

наведеного прикладу, при підключенні першого імпульсу світловий потік, який має слабе поглинання проникає вглиб шкіри (червоний колір) та поглинається там, а на другому імпульсі світловий потік повністю поглинається на поверхні шкіри (синій колір). Періодичне повторення цього процесу призводить до глибинної модуляції БАТ та підвищує ефективність терапії.

### **Висновки**

1. Запропонований прилад для опромінення акупунктурних точок з використанням світлодіодів різної довжини хвиль та імпульсним режимом роботи дозволяє значно збільшити ефективність світлотерапії.

2. Використання концентратора світлового потоку (рефлектора) забезпечує точкове збільшення потужності в зоні БАТ та краще засвоєння світлового потоку організмом людини.

3. Розроблений прилад для лазерної світлотерапії має значну перспективу для використання в лікувальних технологіях практичної медицини.

### **Література**

1. Коробов А. М. Фототерапевтические аппараты Коробова серии «Барва» / А. М. Коробов, В. А. Коробов, Т. А. Лесная – Изд. второе, перераб. и доп.- Харьков.: ИПП «Контраст», 2008. – 176 с.
2. Приезжев А. В. Лазерная диагностика в биологии и медицине / А. В. Приезжев, В. В. Тучин, Л. П. Шубочкин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 240 с.
3. Злепко С. М. Аппаратура для фізіотерапії та діагностики: навчальний посібник / С. М. Злепко, С. В. Павлов, В. Б. Василенко. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 212 с.
4. Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки: пр. конф., 15-17 травня 2013 р., Житомир. Т.2 / ред. І. В. Леонець. – Житомир: ЖДТУ, 2013. – С. 199 – 200.
5. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов / А. Н. Ремизов, А. Г. Макина, А. Я. Потапенко. – 4-е изд., – М.: Дрофа, 2003. – 560 с.
6. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткни. Учебное пособие / А. Е. Пушкарева – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.

*Надійшла до редакції  
05 березня 2014 року*

© Яненко О. П., Михайленко С. В., 2014

УДК 616.71-006

## **КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЯСКРАВСТІ СЦИНТИГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ КІСТОК**

*Ніколов М. О., Коваленко М. М., Кліщ А. А., Ярошенко О. Ю.  
Національний технічний університету України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна*

*В практичній медицині наявність або відсутність онкологічних змін при сцинтиграфії кісток вирішується на основі якісних показників радіонуклідного дослідження. Проте підвищення метаболічної активності може бути наслідком як пухлинного процесу, так і запа-*

льного захворювання або травми, тому при незначному накопиченні РФП лише за якісними показниками важко визначити характер враження. В таких випадках необхідно проводити диференціальну діагностику. Але існуючі методики аналізу остеосцинтиграм мають недостатньо високу специфічність та точність діагностики. Тому завданням роботи була розробка кількісної оцінки якісних показників сцинтиграм для діагностики метастазів в кістки хворих на рак. Для цього зроблений аналіз різних палітр сцинтиграфічних зображень кісток за яскравістю та контрастністю і визначено характерні типи палітр. В результаті дослідження одержані оригінальні дані з радіологічних досліджень для підвищення ефективності діагностики наявності метастазів раку в кістки.

**Ключові слова:** гамма-камера, метастази, остеосцинтиграфія, палітра, яскравість.

### **Вступ. Постановка проблеми**

Основним методом виявлення метастазів в кістки на сучасному етапі є остеосцинтиграфія (ОСГ)[1]. Вона порівняно з рентгенологічним методом більш ефективна і має менше променеве навантаження. Висновок при ОСГ роблять на основі якісної і/ або кількісної оцінки.

Отримані сцинтиграми досліджуються на комп'ютері, де проводяться маніпуляції з колірними шкалами. Колірний режим (палітра) вибирається відповідно до переваг дослідника і залежно від вибраного типу палітри можна як покращити так і погіршити візуалізацію. Якісна оцінка повинна бути підтверджена кількісною, яка включає відношення накопичення препарату між вогнищем і еталонною областю, в якості якої найчастіше вибирають симетричну ділянку чи кісткову тканину з еквівалентною щільністю. Але існуючі методики аналізу остеосцинтиграм мають недостатньо високу специфічність та точність діагностики, незважаючи на високу чутливість методу ОСГ.

### **Мета роботи**

В зв'язку з вище наведеним метою цього дослідження є розроблення кількісної оцінки яскравості і контрастності сцинтиграм та об'єктивізація вибору палітр для покращення візуалізації вогнищевих змін, характерних для метастазів раку в кістки.

### **Матеріали та методи**

Перед дослідженням пацієнту вводять радіофармпрепарат (РФП), який надходить в досліджуваний орган. При дослідженні кісток реєстрація зображення проводять через 2 – 3 години після введення препарату [2]. За цей час минає судинний етап накопичення рфп і враховується лише той ізотоп, що накопичився в кістках. за допомогою гамма-камери фіксується інформація про розподіл рфп в кістковій тканині, формується зображення кісток скелету – остеосцинтиграма (рис. 1). Метастази злоякісних пухлин у кістки зазвичай супроводжуються підвищенням остеобластичною активності і візуалізуються як зони підвищеного накопичення РФП.

Радіонуклідні фармакологічні препарати – це хімічні сполуки, які складаються з ізотопу, який випускає  $\gamma$ -промені, що реєструються гама-камерою, та носія препарату, який поглинається певною структурою організму (органом,

тканиною, рідиною). Для дослідження кісток скелету використовують препарати на основі фосфатних сполук, що містяться  $^{99m}\text{Tc}$ :  $^{99m}\text{Tc}$ -пірофосфат,  $^{99m}\text{Tc}$ -МДП [3].



Рис. 1. Методика остеосцинтиграфії

Було проаналізовано остеосцинтиграми, які отримані в гамма-камері ОФЕКТ-1 (Україна). Методика ОСГ складається з планарної сцинтиграфії всього тіла та проведення прицільних сцинтиграм у задній і передній проєкціях.

Вивчалась інформативність якісних показників сцинтиграфії по відношенню до кількісних для виявлення ознак метастазування раку в кістки.

Якісні ознаки метастазів включають об'єм області гіперфіксації РФП, яскравість, контрастність, системність враження, локалізацію процесу.

Кількісні параметри сцинтиграм кісткової системи включають кількість імпульсів в області максимального накопичення  $^{99m}\text{Tc}$ , які виражаються у відсотках в порівнянні з неураженими ділянками кісток [4]. При наявності ракового процесу накопичення рфп складає більше 150%.

### Оцінка результатів сцинтиграфії кісток

Всього досліджено 18 пацієнтів у віці від 31 до 69 років, із них жінок було 7, чоловіків – 11. Із 18 досліджених пацієнтів було виділено дві підгрупи. Перша складалася з 13 осіб, у яких методом кількісної сцинтиграфії було підтверджено метастазування раку в кістки. У них ретроспективно була проведена якісна оцінка кольорових сцинтиграм. В результаті цього згідно якісних ознак лікарі-радіологи встановили наявність метастазів у 9 (69,2 %) з 13 осіб. Тобто у 4 (30,8 %) пацієнтів метастази раку не були діагностовано. Друга група складалася із 5 пацієнтів, які були направлені на консультацію в радіологічну лабораторію. У них раніше була проведена ОСГ без кількісного визначення накопичення ізотопу  $^{99m}\text{Tc}$ . Але у цих пацієнтів було вказано на наявність метастазів за якісними показниками. В зв'язку з цим, їм було проведено повторну сцинтиграфію. В результаті повторного дослідження з врахуванням кількісних ознак виявилось, що лише в 2 (40%) з 5 пацієнтів підтвердилась наявність метастазів.

Аналізуючи ретроспективно одержані результати ОСГ (табл. 1) можна стверджувати, що на основі якісної (візуальної) оцінки сцинтиграм хворих з метастазами кісток достовірний діагноз можна поставити лише в 69,2 % випадків, тобто майже 1/3 випадків наявності метастазів не діагностується.

Таблиця 1. Результати сцинтиграфії кісток за якісними і кількісними ознаками.

Група	Кількість хво- рих	Якісні ознаки		Кількісні ознаки	
		абсолютні	%	Абсолютні	%
1	13	9	69,2	13	100
2	5	5	100	2	40

В другій групі, в якій спочатку не була проведена кількісна оцінка ОСГ, на основі якісних ознак метастазування було встановлено у всіх 5 пацієнтів. Але при повторній ОСГ з кількісною характеристикою, метастазування було підтверджено лише в 2 (40 %) з 5 осіб. Іншими словами, у 3 пацієнтів діагноз не підтвердився.

Таким чином, в першій групі псевдонегативні результати були одержані у 4(30,8 %) із 13 пацієнтів. В другій групі псевдопозитивні результати виявилося у 3 (60 %) з 5 осіб. Тобто була гіпердіагностика метастазів.

Отже, можна зробити наступні висновки, що сучасна радіологічна діагностика метастазів кісток має включати не лише якісні, але й кількісні показники накопичення ізотопу в кістках, оскільки оцінка за якісними ознаками сцинтиграм дозволяє виявляти метастази лише в 69,2 % випадків, тобто майже 1/3 випадків метастази не діагностуються. Крім того, можлива і гіпердіагностика.

### Аналіз палітр сцинтиграфічних зображень

Проведено дослідження кількісної оцінки палітр остеосцинтиграфічних зображень 6 пацієнтів при різних характерах патології кісток (рис. 2).

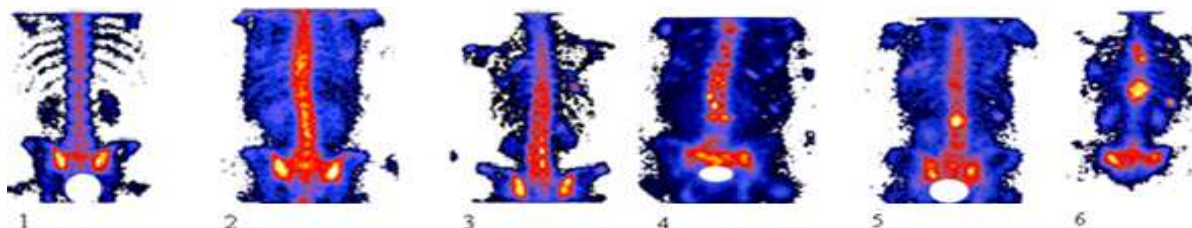


Рис. 2. Сцинтиграми кісткової системи: пацієнти №1 – 3 з признаками дегенеративно-дистрофічних змін хребта ( в пацієнта №3 наявні множинні метастази в області ребер); пацієнти №4 – 6 з множинними метастазами

В пацієнтів №1 і №2 визначається помірно підвищена фіксація РФП в області грудного і поперекового відділів хребта – до 125 %. Решта симетричні ділянки кісткової системи препарат накопичують відносно рівномірно. В пацієнта №3 наявні сцинтиграфічні ознаки Mts-ураження плечового суглоба – 131 %, 5 ребра зліва – 188 %, 8 ребра праворуч – 167 %, 9 ребра зліва спереду – 126 %, а також ознаки дегенеративно-дистрофічних змін хребта (накопичення РФП до 125%). В пацієнта №4 визначаються множинні ділянки патологічної фіксація РФП в області правої скроневої кістки – 276 %, плечових суглобів, ребер – до 250 %, хребта, кісток таза, верхньої третини правої стегнової кістки – 395 %.

Признаки множинного ураження метастазами відзначається в пацієнта №5 в області склепіння черепа 230 %, скроневої кістки справа – 150 %, потиличної кістки – 211%, нижнього кута лівої лопатки – 177 %, 7 ребра зліва – 158 %, 5, 6, 7 ребер зліва спереду – до 150 % , рукоятки грудини справа – 162 %, L2 – 170 %, лівого колінного суглоба – 192 %, нижньої третина лівої стегнової кістки – 240 %. В пацієнта №6 наявні метастази в області хребта Th4-5 – 208 %, Th10-11 – 270 %, S1-2 – 135 %, 6-7 ребер зліва – 210 %, 11-12 ребер справа – 260 %.

Оскільки найчастіше метастази зустрічаються у хребті, а саме в - 39 %, і є досить тяжким ускладненням онкологічних захворювань, для полегшення об'єктивізації вибору палітр остеосцинтиграфічних зображень, як зону дослідження вибрали хребет. Розрахунки проводилися в середовищі matlab, на сцинтиграмі кожного пацієнта було виділено область дослідження - хребет, а також зону інтересу (зону гіперфіксації рфп) та контрольну область. для аналізу було використано 13 стандартних палітр matlab: “hot”, “jet”, “cool”, “pink”, “hsv”, “spring”, “summer”, “autumn”, “winter”, “gray”, “bone”, “copper”, “lines”. Оцінка якості візуалізації кісток скелету та кількісний аналіз проводився за значеннями яскравості пікселів у відповідних палітрах, без врахування кольорових ефектів сприйняття зображення.

Отже, для кожної сцинтиграми були використані розглянуті типи палітр і побудовані графіки розподілу рівня яскравості вздовж хребта. Для пацієнта № 6 наведені ці графіки. Аналіз зображень, отриманих у вигляді кривої, дозволяє судити про ступінь накопичення РФП в досліджуваній області. Збільшення рівня яскравості на графіку (сплески які спостерігаємо) відповідає підвищеному рівню гіперфіксації РФП, що може свідчити про наявність метастазів. Як можливо помітити на рис. 3, кожний тип палітри має різний рівень інформативності (тобто якості візуалізації), тому в подальшому будуть представлені дані з застосуванням характерних типів палітр.

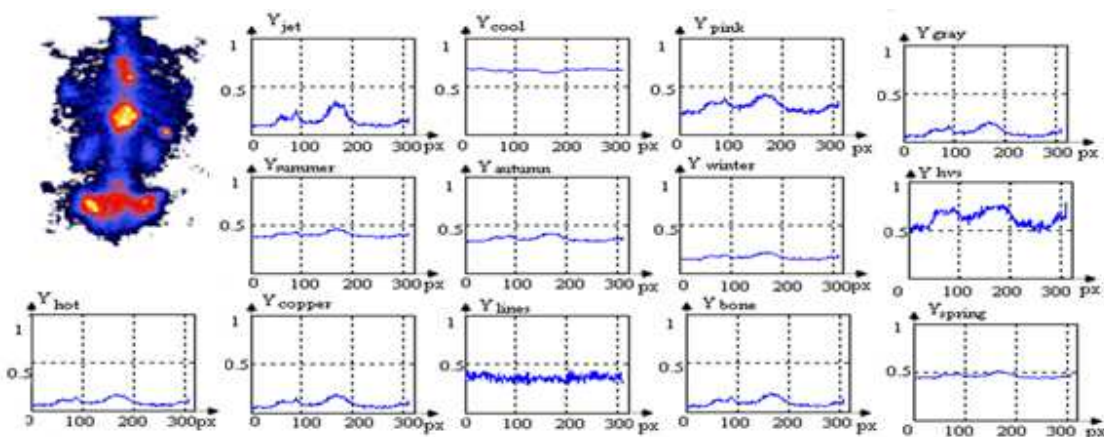


Рис. 3. Графіки розподілу рфп вздовж хребта пацієнта № 6 для розглянутих палітр взята по середньому значенню пікселів в поперек хребта

Для кількісного аналізу розраховувались відношення рівня яскравості та ко

нтрастності вибраної зони інтересу до контрольної при використанні різних палітр враховуючи середній та максимальний значення пікселя повздовж хребта:

$$Y_{сер} = \frac{Y_{сер}^{вогн.}}{Y_{сер}^{конт.}}, \quad Y_{max} = \frac{Y_{max}^{вогн.}}{Y_{max}^{конт.}}$$

$$D_{сер} = \frac{D_{сер}^{вогн.}}{D_{сер}^{конт.}}, \quad D_{max} = \frac{D_{max}^{вогн.}}{D_{max}^{конт.}}$$

де  $Y_{сер}^{вогн.}$  – середнє значення яскравості вогнищевої зони;  $Y_{сер}^{конт.}$  – середнє значення яскравості контрольної зони;  $Y_{max}^{вогн.}$  – максимальне значення яскравості вогнищевої зони;  $Y_{max}^{конт.}$  – максимальне значення яскравості контрольної зони.  $D_{сер}^{вогн.}$  – середнє значення дисперсії вогнищевої зони;  $D_{сер}^{конт.}$  – середнє значення дисперсії контрольної зони;  $D_{max}^{вогн.}$  – максимальне значення дисперсії вогнищевої зони;  $D_{max}^{конт.}$  – максимальне значення дисперсії контрольної зони.

Отримані дані зведені в табл. 2. Для пацієнта № 5 наведені ці данні. З цих даних було виділено 3 характерні типи палітр, які відзначаються високим рівнем яскравості та контрастності – “jet”, “hot” і “copper”.

Таблиця 2. Кількісна оцінка розглянутих палітр для пацієнта №5

Палітри	$Y_{сер},$ вогн./контроль	$Y_{max},$ вогн./контроль	$D_{сер},$ вогн./контроль	$D_{max},$ вогн./контроль
<b>jet</b>	<b>1,659</b>	<b>1,594</b>	<b>9,808</b>	<b>2,346</b>
cool	1,0218	1,005	6,9002	1,8002
pink	1,2265	1,1898	5,1639	2,187
hsv	1,1574	1,0089	3,4477	2,9429
spring	1,0513	1,0795	6,9002	2,432
summer	1,0743	1,1103	6,9002	2,432
autumn	1,082	1,1201	6,9002	2,432
winter	1,1592	1,0243	6,9002	1,5802
gray	1,511	1,419	6,9	2,432
bone	1,5076	1,4193	6,9021	2,4558
<b>copper</b>	<b>1,5112</b>	<b>1,4193</b>	<b>6,901</b>	<b>2,4324</b>
lines	1,022	1	1,4815	1
<b>hot</b>	<b>1,44</b>	<b>1,395</b>	<b>6,911</b>	<b>2,578</b>

Далі більш детально розглянуті палітри “hot”, “jet”, “copper”, “gray”.

На рис. 4 та 5 представлено графіки розподілу рівня яскравості вздовж хребта для пацієнта №1 без метастазів та для пацієнта №6 з метастазами раку на рис. 9 у випадку а) взяті за середнім значенням пікселів в поперек хребта, в випадку б) за максимальним значенням. В пацієнта №1 спостерігається відно-

сно рівномірний розподіл РФП, в пацієнта №6 наявні два сплески по рівню яскравості, що відповідає ділянкам з метастатичним ураженням хребта.

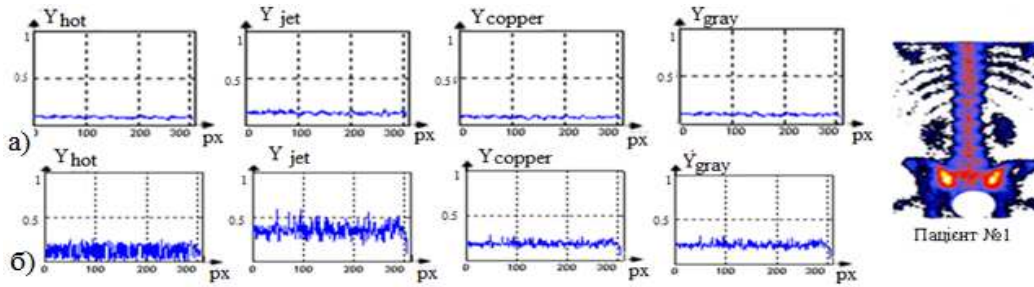


Рис. 4. Графік розподілу рівня яскравості вздовж хребта пацієнта №1: а) по середньому; б) по максимальному значенню пікселя в поперек хребта

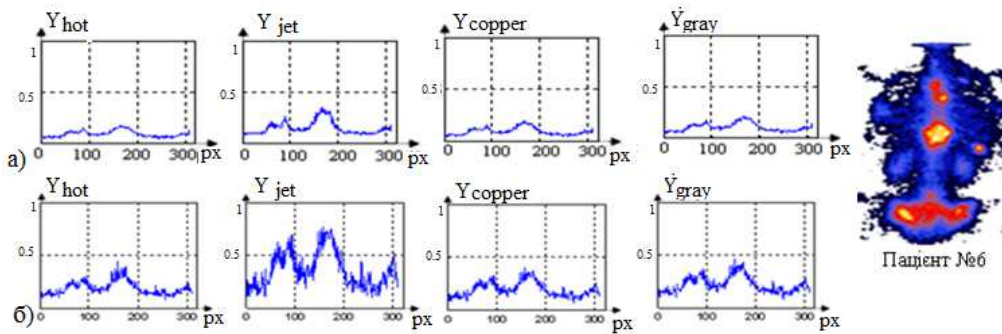


Рис. 5. Графік розподілу рівня яскравості вздовж хребта пацієнта №6: а) по середньому; б) по максимальному значенню пікселя в поперек хребта

Порівнюючи отримані графіки розподілу РФП за середнім значенням пікселів в поперек хребта, та за максимальним значенням, можна стверджувати, що останні мають більш різку залежність, зі значними флуктуаціями, що погіршує оцінку, але не виключає можливості їх використання.

На інформативність сцинтиграфічних зображень впливає не тільки яскравість, але ще низка параметрів. Одним з них є контрастність – різниця яскравості в різних ділянках зображення. цей параметр характеризується рівнем дисперсії. представлені графіки розподілу рівня дисперсії для пацієнта №1 без метастазів (рис.6) та для пацієнта №6 з множинними метастазами раку в кістки (рис. 7), взяті: а) по середньому; б) по максимальному значенню пікселя в поперек хребта. з графіків видно, що в пацієнта №6 з метастазами раку спостерігається високий рівень контрастності, з більш вираженими сплесками, в порівнянні з пацієнтом №1 без метастазів раку.

Для палітри “cool” знайдені значення дисперсії по всій області дослідження для кожного пацієнта. З цих даних визначена межа до ракового процесу на рівні  $0,027 \cdot 10^{-3}$  в.од. В точці А відзначається скачок рівня дисперсії, що пов’язано з множинними метастазами в досліджуваній області хребта, але для підтвердження цих даних необхідне додаткове дослідження (рис. 8).

Представимо гамму-корекцію характерних типів палітр. Аналізуючи можна

зробити висновки, що для кращої візуалізації вогнищевих змін гамма-корекцію необхідно вибирати менше 1 в діапазоні від 0 до 0,3 та від 0,8 до 1 в.од.

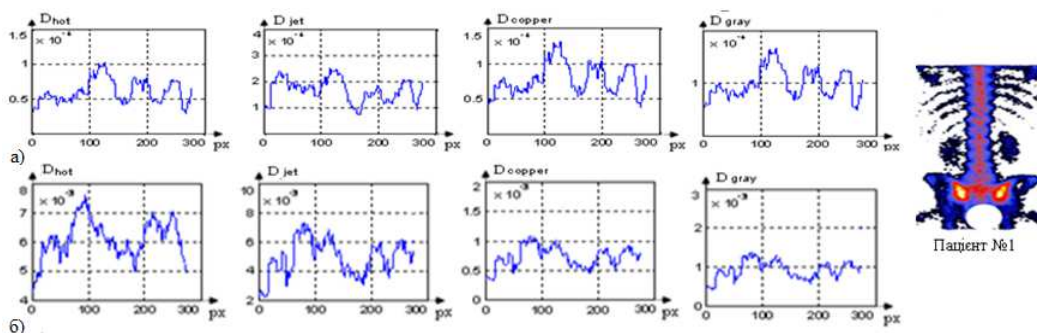


Рис. 6. Графік розподілу рівня дисперсії вздовж хребта пацієнта №1: а) по середньому; б) по максимальному значенню пікселя в поперек хребта

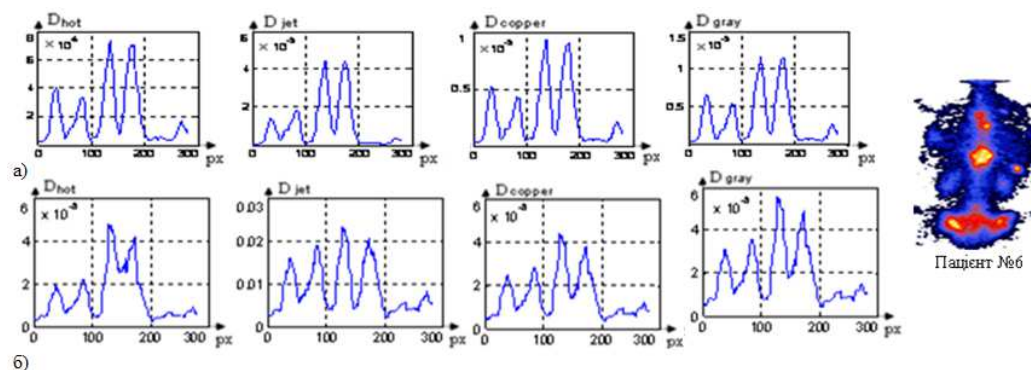


Рис. 7. Графік розподілу рівня дисперсії вздовж хребта пацієнта №6: а) по середньому; б) по максимальному значенню пікселя в поперек хребта

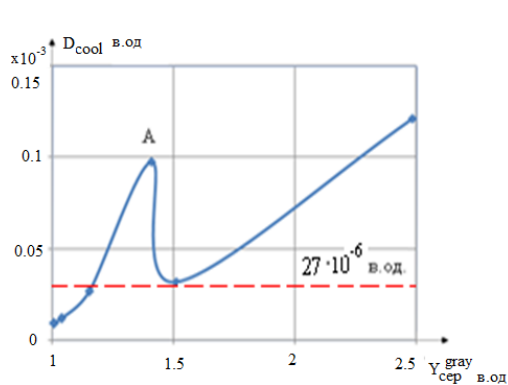


Рис. 8. Інтегральна оцінка наявності вогнищевих змін

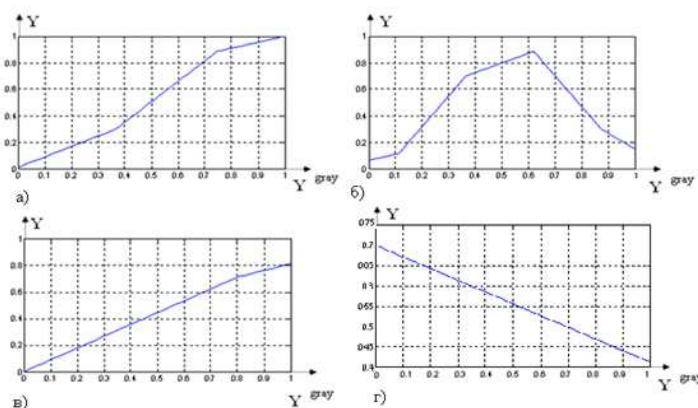


Рис. 9. Гамма-корекція палітр: а) “hot”; б) “jet”; в) “соорер”; г) “cool”

Для палітр гамма-корекція, для яких має монотонний характер визначили межу до ракового процесу за рівнем яскравості. Із розглянутих палітр чотири з них не мають монотонного характеру. Межа ракового процесу для палітри “hot” близько 1,14, “соорер” близько 1,16 в. од. Решта представлені в таблиці 3.



Таблиця 3. Межі до ракового процесу

Палітри	“hot”	“cool”	“pink”	“spring”	“summer”	“autumn”	“winter”	“gray”	“bone”	“copper”
Y <sub>сер</sub> , очаг/конт- роль, в.од.	1,14	1,008	1,08	1,02	1,03	1,03	1,06	1,16	1,16	1,16

Палітра “jet” має не монотонну гамма-корекцію, тому однозначно межа ракового процесу не визначається, проте для візуальної оцінки це найліпший тип палітр, тому потрібно вибирати між високою візуалізацією вогнищевих змін і кількісною оцінкою за рівнем яскравості.

### **Висновки**

1. На основі візуальної оцінки сцинтиграм хворих із метастазами раку в кістки достовірний діагноз можна поставити лише в 69,2 % випадків, тобто майже 1/3 випадків наявності метастазів не діагностується. Окрім того, можлива і гіпердіагностика.

2. Для візуалізації вогнищевих змін в діапазоні від 0 до 0,3 в. од. сцинтиграфічного зображення та від 0,8 до 1 в. од. гамму-корекцію доцільно вибирати менше 1 в. од.

3. За отриманими даними дослідження можна відзначити 3 характерні типи палітр, які відзначаються високим рівнем яскравості та контрастності – “jet”, “hot” і “copper”. Їх доцільно використовувати для якісної оцінки остеосцинтиграфічних зображень.

4. Однозначно можна визначити межу ракового процесу для палітр з монотонною гамма-корекцією. Для палітри “hot” вона становить близько 1,14 в. од, для “copper” -1,16 в. од.

5. Палітра “jet” має не монотонну гамма-корекцію, тому однозначно межа ракового процесу не визначається, проте для візуальної оцінки це є найліпший із розглянутих типів палітр. В зв’язку з цим потрібно вибирати між високою візуалізацією вогнищевих змін і кількісною оцінкою за рівнем яскравості.

6. Лінійна від’ємна гамма-корекція яскравості пікселівсцинтиграфічного зображення доцільно використовувати для напівавтоматичного визначення наявності метастатичного ураження кісток. Для палітри “cool” межа наявності ракового процесу по дисперсії становить на рівні  $0,027 \cdot 10^{-3}$  в.од.

7. Отримані результати мають важливе значення для діагностики метастазів і в перспективі мають бути використані в клінічних наукових дослідженнях для підвищення ефективності діагностики і лікування онкологічних захворювань.

### **Література**

1. Ю. Н. Касаткин, В. В. Поцыбина, Д. И. Левчук. Остеосцинтиграфия при системных

пораженнях опорно-двигательного апарата: параметри норми, проблеми визуализации и анализа // РАДИОЛОГИЯ – ПРАКТИКА – 2003. – № 3. – С. 31 – 37.

2. Радионуклидная диагностика для практических врачей / Под. ред. Ю. Б. Лишманова, В.И. Чернова. – Томск : СГТУ, 2004. – 394 с

3. Новый радиофармацевтический препарат, Резоскан 99mTc в диагностике патологических изменений скелета у больных раком предстательной железы / О. И. Аполихин, А. В. Сивков, В. Н. Ощепков [и др.] // Экспериментальная и клиническая урология. – 2010. – № 1. – Режим доступа: <http://ecuro.ru/article/novyi-radiofarmatsevticheskii-preparat-rezoskan-99m-tc-v-diagnostike-patologicheskikh-izmene>.

4. Савин С. З., Косых Н. Э., Власенко В. Д. Технология определения объема метастатического поражения скелета по данным планарных сцинтиграмм. – Режим доступа: [http://conf.nsc.ru/files/conferences/MIT2013/fulltext/146609/150094/Savin\\_Kosykh\\_Vlasenko\(statya\).pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/MIT2013/fulltext/146609/150094/Savin_Kosykh_Vlasenko(statya).pdf).

Надійшла до редакції  
04 березня 2014 року

© Ніколов М. О., Коваленко М. М., Кліщ А. А., Ярошенко О. Ю., 2014

УДК 621: 681.2:535.853

## ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТИЧНИХ ВИПАДКІВ ДІЇ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ НА БІОТЕХНІЧНИЙ ОБ'ЄКТ

Скицюк В. І., Клочко Т.Р.

Національний технічний університету України «Київський політехнічний інститут»,  
м. Київ, Україна

*Створення сучасних фізіотерапевтичних систем вимагає оптимізації режимів роботи для підвищення ефекту лікувального впливу на зміни, що здійснюються в біологічних структурах, тому для формування режимів впливу лікарських засобів на організм необхідно створення нових підходів до їх застосування у клінічній практиці з огляду на аналітичні моделі взаємодії лікувальних засобів із біологічними структурами.*

*Досліджено ситуацію щодо критичних випадків дії абстрактного лікувального засобу на біотехнічний об'єкт, що є необхідним при рекомендаціях щодо вживання конкретної фармакологічної речовини, а також і їх комбінацій. Ці дослідження створюють можливість пошуку нових інтегрованих методів та систем для діагностично-лікувального впливу фізичних полів на біологічний об'єкт сумісно із фармакологічними речовинами та підвищення якості оснащення сучасними технологіями процесу лікування.*

**Ключові слова:** біологічний об'єкт, лікувальний засіб, вплив, критичні випадки.

### Вступ

Сучасна медицина у зв'язку із розвитком нових технологій та технічних засобів має наразі більші можливості для отримання достеменного процесу лікування, але наразі є відсутнім фізико-математичне обґрунтування впливу лікувальних засобів на біотехнічний об'єкт (БТО) та дослідження можливих критичних ситуацій, що виникають за умови їх взаємодії [1 - 5]. Подібними подразниками можуть бути медичне обладнання, його вихідні випромінювання, а також лікарські засоби, зокрема фармакологічні, які застосовують або окремо, або сумісно із впливом медичних приладів. Тому загальна проблема полягає у вирі-