_2	$p \leq 0,001$	
$SM_2 \times 10^{-3}$	$0,078 \pm 0,004$	$0,11 \pm 0,006$
p_2	$p \leq 0,001$	
SM_3	$2,29 \pm 0,12$	$1,77 \pm 0,099$
p_2	$p \leq 0,05$	
SM_4	$2,74 \pm 0,15$	$2,17 \pm 0,12$
p_2	$p \leq 0,05$	

надмолекулярних протеїнових мереж експериментальних зразків дегідратованих плівок перитонеальної рідини

Результати інформаційного аналізу діагностичної ефективності тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій величини кругового дихроїзму надмолекулярних мереж дегідратованих плівок перитонеальної рідини наведені в таблиці 7.

Установлено такий параметр діагностичної сили методу статистичного аналізу тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій циркулярного дихроїзму надмолекулярних мереж дегідратованих плівок перитонеальної рідини (табл. 7): дуже хороша ($SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$ – 89,8% – 92,1%) точність ранньої діагностики ендометріозу (групи 3.1–3.2).

Таблиця 7

Специфічність, чутливість, точність методу статистичного аналізу флуктуацій величини циркулярного дихроїзму плівок перитонеальної рідини

Параметри	Групи 1–2		
	Чутливість, $Se, \%$ $N = 57$	Специфічність, $Sp, \%$ $H = 69$	Точність, $Ac, \%$ $N + H = 126$
SM_1	$A = 52$	$B = 61$	$A + B = 113$
	91,2	88,4	89,8
SM_2	$A = 52$	$B = 62$	$A + B = 114$
	91,2	89,9	90,5
SM_3	$A = 52$	$B = 62$	$A + B = 114$
	91,2	89,9	90,5
SM_4	$A = 53$	$B = 63$	$A + B = 116$
	93	91,3	92,1

Перспективи подальших досліджень

Планується дослідження та порівняльна характеристика використання методів поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії для ранньої діагностики ендометріозу на основі вивчення дегідратованих плівок перитонеальної рідини.

Висновки

Шляхом статистичного аналізу серії тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій варіацій величини

оптичної анізотропії біологічних препаратів експериментально встановлено такі додаткові маркери ранньої діагностики ендометріозу: лінійне двоприменезаломлення – хороша ($SM_1; SM_1 - 88,1\% - 89,7\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2; циркулярне двоприменезаломлення – відмінна ($SM_1; SM_2 - 96,8\% - 97,4\%$) і дуже хороша ($SM_3; SM_4 - 92,9\% - 93,7\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2; лінійний дихроїзм – дуже хороша ($SM_1; SM_2; SM_3; SM_4 - 90,5\% - 92,1\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2; циркулярний дихроїзм – дуже хороша ($SM_1; SM_2; SM_3; SM_4 - 89,8\% - 92,1\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2.

Література

1. 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.
2. 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. *Journal of Innovative Optical Health Sciences* [Internet]. 2019[cited 2024 Aug 03];12(6):1950017. Available from: <https://www.worldscientific.com/doi/epdf/10.1142/S1793545819500172> doi: 10.1142/S1793545819500172.
3. 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[cited 2024 Aug 03];11(1):3871. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7886906/pdf/41598_2021_Article_83017.pdf doi: 10.1038/s41598-021-83017-2.
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[cited 2024 Sep 07];53(39):395401. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/ab9571/pdf> doi: 10.1088/1361-6463/ab9571.
5. Dubolazov A, Ushenko V, Litvinenko O, Bachinskiy V, Petrushak A, Karachevtsev A, et al. Polarization-interference mapping of the distributions of the parameters of the Stokes vector of the object field of a biological optically anisotropic layer. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*. 2020;11369:113691N. doi: 10.1117/12.2553953.

Мета дослідження – оцінити ефективність ранньої діагностики ендометріозу з використанням методів дифузної Мюллер-матричної інтроскопії розсіювальних дегідратованих плівок перитонеальної рідини.

Матеріали та методи. Досліджувалися дві групи зразків: перитонеальна рідина, одержана при діагностичній лапароскопії, – контрольна група 3.1 – 68 зразків; перитонеальна рідина, одержана при діагностичній лапароскопії у жінок із ендометріозом, асоційованим із безпліддям, – дослідна група 3.2 – 59 зразків.

Результати дослідження. Виявлено наявність флуктуацій величини циркулярного двоприменезаломлення надмолекулярної полікристалічної хіральної структури лейкоцитів плівок перитонеальної рідини пацієток зі всіх груп; зростання величини флуктуацій циркулярного двоприменезаломлення надмолекулярних структур зразків перитонеальної рідини пацієток із ендометріозом; кореляцію зміни оптично активної (хіральної) структури надмолекулярних мереж лейкоцитів перитонеальної рідини та зростання флуктуацій кругового двоприменезаломлення при ендометріозі; діагностичні та статистично достовірні ($p_{F=1;2;3;4} < 0,05$) маркери патологічного процесу та ефективності лікування ендометріозу – величини середнього і дисперсії, які характеризують розподіли величини флуктуацій циркулярного двоприменезаломлення.

Висновки. Шляхом статистичного аналізу серії тезіограм координатних розподілів випадкових значень величини флуктуацій варіацій величини оптичної анізотропії біологічних препаратів експериментально встановлено додаткові маркери ранньої діагностики ендометріозу.

Лінійне двоприменезаломлення показало хорошу ($SM_1; SM_1 - 88,1\% - 89,7\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2; циркулярне двоприменезаломлення – відмінну ($SM_1; SM_2 - 96,8\% - 97,4\%$) і дуже хорошу ($SM_3; SM_4 - 92,9\% - 93,7\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2; лінійний дихроїзм – дуже хорошу ($SM_1; SM_2; SM_3; SM_4 - 90,5\% - 92,1\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2; циркулярний дихроїзм – дуже хорошу ($SM_1; SM_2; SM_3; SM_4 - 89,8\% - 92,1\%$) точність діагностики, групи 3.1–3.2.

Ключові слова: рання діагностика, безпліддя, ендометріоз, дифузна інтроскопія, перитонеальна рідина.

The aim of the study. To evaluate the effectiveness of early diagnosis of endometriosis using the methods of diffuse Muller-matrix endoscopy of scattering dehydrated films of peritoneal fluid.

Material and methods. Two groups of samples were studied: peritoneal fluid obtained during diagnostic laparoscopy – control group 3.1 – 68 samples; peritoneal fluid obtained during diagnostic laparoscopy in women with endometriosis associated with infertility – experimental group 3.2 – 59 samples.

Results. Detected the presence of fluctuations in the amount of circular birefringence of the supramolecular polycrystalline chiral structure of leukocytes in the peritoneal fluid films of patients from all groups; increase in the magnitude of fluctuations of circular birefringence of supramolecular structures of peritoneal fluid samples of patients with endometriosis; the correlation of

changes in the optically active (chiral) structure of supramolecular networks of leukocytes in the peritoneal fluid and the growth of circular birefringence fluctuations in endometriosis; diagnostic and statistically reliable markers of the pathological process and the effectiveness of the treatment of endometriosis - the values of the average and dispersion, which characterize the distribution of the fluctuations of the circular birefringence. $p_{i=1,2,3,4} < 0,05$

Conclusions. By means of statistical analysis of a series of thesiograms of coordinate distributions of random values of fluctuations in the amount of variations in the optical anisotropy of biological preparations, additional markers for early diagnosis of endometriosis were experimentally established.

Linear birefringence – good (88.1% – 89.7%) diagnostic accuracy - groups 3.1–3.2; circular birefringence – excellent (96.8% – 97.4%) and very good (92.9% – 93.7%) diagnostic accuracy – groups 3.1–3.2; linear dichroism – very good (90.5% – 92.1%) diagnostic accuracy – groups 3.1–3.2; circular dichroism – very good (89.8% – 92.1%) diagnostic accuracy – groups 3.1–3.2. $SM_1; SM_1SM_1; SM_2SM_3; SM_4SM_1; SM_2; SM_3; SM_4SM_1; SM_2; SM_3; SM_4$

Key words: early diagnosis, infertility, endometriosis, diffuse endoscopy, peritoneal fluid.

Відомості про автора

Бакун Оксана Валеріанівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри акушерства та гінекології Буковинського державного медичного університету; пл. Театральна, 2, м. Чернівці, Україна, 58000.
kurchanko06@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-4742-2265

Стаття надійшла до редакції 06.11.2024

Дата першого рішення 11.11.2024

Стаття подана до друку 16.12.2024