

Дискусійні статті

УДК 611 – 018. 4 – 073: 621. 375. 826

О.Я.Ванчуляк

ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ПОЛЯРИМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ В ДІАГНОСТИЦІ ЗМІН СТРУКТУРИ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

Кафедра патологічної анатомії та судової медицини (зав. – доц. І.С. Давиденко)
Буковинської державної медичної академії

Резюме. Проаналізована оптична модель архітекtonіки кісткової тканини (КТ) і запропонована схема діагностики її орієнтаційної та фазової структури.

Експериментально одержані орієнтаційні і фазові томограми архітекtonіки КТ.

Показана діагностична ефективність методу двохвимірної поляризаційної томографії біотканин у діагностиці змін їх архітекtonічної матриці.

Ключові слова: лазерна поляриметрія, кісткова тканина, архітекtonічна сітка, остеопороз, діагностика.

Вступ. Одним із важливих медичних напрямків є розробка нових технологій у медичній томографії. Значні перспективи щодо безпеки, простоти і чутливості пристроїв, одержання надійної інформації про фізіологічні процеси має когерентна оптична томографія.

Використання лазерних джерел близького інфрачервоного діапазону ($\lambda \sim 0,85 - 0,9$ мкм) зі змінною довжиною когерентності забезпечує можливість одержання зображень біотканин на глибині декількох сантиметрів [1].

Експериментально продемонстрована можливість візуалізації мікросудин шкіри обличчя з використанням поляризаційного контрастування. Одержано обнадійливі результати стосовно візуалізації структури очного нерва, що важливо в ранньому діагностуванні глаукоми.

З іншого боку, широкого розповсюдження набули фрактальні підходи у моделюванні та аналізі структури біотканин. Показано [2-5], що морфологічна структура більшості біотканин за своєю природою володіє різними рівнями організації – від фрактального (колагенові, еластичні, міозинові та ін. фібрили і волокна) до мультифрактального (архітекtonічні сітки кісткової тканини, шкіри та ін.).

Мета дослідження. Запровадити поляризаційно-кореляційну діагностику архітекtonіки кісткової тканини, змін її орієнтаційної та анізотропної складових.

Матеріал і методи. Мікропрепарати нормальної та патологічно зміненої (остеопороз) кісткової тканини.

Результати дослідження та їх обговорення. Експериментально досліджувалися такі групи зразків біотканин:

- гістологічні зрізи фізіологічно нормальної КТ (група "А") та патологічно зміненої (група "В").

На рис. 1 наведені серії когерентних зображень візуалізованої АС КТ (система трабекул (рис. 1а; 1с) і система остеонів (рис. 1е; 1г)), на яких спостерігаються поляризофоти (координатні розподіли "нульової" інтенсивності) деяких детермінованих ($\rho = 5^\circ$ і $\rho = 20^\circ$ відповідно) орієнтаційних фрактальних доменів.

Сукупність орієнтаційних томограм $\{I_\rho(X, Y)\}$ АС КТ приведена на фрагментах "b", "d", "f" і "q".

Розглянемо за допомогою автокореляції можливість виявлення та аналізу мультифрактальної компоненти орієнтаційних томограм АС КТ. Для спрощення обмежимося розглядом одномірного випадку.

Автокореляційна функція визначиться виразом:

$$G_{xx}(\Delta x) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{X_0} \int_0^x [I(X)] [I(X - \Delta X)] dx$$

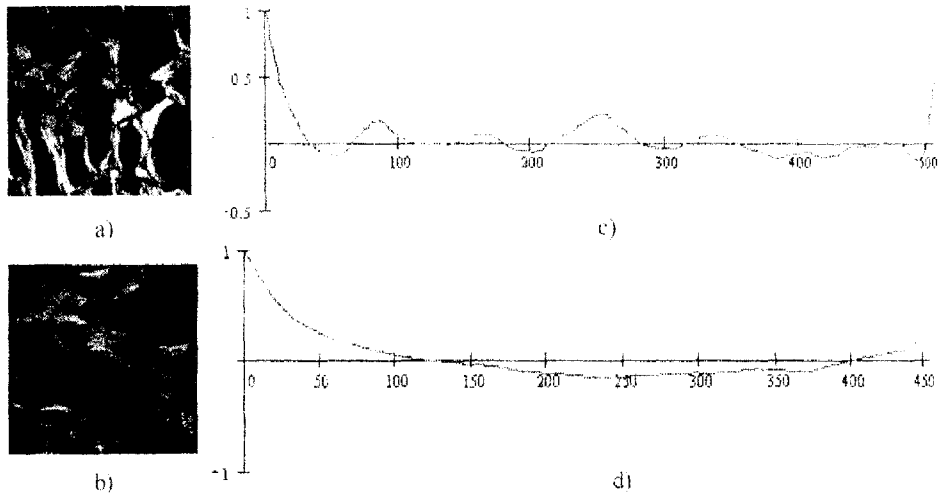


Рис.1. Функції автокореляції поляризованих зображень КТ. Пояснення в тексті

Тут $I(X)$ – координатний розподіл інтенсивностей зображення АС КТ. Δx - величина дискретизації лінійних координат зображення.

На рис. 2 наведена серія візуалізованих зображень АС зрізів, які одержані в схрещених поляризаторі та аналізаторі. На фрагменті "2a" наведена структура АС фізіологічно нормальної КТ, на фрагменті "2b", - патологічно зміненої.

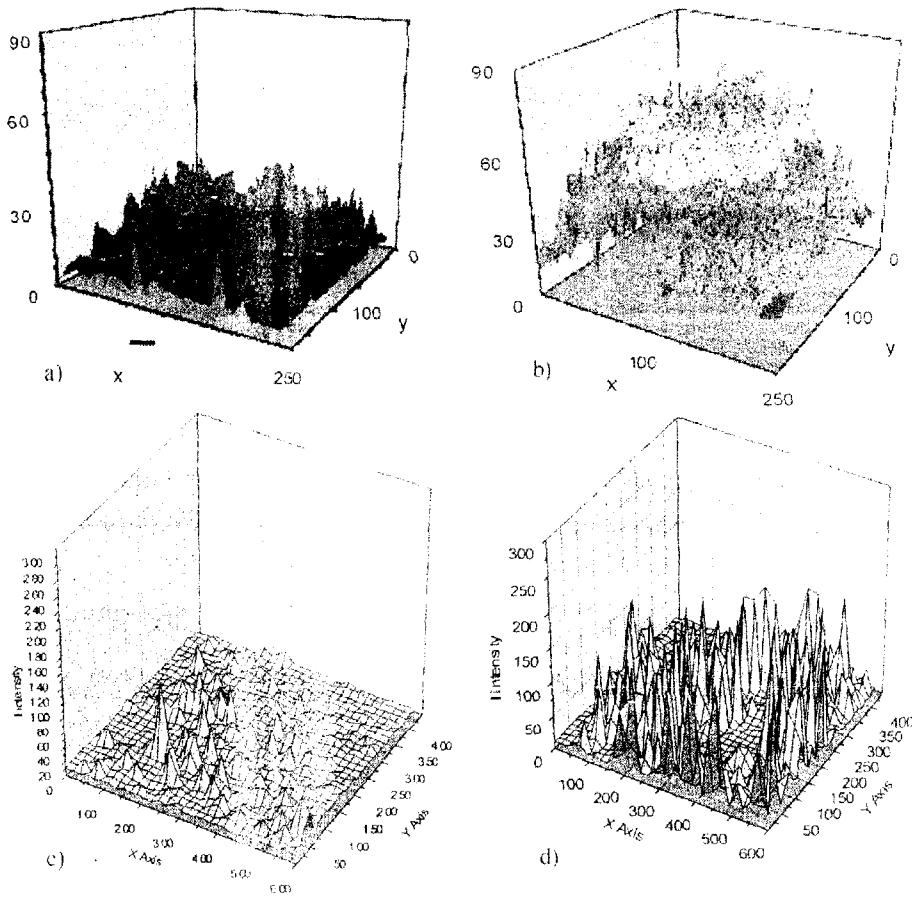


Рис.2. Координатні розподіли орієнтації елементів архітектури КТ та величини показника двопроменезаломлення їх речовини

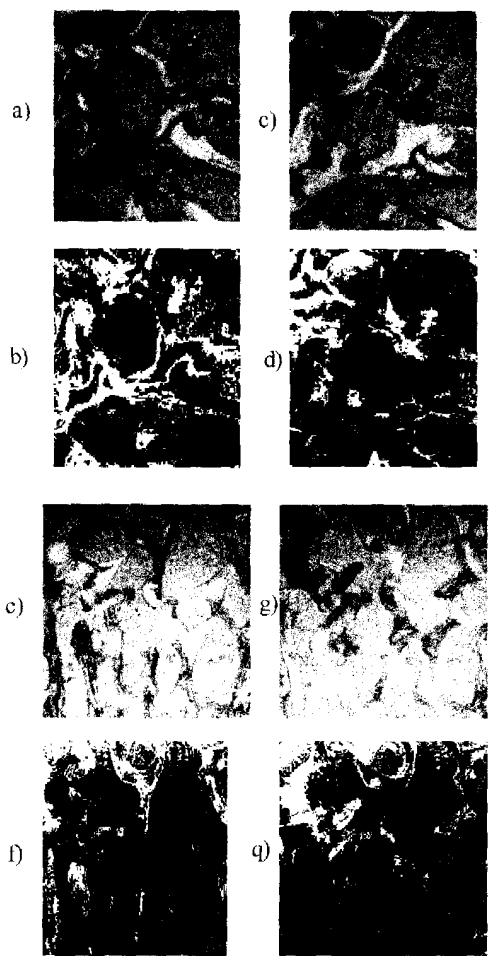


Рис.3. Орієнтаційно структура архітекτονіки КТ.

На рис. 3 наведено результати, які ілюструють можливості комплексної реконструкції орієнтаційної та анізотропної архітектоніки КТ. Фрагменти "3a", "3b" ілюструють орієнтаційну і фазову томограми АС КТ типу "А"; фрагменти "3c", "3d" - АС КТ типу "В" відповідно.

Висновок.

Патологічні зміни АС КТ супроводжуються дезорієнтацією та декальцинацією її фрактальних компонентів у порівнянні з фізіологічною біотканиною.

Перспективи подальших досліджень.

У результаті поєднання вказаної сукупності поляризаційних методів із сучасними технологіями когерентної томографії буде реалізована можливість комплексної ранньої поляриметричної діагностики виникнення та перебігу патологічних змін структури біотканин, а також дії несприятливих зовнішніх екологічних чинників ендogenous та екзогенного характеру.

Література. 1. *Лазерна поляриметрична діагностика в біології та медицині* / За ред. В.П.Пішака і О.Г.Ушенка. - Чернівці: Медакадемія, 2000. - 271 с.2. *Angelsky O.V., Ushenko A.G., Arkheliyuk A.D. et al. Structure of matrices for the transformation of laser radiation by biofractals* // *Kvantovaya Elektronika*. - 1999. - Vol. 3. - P. 235-238. 3. *Benhamou C.L., Lespessailles E., Jacquet G. et al. Fractal Organization of Trabecular Bone Images on Calcaneus Radiographs* // *J. Bone Min Res.* - 1994. - Vol. 9, № 12. - P. 1909-1918. 4. *Cross S.S., Bury J.P., Silcocks P.B. et al. Fractal Geometric Analysis of Colorectal Polyps* // *J. Pathol.* - 1994. - Vol. 172. - P.317-323. 5. *Cross S.S., Start R.D., Silcocks P.B. et al. Quantitation of the Renal Arterial Tree by Fractal Analysis* // *J. Pathol.* - 1993. - Vol. 170. - P. 479-484.

Видно, що поляризаційно візуалізоване зображення АС КТ (тип "А") у порівнянні з патологічно зміненою структурою КТ (тип "В") відрізняється за такими ознаками:

- дезорієнтація та руйнація АС біотканини;
- декальцинація та деградація речовини пучків, які її утворюють.

На рис. 2с; 2d наведено результати порівняльного поляризаційно-кореляційного аналізу томограм фізіологічно нормальної ("2c") та патологічно зміненої АС КТ ("2d").

На всіх графіках АКФ видно пік (на початку координат), який відповідає білому шуму, що пов'язаний з випадковими флуктуаціями інтенсивностей когерентного зображення біотканини. На хвостах АКФ видна сукупність екстремумів, амплітуди яких пов'язані з наявністю квазігармонічної складової в структурі томограм АС КТ.

З одержаних результатів видно, що вже на початковому етапі остеопорозу (дезорієнтація фрактальних доменів архітектонічної сітки без втрати кісткової маси) виявляються суттєвим зниженням (у 2-3 рази) амплітуд флуктуацій АКФ.

Таким чином, режим поляризаційної корелометрії орієнтаційних томограм $|I(X, Y)|$ дозволяє:

- а) виділяти стохастичну квазіперіодичну складову, яка однозначно пов'язана з орієнтаційною структурою мультифрактальної сітки біотканини;
- б) діагностувати виникнення та динаміку перебігу патологічних змін морфологічної структури біотканин.

THE USE OF LASER POLARIMETRIC ANALYSIS IN THE DIAGNOSIS OF CHANGES OF THE STRUCTURE OF THE OSSEUS TISSUES

O. Ya. Vanchuliak

Abstract. The optic model of the architectonics of the osseus tissues (OT) has been analyzed and a scheme of diagnostics of its orientation and phasic structure has been proposed. Orientation and phase tomographic images of the OT architectonics have been obtained experimentally. The diagnostic efficacy of the method of two-dimensional polarization tomography of biotissues has been demonstrated while diagnosing changes of their architectonic matrix.

Key words: laser polarimetry, osseous tissue, architectonics network, osteoporosis, diagnostics.

Bukovinian State Medical Academy (Chernivtsi)

Buk. Med. Herald.-2004.-Vol.8, №1.-P.167-170.

Надійшла до редакції 13.02.2004 року