

нтувати позитивний лікувальний ефект. Однак все ще залишаються проблемними питання створення комп'ютерного забезпечення із системою зворотного зв'язку для медичних фізіотерапевтичних апаратів і пристроїв, для чого потрібно узагальнювати отримані результати та проводити нові дослідження за цим напрямком.

### **Література**

1. Загускин С. Л. Учет колебаний теплоемкости и теплопроводности ткани при фотодинамической деструкции опухоли / С. Л. Загускин, В. Л. Загускин, О. В. Загускина, В. Н. Ораевский, С. И. Рапопорт // Материалы II Всероссийского симпозиума с международным участием "Фотодинамическая терапия злокачественных новообразований". – Москва, 1997. – С. 145.
2. Гираев К. М. Оптические исследования биотканей: определение показателей поглощения и рассеяния / К. М. Гираев, Н. А. Ашурбеков, О. В. Кобзев // Письма в ЖТФ. – 2003. – Том 29, вып. 21. – С. 48.
3. Дунаев А. В. Контроль поглощаемой в эпидермисе мощности лазерного излучения при низкоинтенсивной лазерной терапии / А. В. Дунаев, С. Ф. Корндорф // Вестник новых медицинских технологий. – 2002. – Т. IX, № 4. – С. 63.
4. Якубовський С. П. Оцінка та контроль ефективності впливу на біологічний об'єкт лазерним випромінюванням / М. Ф. Терещенко, С. П. Якубовський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. – Вип. 44. – С. 141 – 148.
5. Бриль Г. Е. Молекулярные аспекты биологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения // Актуальные проблемы патологии. Саратов, из-во Саратовского ун-та, 2001. – С. 124 – 136.
6. Заявка на корисну модель України № u 201303794 від 27.03.2013 Комбінований фізіотерапевтичний апарат / Терещенко М. Ф., Максимчук І. В., Мамедова Л. А., Якубовський С. П., по якому прийняте рішення про видачу деклараційного патенту від 13.05.2013 р.

*Надійшла до редакції  
05 березня 2013 року*

©Терещенко М. Ф., Максимчук І. В., Мамедова Л. А., Якубовський С. П., 2013

УДК 616.831-005-07+611.13/21

## **СОНОЕЛАСТОГРАФІЯ ЯК МЕТОДИКА В АЛГОРИТМІ ДІАГНОСТИКИ ПАТОЛОГІЧНИХ УТВОРЕНЬ ГРУДНОЇ ЗАЛОЗИ**

*Францевич К.А.*

*Головний військово-медичний клінічний орден Червоної Зірки центр  
«Головний військовий клінічний госпіталь», м. Київ, Україна*

*У статті розглянуто актуальність соноеластографії в комплексній променевої діагностиці захворювань грудної залози. Метою даного дослідження було виявлення ознак кистозних уражень ГЗ за допомогою соноеластографії у пацієнтів, яких направили на діагностичну біопсію, у відповідності із розробленою системою оцінювання. Також обговорюється доцільність клінічного використання методу соноеластографії. Результати дослідження підтвердили, що еластографія відображає зміни в кольоровому спектрі залежно від еластичності різних тканин, що присутні в сонографічному зрізі. Дослідження показало, що соноеластографія може бути корисною при діагностиці кистозних утворень ГЗ, підтверджуючи їхню етіологію. Окрім*

того, введення цього методу в алгоритм дослідження ГЗ може знизити кількість непотрібних діагностичних біопсій і тривалість традиційного наступного лікарського контролю.

Також даний метод може бути використаний в якості додаткового в дослідженнях комплексних кист для оцінювання їхнього внутрішнього вмісту, але, приймаючи до уваги важливість результатів дослідження в В-режимі, діагностична біопсія не повинна при цьому служити протипоказом.

**Ключові слова:** соноеластографія, компресійна еластографія, транз'єнтна еластографія, складні кисти, запальні ураження, протокова ектазія, папілярні ураження, типова циліндрокліткова гіперплазія.

## Вступ

Сьогодні ультразвукова діагностика збагатилася третьою технологією – соноеластографією – методом якісного та кількісного аналізу механічних властивостей тканин за допомогою модуля (показника) пружності Юнга [1]. Фізичною основою еластографії є модуль Юнга (англійського фізика ХІХ століття), що характеризує властивості м'яких тканин чинити опір розтягунню/зтисненню при пружній деформації. Модуль Юнга може бути розрахований двома способами:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (1)$$

або

$$E = \rho C^2. \quad (2)$$

У відповідності із цими двома рівняннями еластографія розподіляється на два різновиди. У першому випадку, на базі рівняння (1), пружність визначається відношенням величини компресії ( $\sigma$ ) до відносної деформації стовбчика тканини ( $\varepsilon$ ), яка називається стрейном (напругою). Цей варіант має назву «компресійна еластографія» або, інколи «стрейнова еластографія». Рівняння (2) дозволяє вичислити модуль Юнга ( $E$ ) через швидкість розповсюдження швидкоплинної хвилі ( $C$ ) в речовині ( $\rho$  – щільність речовини). Цей варіант має назву «транз'єнтна еластографія».

Компресійна еластографія наразі реалізована в більшості сучасних ультразвукових систем експертного класу і достатньо широко розповсюджена в клінічній практиці як якісний метод візуального оцінювання об'ємної патології поверхнево розташованих органів і тканин за допомогою високочастотних лінійних датчиків. У компанії Siemens компресійна еластографія реалізована і на лінійному, і на конвексному датчику. Багаточисленна література із компресійної еластографії присвячена двом методикам: оцінці кольорових еластограм і розрахунку показника SR.

**Метою** дослідження є виявлення ознак кистозних уражень ГЗ за допомогою ультразвукової еластографії у пацієнтів, яких направили на діагностичну біопсію, у відповідності із розробленою бальною системою. Також обговорюється доцільність клінічного використання методу соноеластографії.

## **Матеріали і методи**

У процесі дослідження оцінювали гістологічні результати у 150 пацієнток в віці 25-65 років (середній вік – 45 років), в яких під час УЗ- дослідження були виявлені 170 патологічних утворень. Середній діаметр утворень складав 1,4 см (середнє значення - 1,2 см, діапазон: 0,5–3,2 см). 130 пацієнток, з виключно солідними утвореннями, за гістологічними заключеннями, не враховані. У 20 пацієнток 22 утворення за гістологічними заключеннями, діагностовані як складні кисти, запальні ураження та протокова ектазія, кистозні утворення, що пов'язані з солідним компонентом, такі як папілярні ураження та типова циліндрокліткова гіперплазія. Данні базувалися на 17 (91.9%) стереотаксичних біопсіях та 5 (8,1%) передопераційних голкових локалізаціях. УЗ - дослідження, як і соноеластографія виконувалася одним лікарем-рентгенологом з досвідом в області візуалізації ГЗ, з використанням ультрасонографічної системи Sonix SP (виробництво Ultrasonix Medical Corporation; Ванкувер, Канада) із мультисотним лінійним датчиком (5-14 МГц). Насамперед, візуалізація ГЗ проводилася в положенні пацієнток лежачи на спині з руками під головою.

Для оцінки васкуляризації вузлів використовували В-режим і кольорові доплерівські зображення; оцінка проводилася в відповідності до категорій BI-RADS®. Виміри проводилися в В-режимі по повздовжній та передне-задній вісях, і при цьому для аналізу оцінювався найбільший показник. Далі виконувалася соноеластографія, пацієнтки також розташовувалися горизонтально, лежачи на спині, датчик розташовувався перпендикулярно до стінки грудної клітини. Безпосередньо перед УЗД була зроблена компресія місця ураження, для того щоби впевнитися, що воно не змістилося латерально. Як тільки був активований режим соноеластографії, над досліджуваною ділянкою виконувалися серії компресій та декомпресій, при цьому компресії складали не більше 1% від загальної товщини ГЗ, даючи, таким чином, можливість спеціалісту відслідкувати поведінку тканини ГЗ під компресією в режимі реального часу. Область дослідження містить район від підшкірно-жирової тканини до пекторальних м'язів, а також тканин, що розташовані навколо вузла до 0,5 см. Після отримання зображень була виконана повторна оцінка за допомогою функції пам'яті відеопетлі. Час обстеження складав не більше п'яти хвилин.

Сонографічний аналіз проводився у відповідності до критеріїв BI-RADS® Atlas, де анехогенні, контуровані утворення с тонкими стінками і акустичною тінню класифікуються як прості кисти [13]; складні кисти, як утворення з однорідним внутрішнім вмістом, декілька потовщеними стінками, з дрібними тканьовими включеннями в суспензії або перемішаними дрібними перетинками, та задньою акустичною тінню; або як нечіткі утворення, з однорідним вмістом, перемішанні з дрібними ехоструктурами, без виразної задньої акустичної тіні та тонких стінок; комплексні кисти, як утворення з товстими перетинками більше 0,5 мм, або з пристінковим вузлом, що займає менше 50% кисти; вузли з солідним компонентом більше 50% кисти. Для данного

дослідження не розглядалися прості кисти, так як критерії класифікації BI-RADS® включають їх в категорію 2 [14,15].

### Результати дослідження

В результаті дослідження підтвердили, що еластографія відображає зміни в кольоровому спектрі залежно від еластичності різних тканин, що присутні в сонографічному зрізі. Так, червоний відповідає найбільш м'яким компонентам, таким як жир, жовтий та зелений – компонентам середньої жорсткості (твердості), а синій – самим жорстким (твердим) компонентам, таким як гіперкліткові утворення або утворення з інтенсивним фіброзом (Рис.1) [16].

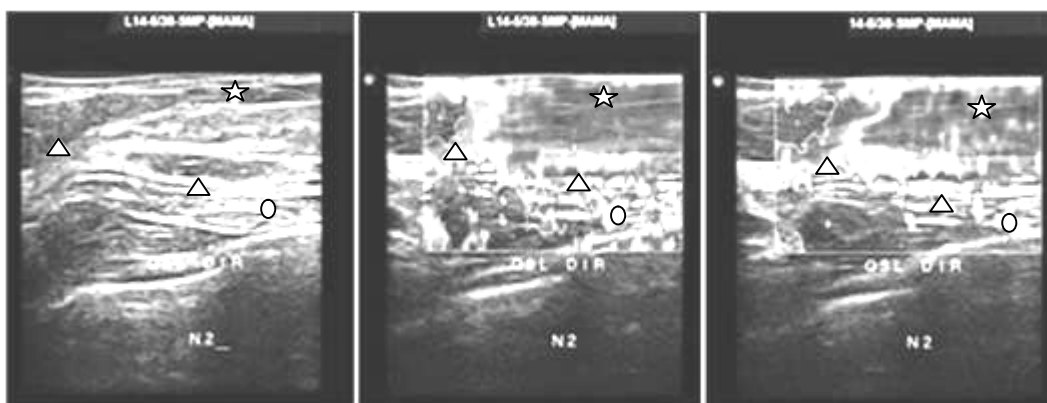


Рис. 1. Зразок нормальної тканини ГЗ при традиційній візуалізації (зображення ліворуч), з використанням (зображення в центрі) і пост-декомпресійної еластографії (зображення праворуч). Трикутники вказують на фіброзно-жирову тканину, зірка вказує на нормальну залозисту тканину, та овал – на пекторальні мускули.

Представлена класифікація еластичності включає чотири бали в відповідності із зміною кольору під час компресії та після декомпресії аналізованої області. Один бал надається утворенню, що має спектр кольору, аналогічний кольору навколишнім тканинам ГЗ. Два бали надаються утворенням, котрі після декомпресії мали зміни кольору, що відповідають більш м'яким тканинам, і включають більше 50% вузла, тобто після декомпресії область, за площиною відповідає більшій половині вузла, та представляє зміни кольору від зеленого до червоного. Три бали надають утворенням, котрі після декомпресії демонстрували зміни кольору менше, ніж в половині вузла (в областях вузла від 10% до 50%), часто на периферії, із змінами кольору від жовтого до зеленого.

Врешті чотирьом балам відповідали утворення без значної зміни кольору під час компресії та після декомпресії, колір залишався синім на обох зображеннях. Бали 1 і 2 відповідають доброякісним утворенням; 3 бали – малій вірогідності злоякісних утворень; 4 бали – великій вірогідності злоякісності (Табл. 1).

Таблиця 1. Розподіл балів за еластичністю залежно від кольорового спектру під час пробної компресії і після декомпресії

Бали	Під час компресії	Декомпресія	Результат
1	Колір подібний до кольору нормальної тканини	Колір подібний до кольора нормальної тканини	Доброякісне
2	Зміна кольору від жовтого до зелено-синього	Більше 50% області вузла змінює колір на більш м'який відтінок	Доброякісне
3	Зміна кольору від зелено-синього до темно-синього	Від 10% до 50% вузла змінює колір на більш м'який відтінок	Маловірогідна зляккісність
4	Від синього до темно-синього	Без значної зміни	Високовірогідна зляккісність

13 (59%) з 22 утворень відповідали апокриновим кистам, 1 (4.6%) – протоковій ектазії, 2 (9.2%) – запальним утворенням, 5 (22.6%) - папілярним утворенням і 1 (4.6%) – циліндрокліткової гіперплазії. Усі апокринові кисти представлялися як нечіткі вузли. Протокова ектазія і 2 запальні утворення – як складні кисти, 3 (60%) з 5 папілярних утворень візуалізувалися як нечіткі вузли, а 2 (40%) - як складні кисти; як складна киста візуалізувалася і циліндрокліткова гіперплазія (Табл. 2).

Таблиця 2. Представлення даних про сонографічні кистозні утворення в відповідності з результатами гістологічних досліджень.

Гістологічні результати	Ультрасонографія			
	Нечіткі вузли	Складні кисти	Комплексні кисти	Усього
Кисти	13	-	-	13
Протокова ектазія	-	1	-	1
Запальні утворення	-	2	-	2
Папілярні утворення	3	-	2	5
Циліндрокліткова гіперплазія	-	-	1	1
Усього	16	3	3	22

Усім 13 апокринним кистам було надано 2 бали (Рис.2). Протоковій ектазії і запальним утворенням – також 2 бали. Одному з 5 папілярних утворень було надано 2 бали, чотирьом, що лишилися – 3 бали (Рис. 3). Циліндрокліткова гіперплазія була оцінена в 4 бали (Рис.4, Табл. 3).

### **Обговорення**

Останнім часом соноеластографія привернула велику увагу до проблеми оцінки м'яких тканин з клінічною перспективою раннього виявлення утворень, що визначають патологічні зміни. Даний метод дає можливість своєчасно діяти на ці утворення з перспективою покращення прогнозу для пацієнта [17].

Данні, що отримані за допомогою цього методу подібні до даних, що отримують в результаті мануальної пальпації, але являються більш чутливими та менш суб'єктивними [18].

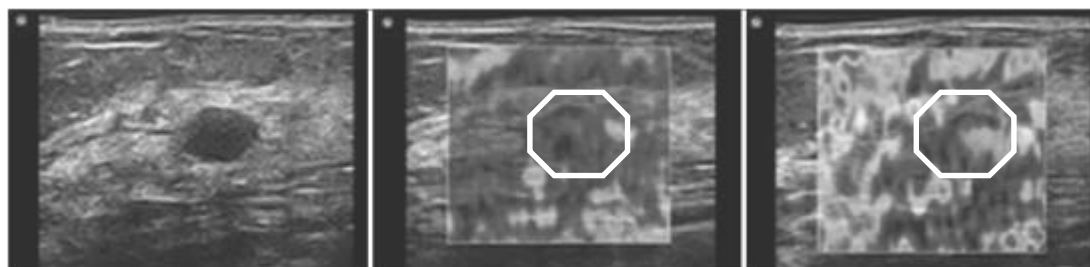


Рис. 2. Приклад еластограми, оціненої в 2 бали. Нечіткий вузол в В-режимі (зображення ліворуч), з використанням компресійної (зображення в центрі) і пост-декомпресійної еластографії (зображення праворуч). Під час компресії в центрі вузла спостерігається зелено-синій колір; після декомпресії зелений колір спостерігається практично у всьому вузлі.

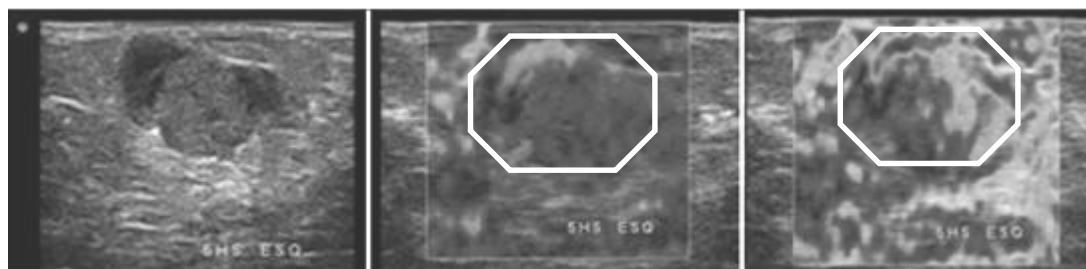


Рис. 3. Приклад еластограми, оціненої в 3 бали. Комплексна киста в звичайному режимі (зображення ліворуч), з використанням компресійної (зображення в центрі) і пост-декомпресійної еластографії (зображення праворуч). Під час компресії, на периферичній області кисти спостерігається зелений колір, а в пристінковому вузлі – синій колір; після декомпресії кистозна область змінює колір на червоний, в той час як пристінковий вузол на 10%-50% змінює колір на зелено-синій.

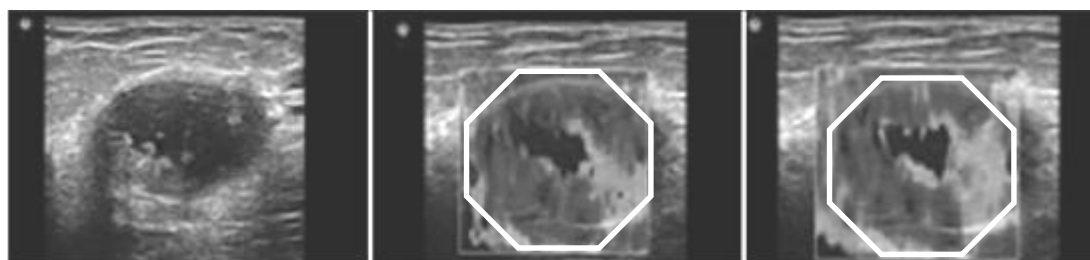


Рис. 4. Приклад еластограми, оціненої в 4 бали. Комплексна киста в В-режимі (зображення ліворуч), з використанням компресійної (зображення в центрі) і пост-декомпресійної еластографії (зображення праворуч). Під час компресії в центральній частині кисти спостерігається чорно-темно-синій колір, а пристінкова солідна частина не показує будь-яких змін кольору. Також, на нижній границі кисти спостерігається зміна кистозного компоненту із зміною кольору як до компресії, так і після декомпресії.

Таблиця 3. Представлення даних про кистозні утворення при еластографії в відповідності до результатів гістологічних досліджень.

Гістологічні результати	Бали еластографії				
	1	2	3	4	Усього
Кисти	-	13	-	-	13
Протокова ектазія	-	1	-	-	1
Запальні утворення	-	2	-	-	2
Папілярні утворення	-	1	4	-	5
Циліндроклітинна гіперплазія	-	-	-	1	1
Усього	-	17	4	1	22

Новаторське дослідження, проведене в 1991 році Дж. Офіром з колегами [10], висвітлює ідею класифікації утворень в залежності від зміни еластичності, що базується на принципі, що доброякісні утворення є більш м'якими, в той час як велика частина злоякісних – є більш твердими.

Соноеластографічні зображення отримали шляхом порівняння зображень до та після компресії тканини ГЗ. З тих пір надруковані декілька досліджень. Не дивлячись на те, що в них відсутня стандартизація прийомів та класифікації, більшість з них звертаються тільки до порівняння зображень до та після компресії

Жодне дослідження не описує результати кистозних змін ГЗ, котрі в багатьох випадках можуть викликати у жінок страждання, подібне до відчуття, яке створюють злоякісні вузли; хоча в дійсності такі кистозні зміни пов'язані з доброякісними утвореннями або утвореннями з низьким злоякісним потенціалом. Часто, такі утворення інтерпретують за допомогою традиційного підходу як нечіткі вузли, котрі потребують послідуєчого короткотермінового лікарського контролю і котрі незмінно ведуть до непотрібних діагностичних біопсій [19].

На УЗД прості кистозні утворення представляють типовий випадок і виглядають як окреслені вузли з тонкими стінками, з анехогенним вмістом і задньою акустичною тінню, класифікованні як BI-RADS® - 2, в той час як солідні утворення звичайно представленні в вигляді окреслених овальних вузлів, які розташованні паралельно шкірі та класифікованні як BI-RADS® - 3. Але, не всі кистозні утворення мають однакові ознаки; деякі з них складно диференціювати від солідних вузлів, особливо вузлів з густим рідинним вмістом, інколи з дрібними тканьовими включеннями в суспензії, котрі класифікуються як нечіткі вузли. Розглядаючи низький злоякісний потенціал таких утворень (біля 2%), слід сказати, що, не дивлячись на протиріччя та відсутність єдинної думки по цьому питанню, пацієнтам рекомендовано наступне короткотермінове контрольне лікарське спостереження. У більшості випадків, прийнятий протокол короткотермінового лікарського спостереження представляє собою нове дослідження, що проводиться на протязі десяти місяців; воно оцінює область, частково затемнену на мамограмі, а в випадку не виявлення утворення на мамограмі, проводиться тільки ультрасонографія. Наступне контрольне дослідження проводиться через 12 місяців після першого,

але з білатеральною мамографією і ультрасонографією, приймаючи до уваги, що термін для рентгенівського дослідження раку ГЗ – один рік, і через рік за ним слідує ще одне дослідження. В випадку, якщо на протязі цього дворічного періоду утворення залишиться незмінним, кінцева категорія BI-RADS® змінюється на другу. В випадках, коли спостерігається зміна границь утворення або приблизне збільшення первинного діаметру на 10%, необхідна діагностична біопсія [4,5,7]. Однак, деякі автори вважають, що солідний вузол, котрий характеризується тільки на основі ультрасонографії, також потребує проведення діагностичної біопсії, враховуючи, що УЗД не дозволяє диференціювати доброякісні утворення від злоякісних [20]. Вважається, що данні несистематичних результатів досліджень УЗД призводять до збільшення кількості негативних діагностичних біопсій [21,22].

З іншого боку, був досягнутий консенсус по відношенню до необхідності хірургічної ексцизійної біопсії, котра є золотим стандартом в випадках комплексних кист. З появою вакуумної біопсії для діагностики утворень ГЗ, даний метод став застосовуватися все частіше для того, щоби його можна з легкістю використовувати в амбулаторних умовах, і він має низький рівень ускладнень. В таких випадках ультрасонографічні зображення в В-режимі є фактором визначення для прийняття даного підходу, по мірі того, як використовуються визначенні критерії BI-RADS. Залишається незначне протиріччя по відношенню до прийняття даного підходу в таких випадках [5].

Був зроблений крок в напрямку використання традиційного В-режиму з гармонічними зображеннями і допоміжною флюксометрією Доплера, що дало змогу мінімізувати дане обмеження ультрасонографії; але, по відношенню до традиційного методу не було досягнуто будь-якого значного покращення. В недавніх дослідженнях оцінюється використання методу так званого «потокowego виявлення», при котрому реакція внутрішнього вмісту кисти на акустичну енергію, що відтворюється ультразвуковим перетворювачем, виявляється за допомогою методу Доплера; при цьому кистозні утворення продемонстрували би реакцію на метод Доплера, а солідні утворення – ні. Експерименти все ще проводяться, при цьому, недивлячись на невелику кількість публікацій в літературі, цей метод може бути корисний при диференціації нечітких вузлів [7].

Соноеластографія, котра на початку була введена в ультрасонографію для диференціації доброякісних утворень ГЗ від злоякісних, може також застосовуватися і для диференціації солідних утворень від кистозних, при цьому слід приймати до уваги, що еластичність кисти вища, ніж еластичність прилеглої паренхіматозної тканини. Крім того, цей метод може бути корисний в якості допоміжного при оцінці комплексних кист, особливо при наявності пристінкових вузлів, у яких, твердість може бути визначена. У даному дослідженні усі гістологічно діагностованні кисти були сонографічно визначені як нечіткі вузли, і їм було присвоєно 2 бали; за результатами соноеластографії вони виявилися доброякісними. Кисти з запальним вмістом і протокова ектазія були сонографічно визначені як складні кисти, за результатами соноеластографії, їм також було присвоєно 2 бали. Данні утворення



представляли малий злоякісний потенціал, і, прийняв до уваги їхні особливості при соноеластографії, біопсії можна було б уникнути.

При використанні традиційного методу В-режиму, 3 (60%) з папілярних утворень представляли собою нечіткі вузли, і 2 (40%) – комплексні кисти. При соноеластографії 1 (20%) було присвоєно 2 бали, а 4 (80%), що залишилися – 3 бали. Двобальне утворення було сонографічно класифіковано як нечіткий вузол і складало 0,5 мм на своїй найбільшій вісі. За результатами соноеластографії дане утворення було б віднесено до доброякісних, і пацієнт знову б прийшов на рентгенівське дослідження на рак ГЗ через рік. Але, це утворення було видалено хірургічним шляхом і був підтверджений його доброякісний характер. 2 (50%) з 4 інших (50%) утворень з низькою підозрою на злоякісність при соноеластографії (3 бали), були піддані хірургічному видаленню і підтверджені як доброякісні. А для 2 інших утворень (50%), вважаючи їх дворічну стабільність, було рекомендовано наступне лікарське контрольне спостереження. Циліндрокліткова гіперплазія була сонографічно охарактеризована як комплексна киста з 4 балами при соноеластографії, демонструючи злоякісний потенціал. Це утворення було також хірургічно видалено та гістологічно підтверджено доброякісним. Тобто цей результат був хибно-позитивним в даному дослідженні.

Одним із обмежень для оцінки кистозних утворень при соноеластографії є інтенсивність серійних компресій; при цьому чим вища інтенсивність, тим більше збільшується поверхнева напруга внутрішнього рідинного вмісту, визначаючи дане утворення як солідне утворення в відповідності з кольоровим спектром (рис. 5).

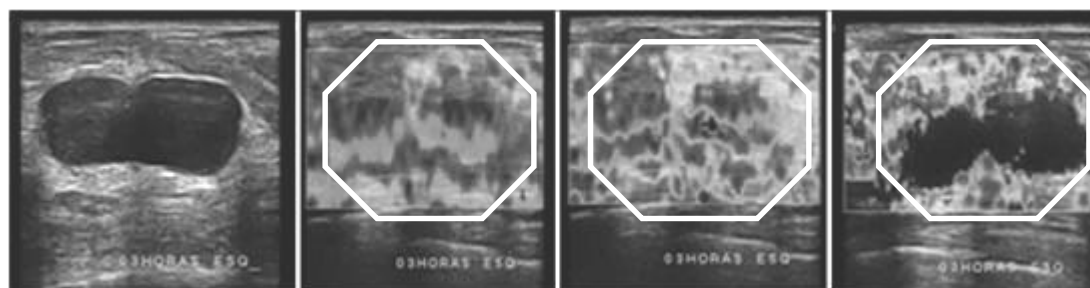


Рис. 5. Складна киста в В-режимі (зображення ліворуч), з використанням компресійної (друге зображення) і пост-декомпресійної соноеластографії (третє зображення), а також після несвоєчасної компресії (зображення праворуч).

Перевагою методу є той факт, що, використовуючи його в режимі реального часу, дослідник має можливість виміряти інтенсивність компресії під час обстеження залежно від різних типів будови ГЗ та утворень, що оцінюються. Це збільшення в поверхневій напрузі внутрішньокистозної рідини може також спостерігатися при секреторних ураженнях, таких як, наприклад, у випадку циліндрокліткової гіперплазії та деяких запальних кистах. Зазвичай киста уявляють двобальною соноеластограмою, сумісною із доброякісністю. Увагу звернено

на той факт, що несвоєчасна компресія призводить до почорніння кистозної області, кажучи про солідне утворення, можливо, із-за поверхневого тиску рідини.

### **Висновки**

Наразі автори проводять дослідження, які ґрунтуються на власних критеріях, ціль котрих продемонструвати чутливість, специфічність і діагностичну точність соноеластографії. Попередні свідчення, отримані про 170 вузлів, продемонстрували наступні результати для представленої класифікації: позитивна прогностична цінність – 80%, специфічність – 97,5%, діагностична точність – 97,75%. Дане дослідження показало, що еластографія може бути корисна при діагностиці кистозних утворень ГЗ, підтверджуючи їхню етіологію. Окрім того, введення цього методу в алгоритм дослідження ГЗ може знизити кількість непотрібних діагностичних біопсій і тривалість традиційного наступного лікарського контролю. Також даний метод може бути використаний в якості додаткового в дослідженнях комплексних кист для оцінки їхнього внутрішнього вмісту; але, приймаючи до уваги важливість результатів дослідження в В-режимі, діагностична біопсія не повинна при цьому служити протипоказом. В перспективі метод еластографії повинен стати обов'язковою методикою в алгоритмі променевої діагностики патології грудної залози.

### **Література**

1. Зыкин Б.И. Эластография: анатомия метода / Б.И. Зыкин, Н.А. Постнова, М.Е. Медведев // Променева діагностика, променева терапія – 2012. – № 2-3. – С. 107 – 113 .
2. Bai M. et al., Virtual touch tissue quantification using acoustic radiation force impulse technology: initial clinical experience with solid breast masses // J. Ultrasound Med., 2012, 31, 2, 289-94.
3. Chang J. Breast Mass Evaluation: Factors Influencing the Quality of US Elastography/ Chang J. et al. // Radiology. – 2011. – P. 259 – 264.
4. Navarro B. Role of Elastography in the Assessment of Breast Lesions: Preliminary Results / B.Navarro et al. //JUM. – 2011. – Vol. 30, № 3. – P. 313 – 323.
5. Athanasiou A. et al., Breast Lesions: Quantitative Elastography with Supersonic Shear Imaging-PreliminaryResults // Radiology. – 2010. – V.256. – N1. – P. 297 – 303.
6. Cha JH, Moon WK, Cho N, et al. Characterization of benign and malignant solid breast masses: comparison of conventional US and tissue harmonic imaging // Radiology. – 2007. – V.242. – P. 63 – 69.
7. Graf O, Helbich TH, Hopf G, et al. Probably benign breast masses at US: is follow-up an acceptable alternative to biopsy? // Radiology. – 2007. – V.244. – P. 87 – 93.
8. Chang RF, Huang SF, Moon WK, et al. Solid breast masses: neural network analysis of vascular features at three-dimensional power Doppler US for benign or malignant classification // Radiology. – 2007. – V.243. – P. 56 – 62.
9. Itoh A, Ueno E, Tohno E, et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis // Radiology. – 2006. – V.239. – P. 341 – 350.
10. Hoyt K, Forsberg F, Ophir J. Analysis of a hybrid spectral strain estimation technique in elastography // Phys Med Biol. – 2006 – V.51. – P.197 – 209.
11. Courtillot C, Plu-Bureau G, Binart N, et al. Benign breast diseases /J Mammary Gland Biol Neoplasia. – 2005. – V. 10. – P. 325 – 335.

12. Ellis IO, Humphreys S, Michell M, et al. Best Practice No. 179. Guidelines for breast needle core biopsy handling and reporting in breast screening assessment /J Clin Pathol. – 2004. – V. 57. – P. 897 – 902.
13. Kopans DB. Sonography should not be used for breast cancer screening until its efficacy has been proven scientifically /AJR Am J Roentgenol. – 2004. – V. 182. – P. 489 – 491.
14. American College of Radiology. Breast Imaging Reporting and Data System® (BI-RADS®) – ultrasound. 4th ed. Reston: American College of Radiology; 2003.
15. Hall TJ. AAPM/RSNA physics tutorial for resi-dents: topics in US: beyond the basics: elasticity imaging with US. Radiographics. – 2003. – V.23. – P. 1657 – 1671.
16. Moy L, Slanetz PJ, Moore R, et al. Specificity of mammography and US in the evaluation of a palpable abnormality: retrospective review /Radiology. – 2002. – V.225. – P. 176 – 181.

Надійшла до редакції  
26 квітня 2013 року

© Францевич К.А., 2013

УДК 617.55-089-78

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ ВМІСТУ ФОТОСЕНСИБІЛІЗАТОРА В ПУХЛИННІЙ ТКАНИНІ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕКТРОМЕТРИЧНОЇ ТЕХНІКИ

<sup>1)</sup>Холін В.В., <sup>1)</sup>Чепурна О.М., <sup>2)</sup>Єрмак П.В., <sup>2)</sup>Завадська Т.С., <sup>3)</sup>Войцехович В.С.

<sup>1)</sup>ПМВП «Фотоніка Плюс», м. Черкаси, Україна, <sup>2)</sup>Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України м. Київ, Україна,

<sup>3)</sup>Інститут фізики НАН України м. Київ, Україна

*Предметом дослідження, представленого в цій статті, є аналіз рівню вмісту фотосенсибілізатора у пухлинній тканині в процесі проведення фотодинамічної терапії (ФДТ) та контроль за рівнем його флюоресценції при накопиченні і вивільненні. У процесі дослідження для реєстрації сигналу флюоресценції були обрані спектрометри на базі приладів із зарядовим зв'язком (ПЗЗ). Вони дозволяють отримувати та обробляти сигнал в одній структурі ПЗЗ та в широкому діапазоні довжин хвиль.*

*У результаті аналізу ПЗЗ-спектрометрів після низки проведених експериментів був обраний спектрометр Ocean Optics USB4000 (США), який є найбільш чутливим, компактним, має широкий спектр вимірювання та зручне програмне забезпечення. На основі цього спектрометра було створено систему для реєстрації рівня флюоресценції в пухлинній тканині та проведено ряд досліджень на мишах з прищепленою карциномою легень Льюїс.*

**Ключові слова:** фотодинамічна терапія, флюоресцентна діагностика, фотосенсибілізатор, спектрометр, прилад із зарядовим зв'язком, реєстрація сигналу.

### Вступ

Фотодинамічна терапія – метод лікування, який можна застосовувати в онкології як альтернативний або в поєднанні із традиційними методами лікування онкозахворювань. До переваг ФДТ, порівняно із класичними підходами, можна віднести: неінвазивність або малоінвазивність, вибірковість ураження пухлинних тканин, можливість проведення повторних процедур із мінімальною шкодою для організму, поєднання діагностики та лікування в межах однієї процедури.