

Резюме. В статье представлены результаты радиофосфорной диагностики поверхностно расположенных опухолей. Рассчитаны показатели диагностической информативности. Чувствительность радиофосфорной диагностики — 77,3 %, специфичность — 82,2 %, точность — 80,8 %. Приведены источники ошибок.

Ключевые слова: радиофосфорная диагностика, радиометрия, опухоли, меланомы.

Summary. The article presents the results of ^{32}P diagnostics of surface tumors. The diagnostic informativity indices were calculated. The diagnostic sensitivity is 77,3 %, specificity — 82,2 %, accuracy — 80,8 %. The sources of errors are presented.

Keywords: diagnosis with ^{32}P , radiometry, tumors, melanoma.

УДК: 616.61-002.3-053.2

М. О. НИКОЛОВ^{1,2}, Д. О. СУПРУНЮК¹

А. Л. КАМІНСЬКА³, В. Б. ЧИЖЕВСЬКИЙ¹

А. В. МАКАРЕНКО³

¹Національний технічний університет України «КПІ», Київ

²Державний університет телекомунікацій, Київ

³Київська міська клінічна лікарня №14

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ КІЛЬКОСТІ ФУНКЦІОНУЮЧОЇ ПАРЕНХІМИ НИРОК ЗА ДАНИМИ НЕФРОСЦИНТИГРАФІЇ З $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ДМСО

COMPUTER ANALYSIS OF THE AMOUNT FUNCTIONING RENAL PARENCHYMA ACCORDING SCINTIGRAPHY WITH $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA

Одним із інформативних і перспективних методів дослідження морфофункціонального стану нирок у дітей та дорослих є нефросцинтиграфія з $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ДМСО (димеркаптосукцинатоцетом) [1, 2]. Цей препарат має високий рівень кортикальної фіксації в нирках за рахунок системи активних сульфгідрильних ферментів епітеліальних клітин проксимальних каналців і низької екскреції радіофармпрепарату (РФП) з сечею, що дозволяє чітко візуалізувати границю коркового шару нирок [3, 4]. Функціональний стан паренхіми нирок оцінюється на основі відсотка включення $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ДМСО в нирки, морфологічні зміни — шляхом аналізу просторового розподілу препарату і визначення ділянок гіпофіксації РФП. Особливе значення скінтиграфії з $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ДМСО надається при моніторингових дослідженнях. При цьому звертають увагу на появу нових осередків гіпофіксації РФП, які тлумачать як ділянки склерозу ниркової паренхіми. Вважається, що такі зміни необоротні. Проте на практиці часто відзначається зміна просторового розподілу РФП та розташування осередкових змін. Тобто кількість і розміри осередків запалення можуть не тільки збільшуватись, але й зменшуватись, а деякі осередки — зовсім зникати, що можуть розцінювати як локальні зміни функціонального стану паренхіми. Для об'єктивної

оцінки таких процесів потрібно розрахувати відсоток включень РФП у патологічні ділянки, оцінити форми та кількість осередків. Однак програмне забезпечення, реалізоване на гамма-камерах, дозволяє лише візуально оцінити розподіл РФП в нирках, тобто виконати якісну оцінку. Крім того, існуюча класифікація ступеня ураження нирок [5, 6], заснована на бальній оцінці, досить груба й не завжди дозволяє відслідковувати динаміку структурно-функціональних змін.

Основна технічна проблема вирішення даних завдань — розробка алгоритмів сегментації зображення [7]. Незважаючи на велику кількість алгоритмів сегментації зображень, описаних в літературі, проблема залишається актуальною. Відсутність позитивних результатів роботи алгоритмів сегментації пов'язана насамперед з великою шумовою складовою скінтиграфічних зображень, порівнянню з корисним сигналом. Застосування ж методів попередньої фільтрації зображень часто призводить до того, що дефекти накопичення РФП зникають. Інша причина некоректності існуючих алгоритмів сегментації полягає в тому, що границя склеротичних осередків у паренхімі нирок є нечіткою, розмитою, дифузною. Особливо це спостерігається у пацієнтів зі значним зниженням інтегральної функціональної активності нирок. Це спричиняє необхідність відмови від чіткого визначення кількості змін осередків запалення в паренхімі

© М. О. Ніколов, Д. О. Супрунюк, А. Л. Камінська, В. Б. Чижевський, А. В. Макаренко, 2014

нирок і переходу до нечіткої логіки [8], тобто визначення верхньої, нижньої границі ураження паренхіми нирок та найбільш вірогідне значення відповідних кількісних критеріїв.

Мета роботи — визначення інформативності оцінки осередкових змін у паренхімі нирок як нечіткої множини за даними нефросцинтиграфії з ^{99m}Tc -ДМСО.

Матеріали та методи. Було проаналізовано результати нефросцинтиграфії з ^{99m}Tc -ДМСО 15 дітей віком 5–12 років, з верифікованими діагнозами: хронічний та гострий пієлонефрит, міхурово-сечовідний рефлюкс, дисплазія, гіпоплазія нирки, артеріальна гіпертензія. Хворі лікувались у нефрологічному відділенні ДКЛ № 7 Києва. Моніторингові скінцинтиграфічні дослідження проводились протягом 1–5 років.

Дослідження виконували на гамма-камері ОФЕКТ-1 (Україна) через 150 хвилин після введення ^{99m}Tc -ДМСО. Матриця збору даних — 512×512 пікселів.

Алгоритми сегментації. Для оцінки верхньої та нижньої границі ураження паренхіми нирок і найімовірнішого значення параметрів, що характеризують осередкові зміни, було розроблено три відповідних окремих алгоритми. Результатом їх роботи були два кількісні критерії оцінки осередкових змін нирок:

– площа ділянок осередкових змін на планарному зображенні нирок (S):

$$S = S_{oc} / S_{zi} \times 100 \%,$$

де S_{oc} — площа осередкових змін у паренхімі нирок, S_{zi} — площа зони інтересу всієї нирки;

– кількість нефункціонуючої паренхіми за рахунок осередкових змін (E):

$$E = (A_{id} - A_{oc}) / A_{id} \times 100 \%,$$

де A_{id} — ідеалізоване значення радіоактивності в нирці, A_{oc} — значення радіоактивності в проекції осередку за результатами сегментації.

Ідеалізоване значення A_{id} визначали на основі фантомного зображення нирок, виходячи з уявлень про нормальний просторовий розподіл ^{99m}Tc -ДМСО. Дані про нормальний, ідеалізований розподіл РФП у нирках були отримані при аналізі зображень нирок понад 100 хворих. Частково деякі особливості цього розподілу опубліковано в [9].

Оцінка верхньої границі ураження нирок проводилась шляхом розрахунку різниці реального та ідеалізованого зображень нирки.

Нижня границя ураження визначалась за рахунок пошуку на згладженому реальному зображенні нирки медіальним фільтром третього порядку ділянок локальних мінімумів («зон увігнутості») просторового розподілу РФП.

«Середнє» значення параметрів осередкових змін визначалось на основі зміни контуру нирки при варіації відсотка відсічки тканинного фону.

Реалізація алгоритмів була виконана в програмному середовищі Matlab 7.0.

Результати та їх обговорення. На рисунку 1 наведено приклад роботи розробленого програмного забезпечення сегментації зображення нирок з ^{99m}Tc -ДМСО.

Приклади результатів оцінки ураження паренхіми нирок за рахунок осередкових змін наведено

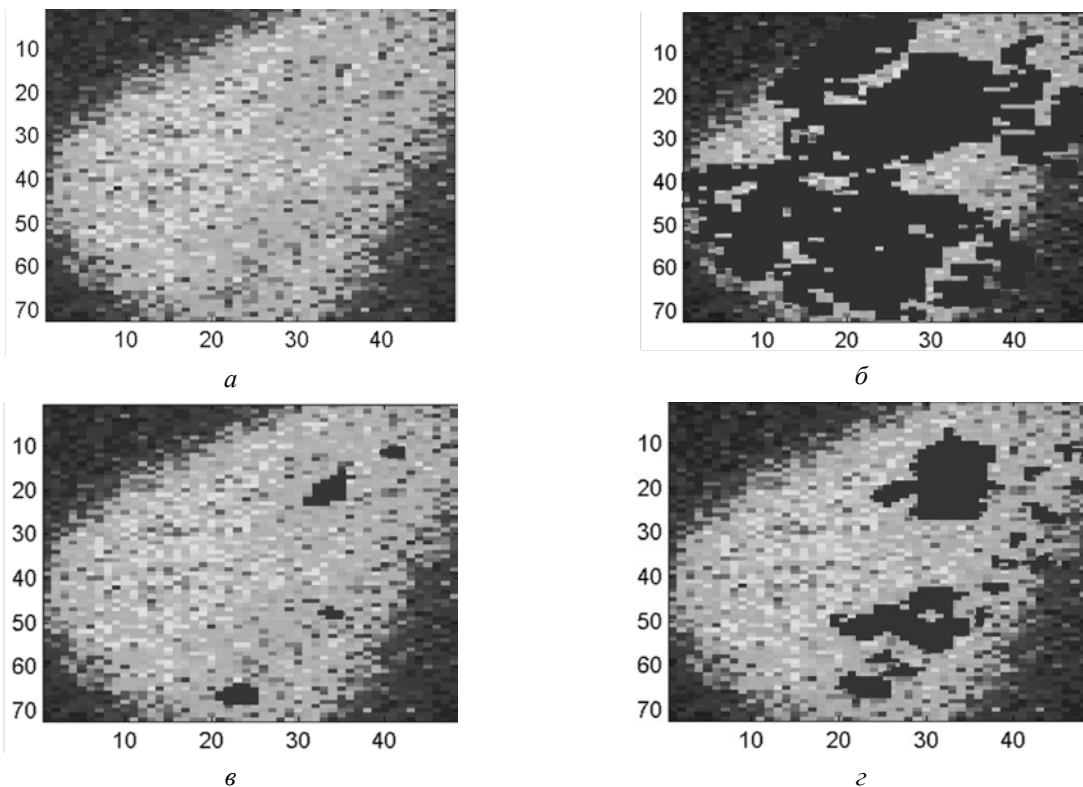


Рис. 1. Приклад результатів сегментації площі осередкових змін у паренхімі нирки:

a — вихідне зображення, *б* — оцінка верхньої границі ураження; *в* — нижньої границі; *г* — «середня» оцінка

Результати оцінки осередкового ураження паренхіми нирок

Номер хворого	Нирка	Первинне дослідження							Вторинне дослідження						
		P, %	Нижня границя		«Середня» оцінка		Верхня границя		P, %	Нижня границя		«Середня» оцінка		Верхня границя	
			S, %	E, %	S, %	E, %	S, %	E, %		S, %	E, %	S, %	E, %	S, %	E, %
1	Ліва	8,5	4,2	1,6	23,1	5,4	90,1	13,1	5,8	0,3	0,05	10,6	1,2	60,8	4,8
	Права	10	5,0	1,5	22,2	5,9	90,7	16,5	5,0	1,8	0,5	6,5	1,4	83,4	8,7
2	Ліва	5,3	0,4	0,1	10,0	0,8	90,4	6,7	3,0	0,5	0,1	11,0	1,3	77,9	8,6
	Права	8,6	0,4	0,1	3,0	0,4	26,5	2,8	4,9	0,5	0,1	5,7	1,0	63,8	7,0
3	Ліва	3,6	0	0	5,3	1,0	78,8	12,3	3,2	0,6	0,1	10,5	1,9	83,6	8,9
	Права	2,5	0	0	2,3	4,1	87,0	11,0	3,4	1,4	0,4	7,4	1,4	80,3	8,0
4	Ліва	4,5	0,3	6,3	6,7	0,8	74,5	9,8	5,9	1,2	0,3	16,3	2,5	79,5	8,1
	Права	2,1	0	0	3,9	0,6	83,6	7,1	4,0	2,8	1,1	23,7	5,4	69,1	5,9
5	Ліва	4,8	0	0	7,6	0,8	52,1	6,2	4,0	0,5	0,1	12,7	1,9	56,4	6,4
	Права	6,4	0	0	3,0	0,3	39,6	1,2	5,0	2,4	0,6	9,7	1,8	50,3	4,1
6	Ліва	9,6	0	0	8,6	1,0	56,6	6,6	4,7	2,4	0,8	16,8	3,9	80,7	11,8
	Права	8,7	0,4	0,1	4,4	0,8	44,0	4,2	4,9	1,5	0,3	8,7	1,5	51,3	3,8
7	Ліва	1,04	0	0	1,4	1,9	63,8	8,1	1,2	0	0	14,6	3,3	78,6	4,0
	Права	9,95	0,7	0,6	9,1	1,4	50,6	5,5	11,2	0,8	0,1	6,8	0,5	34,0	2,2
8	Ліва	18,1	1,4	6,9	8,0	0,5	9,8	1,2	2,8	2,8	0,8	15,2	2,1	67,2	6,3
	Права														
9	Ліва	5,5	0	0	1,2	1,7	62,2	6,8	10,4	2,4	0,5	18,9	1,7	37,4	5,5
	Права	4,3	0	0	7,2	1,1	63,3	8,2	5,7	0,8	0,1	6,7	0,8	40,4	3,1
10	Ліва	6,3	1,3	0,3	1,9	3,1	61,2	8,2	4,1	3,0	0,6	17,5	2,5	61,5	9,4
	Права	6,2	0,2	0,02	11,7	1,8	57,0	5,1	4,9	2,6	0,6	14,5	2,4	71,8	6,4
11	Ліва	6,4	0	0	5,0	0,7	40,1	4,0	6,5	0	0	6,8	1,0	34,8	4,8
	Права	9,5	0	0	1,9	0,3	28,7	3,3	11,2	0	0	8,8	1,7	58,1	4,2
12	Ліва														
	Права	5,4	0	0	4,1	0,8	73,0	5,7	3,8	1,4	0,4	10,4	2,2	80,0	7,8
13	Ліва	3,4	3,7	1,0	23,0	5,5	66,5	11,9	3,7	7,3	1,9	24,2	5,2	68,9	9,8
	Права	3,5	3,2	0,8	12,8	2,9	72,3	8,8	3,5	2,6	0,4	17,1	2,4	59,2	4,7
14	Ліва	6,4	4,1	0,5	15,9	1,1	34,9	1,9	1,6	3,7	0,6	21,1	2,3	56,2	3,1
	Права	5,4	1,5	0,4	12,1	2,3	50,1	4,7	1,4	1,5	0,5	9,9	2,5	89,3	7,5
15	Ліва	6,1	6,0	1,4	28,2	4,7	61,4	7,7	5,0	2,1	0,6	21,4	5,3	75,1	11,6
	Права	6,3	1,8	0,2	12,1	1,8	44,6	3,5	4,5	1,8	0,4	8,3	1,9	80,6	9,6

в таблиці, де P — відсоток включення РФП в нирку на 150 хвилині після введення РФП.

Аналіз наведених даних показує, що в середньому площа ураження збільшилась на 0,5, 3,8 і 6,3 % відповідно до нижньої, середньої та верхньої оцінок; кількість функціонуючої паренхіми змінювалась не більше ніж на 0,5 %. Однак індивідуальний аналіз свідчить, що площа ураження може зменшитись на 4–30 %, а кількість функціонуючої паренхіми збільшитись на 4,5–8,5 %. При цьому всі три оцінки ступеня ураження, як правило, мають односпрямовану динаміку. За критерієм S нижня границя та «середня» оцінка корелюють між собою зі значенням 0,7; верхня границя корелює з «середньою» оцінкою за критерієм кількості ураженої паренхіми зі значення 0,5. Інші взаємні кореляції між критеріями S та E прямують до 0. Це свідчить, що різні оцінки є незалежними й доповнюють одна одну за інформативністю.

Висновки. При оцінці ступеня ураження паренхіми нирок за даними ^{99m}Tc -ДМСО чітке визначення кількості осередкових змін має спекулятивний характер. Тому таку оцінку доцільно визначати як нечітку множину й встановлювати нижню, верхню границі ураження та «середню» оцінку.

Пілотні дослідження ефективності роботи розроблених алгоритмів сегментації сцинтиграфічних зображень нирок свідчать про їх достатню інформативність. Низькі значення взаємного коефіцієнта кореляції між різними алгоритмами оцінки ступеня ураження паренхіми свідчать про їх незалежність і необхідність застосування одразу трьох методів для розрахунку нижньої, верхньої границі та «середньої» оцінки.

На основі кількісного аналізу функціонального стану нирок показано, що при вдалому лікуванні можна очікувати зменшення зони осередкових уражень до 6 % за площею та до 30–50 % за кількістю функціонуючої паренхіми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Effects of background subtraction on differential kidney function measured by static scintigraphy with DMSA and dynamic scintigraphy with MAG3* / N. Giroto, A. Smokvina, S. Grbac Ivankovich, V. Licul // *Nuklearmedizin*. — 2008. — Vol. 47, N 1. — P. 43–47.
2. *Quantitative analysis of ^{99m}Tc-DMSA during acute pyelonephritis for prediction of long-term renal scarring* / A. Hitzel, A. Liard, J. N. Dacher et al. // *J. Nucl. Med.* — 2004. — Vol. 45, N 2. — P. 285–289.
3. *Imaging studies after a first febrile urinary tract infection in young children* / A. Hoberman, M. Charron, R.W. Hickey et al. // *N. Engl. J. Med.* — 2003. — Vol. 16. — P. 195–202.
4. *Acute renal cortical scintigraphy in children with a first urinary tract infection* / A. Biggi, L. Dardanelli, G. Pomerio et al. // *Pediatr. Nephrol.* — 2001. — Vol. 16, N 9. — P. 733–738.
5. *Itoh K. Qualitative and quantitative evaluation of renal parenchymal damage by ^{99m}Tc-DMSA planar and SPECT scintigraphy* / Itoh K., Yamashita T., Tsukamoto E. et al. // *Ann. Nucl. Med.* — 1995. — N 1. — P.23–28.
6. *Кундин В. Ю. Основные сцинтиграфические параметры оценки структурно-функционального состояния почек* / В. Ю. Кундин. — Режим доступа: <http://radiolog.kiev.ua/nauchnye-trudy>.
7. *Landgren M. An Automated System for Analysis of Renal Scintigraphy Images* / M. Landgren, K. Sjuostrandyz, L. Edenbrandt // *Image Analysis. Lecture Notes in Computer Science.* — 2011. — Vol. 6688. — P. 489–500.
8. *Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств* / А. Кофман. — М. : Радио и связь, 1982. — 432 с.
9. *Nikolov N. A. Stochastic Properties of Nephroscintigraphic Images with ^{99m}Tc-DMSA* / N. A. Nikolov, D. A. Supruniuk, A. N. Smetaniuk // *Proceedings of the IEEE XXXIII International Scientific Conference «Electronics and Nanotechnology» (ELNANO-2013), april 16–19, 2013, Kiev, Ukraine.* — P. 246–250.

Резюме. Проаналізовано результати нефросцинтиграфії з ^{99m}Tc-ДМСО 15 пацієнтів. Показано, що доцільно ступінь ураження паренхіми нирок визначати як нечітку множину, тобто розраховувати нижню, верхню границі ураження та «середню» оцінку. Розроблені алгоритми сегментації сцинтиграфічних зображень нирок є інформативними, незалежними і потребують їх одночасного застосування.

Ключові слова: нефросцинтиграфія, інформативність, паренхіма нирок.

Резюме. Проанализированы результаты нефросцинтиграфии с ^{99m}Tc-ДМСА 15 пациентов. Показано, что целесообразно определять степень поражения паренхимы почек как нечеткое множество, то есть рассчитывать нижнюю, верхнюю границы поражения и «среднюю» оценку. Разработанные алгоритмы сегментации сцинтиграфических изображений почек являются информативными, независимыми, и требуется их одновременное использование.

Ключевые слова: нефросцинтиграфия, информативность, паренхима почек.

Summary. To assess the definition of informativeness focal changes in the renal parenchyma as a fuzzy set according kidney scan with ^{99m}Tc-DMSA.

The results of kidney scan of ^{99m}Tc-DMSA 15 patients. It is shown that it is advisable to determine the degree of damage to the renal parenchyma as a fuzzy set, ie count lower, upper limits of defeat and «average» rating. Segmentation algorithms developed scintigraphic imaging of the kidneys are informative, independent and requires their simultaneous use.

Keywords: static renal radionuclide imaging, informativeness, kidneys parenchyma.