

УДК 618.11/13-007.415-073.7
DOI: 10.24061/1727-0847.22.4.2023.40

О. В. Бакун, О. М. Юзько

Кафедра акушерства та гінекології (зав. – проф. О. М. Юзько) закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці

ДІАГНОСТИКА ГЕНІТАЛЬНОГО ЕНДОМЕТРІОЗУ МЕТОДАМИ ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ФАЗОВОЇ ІНТРОСКОПІЇ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ

Резюме. Дана стаття містить наступні результати досліджень діагностики генітального ендометріозу препаратів матки методами поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії.

Мета дослідження. Оцінити ефективність диференційної діагностики генітального ендометріозу з використанням поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Матеріал і методи. Досліджувалися дві групи зразків:

- біопсія «здорової» тканини матки, одержаної при операції діагностичній гістероскопії – «контрольна група 1.1» – 68 зразків;
- біопсія тканини матки із генітальним ендометріозом – «дослідна група 1.2» – 59 зразків.

Гістологічні зрізи виготовлялися за стандартною методикою на мікротомі із швидким заморожуванням. Результати дослідження. Аналіз одержаних даних статистичного аналізу виявив адекватність прогностичного сценарію зміни полікристалічної структури гістологічних зрізів біопсії ендометрію. Для хворих на генітальний ендометріоз спостерігається значне зростання лінійного двопронезаломлення. Діагностичними маркерами даного патологічного процесу є зростання величини середнього і дисперсії лінійного двопронезаломлення. Значення асиметрії та ексцесу, навпаки, зменшуються. Статистичним підтвердженням цього є статистично достовірні різниці ($p_{i=1,2,3,4} < 0,05$) між величинами набору всіх центральних статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли величини фазового лінійного дихроїзму гістологічних зрізів біопсії ендометрію для випадків умовної норми (контрольна група 1.1) і генітального ендометріозу (дослідна група 1.2).

Висновки. Отже, проведений комплекс досліджень з використанням поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії гістологічних зрізів біопсії ендометрію виявив високу (до 100 %) ефективність диференціальної діагностики генітального ендометріозу. Разом з тим, операція біопсії є травматичною і не завжди безпечною для здоров'я пацієнтів. Тому, актуальним є вивчення діагностичних можливостей даної методики для більш легко доступних об'єктів – біологічних рідин.

Ключові слова: генітальний ендометріоз, Мюллер-матрична інтроскопія, ендометрій

Традиційне мікроскопічне описання морфологічної структури біологічних тканин органів людини вперше у практиці біомедичних досліджень було розвинено та доповнено у системних дослідженнях поляризаційної, фазової та лазерної (флуоресцентної) мікроскопії. У результаті

сформувався новий для біомедичної та клінічної діагностики напрям – поляризаційно-фазова інтроскопія морфологічної структури біологічних препаратів тканин органів людини [1-3].

Підвалини зазначеного діагностичного напрямку базуються на визначенні взаємозв'язків

між поляризаційними, Стокс-поляриметричними та Мюллер-матричними мікроскопічними зображеннями полікристалічної структури біологічних препаратів тканин органів людини та різноманітними патологічними станами органів людини [4-6].

У нашій роботі ми скористаємось основними положеннями теорії Мюллер-матричної тезіографії оптично анізотропних макро-, мікро- і молекулярних структур біологічних тканин у застосуванні до вироблення об'єктивних критеріїв (маркерів) ранньої (доклінічної) диференціальної діагностики ендометріозу та оцінки ефективності його лікування [7-8].

До основних положень теорії Мюллер-матричної інтроскопії оптично анізотропних макро-, мікро- і молекулярних структур біологічних тканин відносять:

1. Будь який біологічний шар тканини органів людини на всіх масштабах його геометричної структури (молекулярний – мікро (молекулярні комплекси) і макро- (надмолекулярна)) можна представити у вигляді двох компонент – оптично-ізотропної та оптично-анізотропної або полікристалічної.

2. Оптично ізотропна складова на всіх рівнях своєї ієрархії – ослаблює інтенсивність зондуючого досліджуваній зразок лазерного пучка за рахунок його поглинання та розсіювання. У результаті формується традиційне мікроскопічне зображення біологічного препарату тканин органів людини у вигляді координатного розподілу інтенсивності.

3. Оптично анізотропна складова є «невидимою оком» і володіє комплексним лінійним та циркулярним двопронезаломленням (фазова анізотропія) і дихроїзмом (амплітудна анізотропія). Така полікристалічна структура формує координатні розподіли величини азимута та еліптичності поляризації в площині цифрового мікроскопічного зображення біологічного препарату органів людини.

4. Координатний розподіл параметрів фазової та амплітудної анізотропії формують серію тезіограм біологічного препарату. Методи і засоби їх візуалізації та визначення складають напрям – поляризаційна інтроскопія.

5. Шляхом багатоканального Мюллер-матричного картографування, яке забезпечує безпосереднє детектування поляризаційних проявів оптично анізотропної складової біологічних препаратів органів людини відтворюють сукупність тезіограм полікристалічної структури.

6. Алгоритмічно відтворено лінійне та циркулярне двопронезаломлення і дихроїзм об'єктивно оцінюються в межах статистичного аналізу – алгоритмічно визначаються центральні статистичні

моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують середнє, дисперсію, асиметрію та ексцес (гострота піку) мап фазової та амплітудної анізотропії біологічних препаратів органів людини [9-16].

У даній статті описано наступні результати досліджень препаратів матки методами поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії:

1. Структурно-логічну схему методів Мюллер-матричної інтроскопії лінійного та циркулярного двопронезаломлення і дихроїзму полікристалічної структури біологічних препаратів матки – гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

2. Установлення та обґрунтування сукупності нових маркерів диференціальної (ранньої) діагностики генітального ендометріозу та ефективності його лікування шляхом поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії полікристалічної складової біологічних препаратів матки:

- Фазові тезіограми циркулярного двопронезаломлення (ФТЦД) та операційні характеристики методу їх статистичного аналізу;

- Фазові тезіограми лінійного двопронезаломлення (ФТЛД) та операційні характеристики методу їх статистичного аналізу.

- Амплітудні тезіограми циркулярного дихроїзму (АТЦД) та операційні характеристики методу їх статистичного аналізу;

- Амплітудні тезіограми лінійного дихроїзму (АТЛД) та операційні характеристики методу їх статистичного аналізу.

Мета дослідження: оцінити ефективність диференційної діагностики генітального ендометріозу з використанням поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Матеріал і методи. Досліджувалися дві групи зразків:

- біопсія «здорової» тканини матки, одержаної при операції діагностичній гістероскопії – «контрольна група 1.1» – 68 зразків;

- біопсія тканини матки із генітальним ендометріозом – «дослідна група 1.2» – 59 зразків.

Гістологічні зрізи виготовлялися за стандартною методикою на мікротомі із швидким заморожуванням.

Результати дослідження та їх обговорення. Структурно-логічна схема поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії полікристалічної структури біологічних препаратів матки.

Дизайн дослідження поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії полікристалічної структури біологічних препаратів матки представлений на рисунку 1.

Біологічні препарати матки			
Гістологічні зрізи біопсії ендометрію			
Групи зразків			
Контрольна 1.1		Дослідна 1.2	
Мюллер-матричне картографування полікристалічної складової біологічних препаратів			
Алгоритми реконструкції тезіограм фазової та амплітудної анізотропії			
Тезіограми лінійного двозаломлення (ФТЛД)	Тезіограми циркулярного двозаломлення (ФТЦД)	Тезіограми лінійного дихроїзму (АТЛД)	Тезіограми циркулярного дихроїзму (АТЦД)
Статистичний аналіз тезіограм ФТЛД, ФТЦД, АТЛД, АТЦД			
Сукупність внутрішньо групових значень статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують тезіограми ФТЛД, ФТЦД, АТЛД, АТЦД			
Маркери диференціальної діагностики зразків біологічних препаратів з усіх груп			
Інформаційний аналіз діагностичної сили методу поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії			
Чутливість	Специфічність	Точність	

Рис. 1. Структурно-логічна схема поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії полікристалічної складової біологічних препаратів матки

Лінійне двопронезаломлення гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Установлено:

- зростання рівня лінійного двопронезаломлення фібрилярних сіток зразків гістологічних зрізів пацієнтів із генітальним ендометріозом;

Значні кількісні відмінності між мапами ФТЛД ілюструють визначені середні (у межах групи 1.1 і групи 1.2) величини ($SM_i=1-4$) та середні похибки ($\pm\Omega$) величини набору статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Центральні статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли величини ФЛД гістологічних зрізів біопсії ендометрію

Параметри	Група 1.1	Група 1.2
SM_1	0,21±0,013	0,36±0,019
p_1	p≤0,001	
SM_2	0,104±0,006	0,22±0,014
p_1	p≤0,001	
SM_3	0,54±0,032	0,31±0,017
p_1	p≤0,001	
SM_4	0,71±0,038	0,39±0,021
p_1	p≤0,001	

Аналіз одержаних даних статистичного аналізу виявив адекватність прогностичного сценарію зміни полікристалічної структури гістологічних зрізів біопсії ендометрію. Для хворих на генітальний ендометріоз спостерігається значне зростання лінійного двопронезаломлення.

Діагностичними маркерами даного патологічного процесу є зростання величини середнього і дисперсії лінійного двопронезаломлення. Значення асиметрії та ексцесу, навпаки, зменшуються.

Статистичним підтвердженням цього є статистично достовірною різницю ($p_{i=1,2,3,4}<0,05$) між величинами набору всіх центральних статистичних моментів

1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли величини ФЛД гістологічних зрізів біопсії ендометрію для випадків умовної норми (контрольна група 1.1) і генітального ендометріозу (дослідна група 1.2).

Операційні характеристики діагностичної сили методу статистичного аналізу лінійного двопронезаломлення гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Виявлено відмінний рівень параметрів діагностичної сили детектування генітального ендометріозу шляхом використання набору статистичних маркерів методу поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії лінійного двопронезаломлення:

• дуже хороша () точність діагностики з використанням статистичних маркерів 1-го і 2-го порядків (SM_1 ; SM_2 -92,8 % – 93,6 %);

• відмінна () точність діагностики з використанням статистичних маркерів 3-го і 4-го порядків (SM_3 ; SM_4 -97,6 % – 98,8 %) (табл. 2).

Таблиця 2

Специфічність, чутливість, точність методу статистичного аналізу мап ФЛД гістологічних зрізів ендометрію

Групи «1-2»			
Параметри	Чутливість, Se, %	Специфічність, Sp, %	Точність, Ac, %
SM_1	a=119; b=7	c=117; d=9	n=126
	94,4	92,8	93,6
SM_2	a=118; b=8	c=116; d=10	n=126
	93,6	92	92,8
SM_3	a=124; b=2	c=122; d=4	n=126
	98,4	96,8	97,6
SM_4	a=125; b=1	c=124; d=2	n=126
	99,2	98,4	98,8

Отже, застосування методу поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії лінійного двопронезаломлення фібрилярних протеїнових сіток виявило відмінний рівень діагностики розвинених форм генітального ендометріозу.

Наступним кроком дослідження стало дослідження ефективності даної біофізичної техніки шляхом визначення інших маркерів, які характеризують оптичну активність або хіральної властивості молекулярних комплексів.

Циркулярне двопронезаломлення гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Аналіз одержаних даних виявив:

• незначне зростання рівня циркулярного двопронезаломлення оптично активних молекулярних структур зразків гістологічних зрізів пацієнтів із генітальним ендометріозом.

Кількісні відмінності між ФТЦД у межах групи 1.1 і групи 1.2 ілюструють величини набору статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Центральні статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують координатні розподіли величини ФЦД хіральних протеїнових комплексів гістологічних зрізів біопсії ендометрію

Параметри	Група 1.1	Група 1.2
SM_1	0,12±0,007	0,19±0,01
p_1	p≤0,05	
SM_2	0,08±0,005	0,13±0,008
p_1	p≤0,05	
SM_3	0,45±0,024	0,29±0,015
p_1	p≤0,05	
SM_4	0,57±0,031	0,33±0,017
p_1	p≤0,05	

Установлена кореляція прогностичного сценарію зміни полікристалічної оптично активної (хіральної) структури гістологічних зрізів біопсії ендометрію та змінами (зростанням) спостерігається значне зростання циркулярного двопронезаломлення при наявності генітального ендометріозу.

Як і у випадку Мюллер-матричної інтроскопії лінійного двопронезаломлення фібрилярних ме-

реж, діагностичними маркерами даного патологічного процесу є зростання величини середнього і дисперсії лінійного двопронезаломлення. Значення асиметрії та ексцесу, навпаки, зменшуються. При цьому зміни структури циркулярного двопронезаломлення для випадків умовної норми (контрольна група 1.1) і генітального ендометріозу (дослідна група 1.2) є статистично достовірною ($p_{i=1,2,3,4} < 0,05$).

Лінійний дихроїзм гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Аналіз одержаних результатів виявив:

- наявність значного оптично-анізотропного поглинання – топографічну неоднорідність структури лінійного дихроїзму протеїнових фібрилярних мереж гістологічних зрізів біопсії ендометрію пацієнтів з всіх груп;
- збільшення величини лінійного дихроїзму фібрилярних сіток зразків гістологічних зрізів па-

цієнтів із генітальним ендометріозом, а також розкиду випадкових значень.

Суттєві кількісні відмінності між АТЛД ілюструють обчислені у межах групи 1.1 і групи 1.2 величини ($SM_{i=1-4}$) та їх середні похибки ($\pm\Omega$), таблиця 4.

Зіставлення даних статистичного аналізу лінійного дихроїзму виявило адекватність прогностичного сценарію зміни (зростання) оптично-анізотропного поглинання сітками протеїнових фібрил гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Таблиця 4

Статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли величини лінійного дихроїзму гістологічних зрізів біопсії ендометрію

Параметри	Група 1.1	Група 1.2
SM_1	0,18±0,011	0,26±0,014
p_1	p≤0,05	
SM_2	0,09±0,005	0,17±0,009
p_1	p≤0,05	
SM_3	0,66±0,037	0,38±0,021
p_1	p≤0,001	
SM_4	0,87±0,048	0,49±0,027
p_1	p≤0,001	

Діагностичними маркерами даного патологічного процесу, як і у випадку статистичного аналізу лінійного двопробенезаломленні, є зростання величини середнього і дисперсії лінійного дихроїзму. Значення асиметрії та ексцесу, навпаки, зменшуються. При цьому реалізується статистично достовірна різниця ($p_{i=1;2;3;4} < 0,05$) між величинами набору всіх центральних статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли величини АТЛД гістологічних зрізів біопсії ендометрію для

випадків умовної норми (контрольна група 1.1) і генітального ендометріозу (дослідна група 1.2).

Операційні характеристики діагностичної сили методу статистичного аналізу лінійного дихроїзму гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Клінічну ефективність диференціальної діагностики генітального ендометріозу шляхом використання статистичних маркерів лінійного дихроїзму ілюструють величини операційних характеристик, які наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Специфічність, чутливість, точність статистичного аналізу АТЛД

Параметри	Групи «1-2»		
	Чутливість, Se,%	Специфічність, Sp,%	Точність, Ac,%
SM_1	a=112; b=14	c=110; d=16	n=126
	89,6	87,3	88,45
SM_2	a=114; b=12	c=112; d=14	n=126
	91,2	89,6	90,4
SM_3	a=120; b=6	c=118; d=8	n=126
	95,2	93,6	94,4
SM_4	a=121; b=5	c=119; d=7	n=126
	96	94,4	95,2

Установлено:

- хороша точність діагностики з використанням статистичних маркерів 1-го і 2-го порядків (SM_1 ; SM_2 -88,45 % – 90,4 %);
- дуже хороша точність діагностики з використанням статистичних маркерів 3-го і 4-го порядків (SM_3 ; SM_4 -94,4 % – 95,2 %);

Циркулярний дихроїзм гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Для зразків гістологічних зрізів пацієнтів із зовнішньо генітальним ендометріозом має місце незначне зростання рівня циркулярного дихроїзму оптично активних молекулярних структур.

Об'єктивно зазначені патологічні зміни ілюструють статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують круговий дихроїзм (табл. 6).

Аналіз одержаних даних виявив кореляцію прогностичного сценарію зміни оптично анізотропного (хірального) поглинання протеїнових комплексів гістологічних зрізів біопсії ендометрію та змінами (зростанням) величини циркулярного дихроїзму при наявності зовнішньо генітального ендометріозу.

Виявлено, що діагностичними статистично достовірними ($p_{i=1;2;3;4} < 0,05$) маркерами даного патологічного процесу є зростання величини центральних статистичних моментів 1-го і 2-го по-

рядків. Значення статистичних моментів вищих порядків, які характеризують асиметрію та ексцес розподілів величини кругового дихроїзму, навпаки, зменшуються.

Операційні характеристики діагностичної сили методу статистичного аналізу циркулярного дихроїзму гістологічних зрізів біопсії ендометрію.

Клінічну ефективність диференціальної діагностики генітального ендометріозу шляхом використання статистичних маркерів тезіограм кругового дихроїзму зразків гістологічних зрізів біопсії ендометрію ілюструють величини операційних характеристик (табл. 7).

Таблиця 6

$p \leq 0,05$ характеризують координатні розподіли величини кругового дихроїзму хіральных протеїнових комплексів гістологічних зрізів біопсії ендометрію

Параметри	Група 1.1	Група 1.2
SM_1	0,08±0,005	0,13±0,008
p_1	$p \leq 0,05$	
SM_2	0,06±0,003	0,11±0,006
p_1	$p \leq 0,05$	
SM_3	0,88±0,052	1,03±0,057
p_1	$p \leq 0,05$	
SM_4	1,17±0,068	1,49±0,081
p_1	$p \leq 0,05$	

Таблиця 7

Специфічність, чутливість, точність методу статистичного аналізу АТЦД

Групи «1-2»			
Параметри	Чутливість, Se, %	Специфічність, Sp, %	Точність, Ac, %
SM_1	a=106; b=20	c=103; d=23	n=126
	86	85	85,5
SM_2	a=103; b=23	c=101; d=25	n=126
	92	90	91
SM_3	a=107; b=19	c=106; d=20	n=126
	85,7	84,9	85,3
SM_4	a=110; b=16	c=107; d=19	n=126
	87,3	85,7	86,5

Аналіз даних доказової медицини з використанням статистичних маркерів циркулярного дихроїзму виявив:

- задовільний рівень діагностики з використанням статистичних маркерів 1-го і 2-го порядків (SM_1 ; SM_2 ; SM_4 -85,3 % – 86,5 %);
- хороший рівень діагностики з використанням статистичних маркерів 3-го і 4-го порядків (SM_3 -91 %).

Висновки. Отже, проведений комплекс досліджень з використанням поляризаційно-фазової Мюллер-матричної інтроскопії гістологічних зрізів біопсії ендометрію виявив високу (до 100 %) ефек-

тивність диференціальної діагностики генітального ендометріозу.

Разом з тим, операція біопсії є травматичною і не завжди безпечною для здоров'я пацієнтів.

Тому, актуальним є вивчення діагностичних можливостей даної методики для більш легко доступних об'єктів – біологічних рідин.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується вивчення кореляційних зв'язків між методами поляризаційно-фазової інтроскопії полікристалічної структури та рівнями мезотеліну у діагностиці генітального ендометріозу.

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*. 2021 Mar 4;11(1):5162. 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*. 2021 Feb 16;11(1):3871. 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 2023 Dec 04];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 2023 Dec 04];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 Jun;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 2023 Dec 04];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*. 2019 May 16;14(5): e0214494. 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 2023 Dec 05];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 2023 Dec 05];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.
11. Sarkisova Y, Bachinskyi VT, Garazdyuk M, Vanchulyak OY, Litvinenko OY, Ushenko OG, et al. Differential muller-matrix microscopy of protein fractions of vitreous preparations in diagnostics of the pressure of death. *IFMBE Proceedings*. 2020;77:503-6.
12. Trifonyuk L, Baranowski W, Ushenko V, Olar O, Dubolazov A, Ushenko Y, et al. 2D-Mueller-matrix tomography of optically anisotropic polycrystalline networks of biological tissues histological sections. *Opto-electronics Review*. 2018;26(3):252-9.
13. Savka I, Tomka Y, Soltys I, Dubolazov A, Olar O, Kovalchuk M, et al. Mueller-matrix differentiation of necrotic changes in polycrystalline structure of partially depolarizing layers of biological tissues. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2020;11718:117181E.
14. 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.
15. Ushenko OG, Syvokorovskaya N, Bachinskiy V, Vanchulyak O, Dubolazov AV, Ushenko YO, et al. Laser autofluorescent microscopy of histological sections of parenchymatous biological tissues of the dead. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2020;11369:113691V.

16. Ushenko AG, Dubolazov AV, Ushenko YA, Tomka YY, Karachevtsev AO, Sidor MI, et al. Differential diagnosis of the limitation of the formation of hemorrhages of traumatic origin, cerebral infarction, ischemic and hemorrhagic genesis by polarization-phase tomography. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*. 2020;11369;113691Q.

DIAGNOSTICS OF GENITAL ENDOMETRIOSIS USING METHODS OF POLYCRYSTALLINE STRUCTURE POLARIZATION-PHASE INTROSCOPY

Abstract. This article contains the following results of research the diagnosis of genital endometriosis of uterine preparations by the methods of polarization-phase Muller-matrix introscopy.

The aim of the study. To estimate the effectiveness of differential diagnosis of genital endometriosis using polarization-phase Muller-matrix introscopy of histological sections of endometrial biopsy.

Material and methods. Two groups of samples were studied:

- biopsy of «healthy» uterine tissue obtained during diagnostic hysteroscopy – «control group 1.1» – 68 samples;
- biopsy of uterine tissue with genital endometriosis – «experimental group 1.2» – 59 samples.

Histological sections were made according to the standard technique on a microtome with rapid freezing.

Research results. The analysis of the obtained statistical analysis data revealed the adequacy of the prognostic variant of changes in the polycrystalline structure of histological sections of endometrial biopsy. For patients with genital endometriosis, there is a significant increase in linear birefringence.

Diagnostic markers of this pathological process are an increase in the average value and dispersion of linear birefringence. The values of asymmetry and kurtosis, on the contrary, decrease.

Statistical confirmation of this is a statistically significant difference ($p_{i=1,2,3,4} < 0.05$) between the values of the set of all central statistical moments of the 1st-4th orders, characterize the distributions of the PLD value of histological sections of endometrial biopsy for cases of conditional norm (control group 1.1) and genital endometriosis (experimental group 1.2).

Conclusions. Therefore, the conducted set of studies using polarization-phase Muller-matrix introscopy of histological sections of endometrial biopsy revealed a high (up to 100 %) effectiveness of differential diagnosis of genital endometriosis. Therefore, it is relevant to study the diagnostic capabilities of this technique for more easily accessible objects – biological fluids.

Key words: genital endometriosis, Muller-matrix introscopy, endometrium.

Відомості про авторів:

Бакун Оксана Валеріанівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри акушерства і гінекології закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці;

Юзько Олександр Михайлович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри акушерства та гінекології закладу вищої освіти Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці.

Information about the authors:

Bakun Oksana V. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Obstetrics and Gynecology of the Higher Education Institution of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi;

Yuzko Oleksandr M. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Higher Education Institution of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi.

Надійшла 02.10.2023 р.

Рецензент – проф. О. В. Кравченко (Чернівці)