

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# МАТЕРІАЛИ

III науково-практичної інтернет-конференції



**РОЗВИТОК  
ПРИРОДНИЧИХ НАУК  
ЯК ОСНОВА НОВІТНІХ  
ДОСЯГНЕНЬ У  
МЕДИЦИНІ**

*м. Чернівці  
21 червня 2023 року*

Таким чином, кверцетин доцільно призначати в якості метаболічної терапії у пацієнтів з АГ і ТТ на фоні тиреотоксичної КМП.

УДК : 616.127-018.28-073.55

Малик Ю.Ю., Семенюк Т.О., Пентелейчук Н.П.

## ЛАЗЕРНО-ПОЛЯРИМЕТРИЧНА ДІАГНОСТИКА СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

### СУХОЖИЛКОВИХ СТРУН ЛІВОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ ЛЮДИНИ

*Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці*

*malyk.yuliia@bsmu.edu.ua*

**Анотація.** У статті представлені результати морфологічного дослідження сухожилкових струн мітрального клапана лівого шлуночка серця людини та висвітлені результати дослідження компонентів сполучної тканини сухожилкових струн методом лазерної поляриметрії шляхом дослідження поляризації світла через розсіяння, двоприменезаломлення та анізотропію.

**Ключові слова:** лівий шлуночок, сухожилкові струни, лівий шлуночок, лазерна поляриметрія.

**Вступ.** Методи та засоби сучасної лазерної поляриметрії - перспективний напрямок розвитку оптико-інформаційних технологій для вимірювання параметрів анізотропії біологічних тканин та проведення на цій основі в подальшому оцінювання патологічних змін. Метод лазерної поляриметрії базується на використанні лазерного променя із відомою поляризацією для вимірювання властивостей поляризації розсіяного або пропущеного світла. У методі використовується лазер, що генерує світло з вузьким спектральним діапазоном і відомою поляризацією. Цей лазерний промінь направляється на об'єкт або речовину, яка взаємодіє зі світлом. Розсіяне або пропущене світло від об'єкта потім проходить через оптичну систему детектування, яка складається з поляризаторів, оптичних фільтрів та фотодетекторів. Ця система дозволяє виміряти властивості поляризації світла [1-3]. Зміни властивостей поляризованого світла, що виникають внаслідок взаємодії з об'єктом, можуть бути використані для отримання інформації про структуру, склад або фізичні властивості об'єкта, зрозуміти зміни, пов'язані з патологіями та може допомогти в ранньому виявленні та діагностиці патологічних станів [4].

Серцево-судинні захворювання є значущою причиною смертності в Україні та у всьому світі. За оцінками, у 2019 році від серцево-судинних захворювань померло 17,9 мільйона людей, що становить 32% усіх смертей у світі. Важливим є раннє виявлення серцево-судинних захворювань, щоб можна було якомога раніше розпочати лікування [5]. Тому детальне дослідження структурних компонентів серця з метою виявлення причин і розуміння патогенетичних механізмів виникнення захворювань серцево-судинної системи залишаються актуальними.

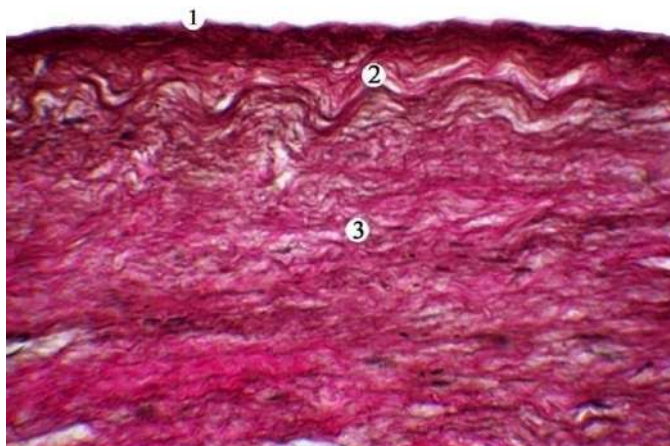
**Мета роботи** – вивчити морфологічні властивості сухожилкових струн лівого шлуночка серця людини комплексом морфологічних методів дослідження та використовуючи метод лазерної поляриметрії.

**Матеріали і методи.** Були використані для дослідження макроскопічний метод, методи світлової мікроскопії та лазерної поляриметрії. Матеріалом для дослідження були типові сухожилкові струни лівих шлуночків, виявлені в 15 серцях людей зрілого віку. Оптично тонкі гістологічні зрізи для дослідження методом лазерної поляриметрії виготовляли на заморожувавачому мікротомі, товщина зрізів 20-30 мкм, зрізи не фарбували. При дослідженні вивчали інтенсивність поляризаційних розподілів при різних орієнтаційних зображеннях вектор-параметра Стокса, елементи матриць Мюллера та їх відповідні статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, поляризаційні мапи азимутів та еліптичностей поляризації. При виконанні досліджень дотримувались «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964-2013 рр.), ІСН GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС №609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України №690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р.

**Результати.** Метод лазерної поляриметрії є потужним інструментом для дослідження поляризаційних властивостей біотканин, включаючи компоненти сполучної тканини сухожилкових струн, такі як колагенові і еластичні волокна, оскільки вони можуть впливати на поляризацію світла через розсіяння, двопронезаломлення та анізотропію. Метод лазерної поляриметрії базується на вимірюванні зміни поляризації світла після його проходження через зразок матеріалу. Дослідження зв'язку між структурою колагенових та еластичних волокон та їх поляризаційними властивостями та вивчення впливу мікроструктури тканини (такої як організація волокон) на його оптичні властивості можливі при застосуванні метода лазерної поляриметрії.

При макроскопічному дослідженні типові сухожилкові струни представляли собою тяжі, які фіксувалися до стулок мітрального клапана. Дослідження типових сухожилкових

струн виконані за допомогою світлової мікроскопії показали, що вони ззовні вистелені ендотелієм, під яким розташований підендотеліальний шар, який утворений пухкою волокнистою сполучною тканиною з розташованими в ній клітинами фібробластичного ряду та еластичними волокнами у великій кількості. Основа сухожилкових струн сформована потужними, прямолінійно направленими вздовж струни пучками колагенових волокон (мал.1).

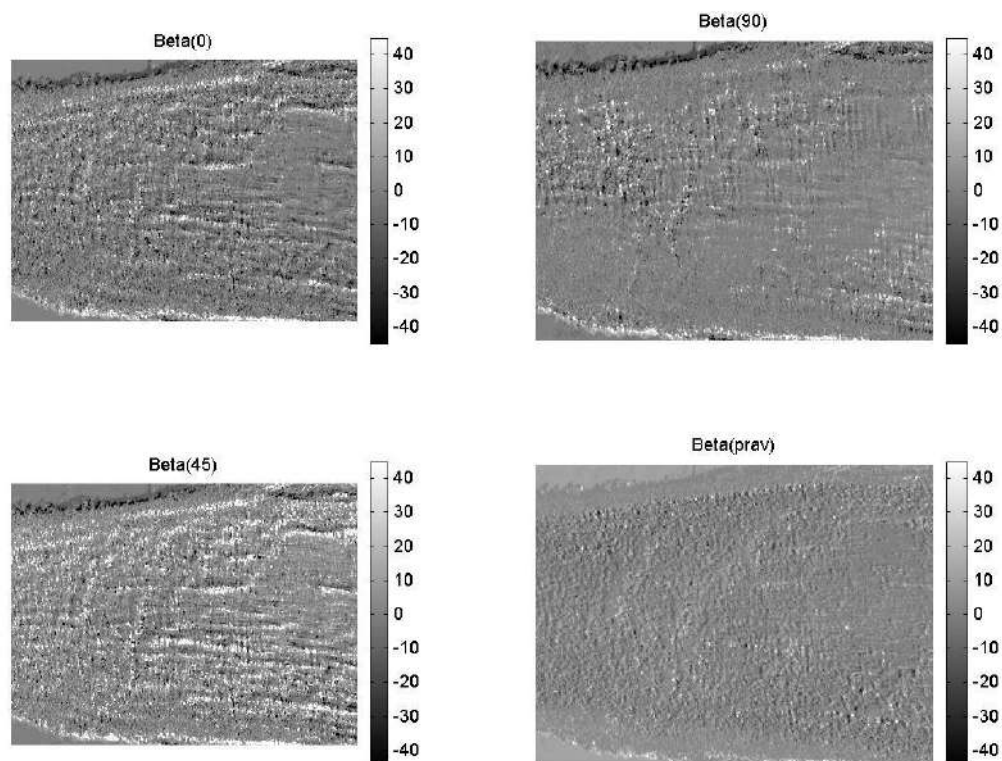


Мал. 1. Світлооптична будова типової сухожилкової струни. Забарвлення: за Вейгерт-ван-Гізон. Мікрофотографія. Зб. 400<sup>x</sup>: 1 – ендотелій; 2 – підендотеліальний шар; 3 – колагеновий стрижень струни.

Дослідження, виконані за допомогою метода лазерної поляриметрії, підтвердили дані щодо морфологічної будови сухожилкових струн лівого шлуночка серця людини, отримані методом світлової мікроскопії. При дослідженні вивчали інтенсивність поляризаційних розподілів при різних орієнтаційних зображеннях вектор-параметра Стокса, матриці Мюллера та їх відповідні статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, поляризаційні мапи азимутів та еліптичностей поляризації. Матриця Мюллера - це математичний інструмент, що дозволяє описувати повний набір параметрів поляризації світла і представляє залежність між станом поляризації падаючого світла і станом поляризації світла, що проходить через систему, яка включає зразок або об'єкт, який досліджується, а також оптичні компоненти, такі як поляризатори та аналізатори. Параметри вектор-Стокса описують ступінь поляризації та орієнтацію поляризації світла.

Дослідження структурної організації зрізів типових сухожилкових струн мітрального клапана серця людини методом лазерної поляриметрії дозволили визначити розподіл анізотропії еластичних та колагенових волокон.

Поляризаційні дослідження структурних складових сполучної тканини в зрізах сухожилкових струн лівого шлуночка показали виразні двопронезаломлюючі властивості як еластичних, так і колагенових. Різний характер топографічної архітекτονіки колагенових і еластичних волокон проявлявся двопронезаломленням з відмінним ступенем анізотропних властивостей. Кількісна оцінка величини двопронезаломлення у поляризаційних проекціях зображень окремих ділянок зразків здійснена шляхом оцінювання значень статистичних моментів вищих і нижчих порядків. Встановлено, що у відмінностях статистичних оцінок у розподілах поляризаційних мап суттєву різницю мають величини ексцесу та асиметрії. Статистичні моменти - це числові характеристики розподілу даних, які використовуються для опису їх розташування, розсіювання та форми. Вони вимірюються на основі різних ступенів відхилення даних від їх середнього значення.

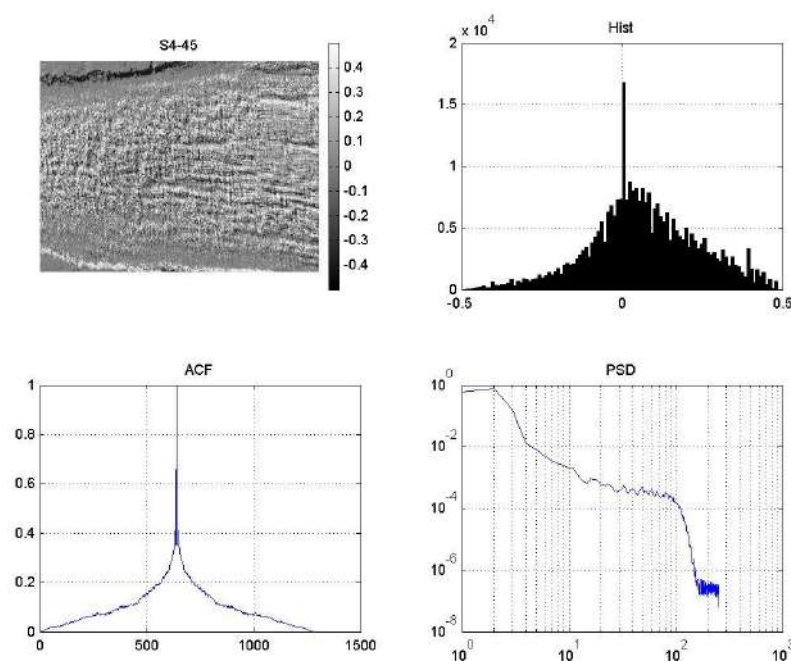


Мал. 2. Мапи еліптичності поляризації

Статистичні моменти використовуються для характеристики розподілу даних та забезпечення кількісної інформації про їх властивості. Вони допомагають в аналізі даних, моделюванні, прогнозуванні та інтерпретації статистичних результатів. Третій момент (асиметрія) - це міра відхилення розподілу даних від симетрії. Він вказує, наскільки розподіл відхиляється вліво або вправо відносно середнього значення. Четвертий момент (ексцес) – це

міра ступеня випуклості (або площини) розподілу даних відносно його нормального розподілу. Він вказує, наскільки важкі або легкі хвости розподілу порівняно з нормальним розподілом.

На мал. 2 показаний приклад поляризаційних властивостей структури колагенових волокон, які виглядають як упорядкована структура з достатньо високим рівнем оптичної анізотропії, і яка проявляється просвітленням топологічної поляризаційної мапи. Характеристика кореляції цієї поляризаційно відфільтрованої колагенової мережі має вигляд непромодульованої залежності в периферичній ділянці і вказує на масштабний впорядкований характер проявів анізотропії пучків колагенових волокон. Колагенові волокна проявляють упорядковану ієрархічну анізотропну архітектоніку з вираженою різницею значень четвертого статистичного моменту (ексцесу) еліптичностей поляризації зображення.



Мал. 3. Гістограми розподілу інтенсивностей та кореляційна характеристика вектор-параметр Стокса S4

При аналізі поляризаційних мап вектор-параметра Стокса виявлено, що окрім наявності розвинутої структури проявів анізотропії у пучках колагенових волокон виражена невпорядкована топологія еластичних волокон, яка проявляються лише в певних конкретних орієнтаціях аналізатор-поляризатора експериментальної схеми. Анізотропна розгалужена топографія еластичних волокон спостерігається тільки при аналізі зображень у циркулярних



станах поляризації, і це проявляється у статистичному моменті (асиметрії) третього порядку вектор-параметра Стокса  $S_4$  (мал. 3).

**Висновки.** Таким чином, лазерна поляриметрія дозволяє виміряти зміну поляризації світла, яке проходить через колагенові та еластичні волокна, що дає змогу отримати інформацію про орієнтацію, анізотропію та інші їх властивості. Лазерна поляриметрія дозволяє виміряти залежність поляризації світла від напрямку пролягання волокон, що вказує на їхню анізотропію. За допомогою лазерної поляриметрії можна отримати кількісні показники, які характеризують поляризацію та заломлення світла в еластичних волокнах. Ці показники можуть бути використані для порівняльного аналізу між різними зразками волокон або для виявлення змін у їх структурі та властивостях. Проведені дослідження анізотропії колагенових і еластичних волокон сухожилкових струн показали, що еластичні волокна характеризувались відмінною величиною анізотропії, за кількісними показниками, яка діагностувалася у циркулярних станах поляризації в третьому статистичному моменті (асиметрії) вектор-параметра Стокса  $S_4$ .

Колагенові волокна проявляли упорядковану ієрархічну анізотропію із вираженою відмінністю значень четвертого статистичного моменту (ексцесу) параметрів еліптичностей поляризації зображень.

Подальші дослідження вимірювання поляризаційних властивостей дозволить отримати інформацію про зміни, пов'язані з різними фізіологічними або патологічними станами.

### Список використаної літератури

1. Лазерна поляризаційна морфологія біологічних тканин. Статистичний і фрактальний підходи: монографія / О.Г. Ушенко, В.П. Пішак, О.В. Ангельський, Ю.О. Ушенко. Чернівці: Колір-Друк, 2007. 341 с.
2. Бойчук Т., Ушенко О., Новаковська О. Лазерна поляриметрична оцінка структури мереж і колагенових фібрил дерми шкіри. Клін. та експерим. пат. 2013. № 12. С. 38-43.
3. Ушенко О. Г., Заболотна Н. І. Мюллер-матрична двовимірна томографія багат шарових полікристалічних мереж біологічних тканин і рідин. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2010. № 2 (20). С.156–162.
4. Цибух А. В., Скрипка Л.С. Методи та засоби лазерної діагностики біологічних об'єктів і процесів. Вісн. Харків. нац. тех. ун-ту сільського господарства ім. П. Василенка. 2011. № 116. С. 84-85.
5. Cardiovascular diseases (CVDs). Режим доступу: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))