

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.3.2023.285-302>
УДК: 616.008:616.61-006.6



Переваги багатоцільової сцинтиграфії в діагностиці раку нирки

Ткаченко М.М.¹, <https://orcid.org/0000-0003-4210-1566>, e-mail: mtkachenkodeprmm@gmail.com
Романенко Г.О.¹, <https://orcid.org/0000-0001-9527-4925>, e-mail: Ganusya96@gmail.com
Миронова О.В.¹, <https://orcid.org/0000-0003-1444-6858>, e-mail: mironovarad@gmail.com
Мазур А.Г.¹, <https://orcid.org/0000-0001-5435-9105>, e-mail: anastasiya.mazur@gmail.com
Макаренко А.В.², <https://orcid.org/0009-0001-4627-5101>, e-mail: Makarenko_Anatoly@ukr.net
Горяїнова Н.В.³, <https://orcid.org/0000-0003-2123-4140>, e-mail: Goryainovan@gmail.com

¹Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
Міністерства охорони здоров'я України, Київ, Україна.

²Комунальне некомерційне підприємство
«Київська міська клінічна лікарня № 18», Київ, Україна

³Державна установа «Інститут гематології та трансфузіології
Національної академії медичних наук України», Київ, Україна

Advantages of multi-target scintigraphy in the diagnosis of kidney cancer

Tkachenko M.M.¹, <https://orcid.org/0000-0003-4210-1566>, e-mail: mtkachenkodeprmm@gmail.com
Romanenko H.O.¹, <https://orcid.org/0000-0001-9527-4925>, e-mail: Ganusya96@gmail.com
Mironova O.V.¹, <https://orcid.org/0000-0003-1444-6858>, e-mail: mironovarad@gmail.com
Mazur A.G.¹, <https://orcid.org/0000-0001-5435-9105>, e-mail: anastasiya.mazur@gmail.com
Makarenko A.V.², <https://orcid.org/0009-0001-4627-5101>, e-mail: Makarenko_Anatoly@ukr.net
Goryainova N.V.³, <https://orcid.org/0000-0003-2123-4140>, e-mail: Goryainovan@gmail.com

¹Bogomolets National Medical University
of the Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

²Communal non-commercial company
«Kyiv City Clinical Hospital No. 18», Kyiv, Ukraine

³State organization «Institute of Hematology and Transfusion
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Ключові слова:

карцинома нирки, кістки, нирки, метастази, остеосцинтиграфія, багатоцільова сцинтиграфія, ^{99m}Tc-MDP, динамічна реносцинтиграфія.

Для кореспонденції:

Миронова Олена Валеріївна
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця Міністерства охорони здоров'я України, кафедра радіології та радіаційної медицини; просп. Перемоги, буд. 34, м. Київ, Україна, 03186;
e-mail: mironovarad@gmail.com

© Ткаченко М.М., Романенко Г.О.,
Миронова О.В., Мазур А.Г.,
Макаренко А.В., Горяїнова Н.В., 2023

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Останнім часом відзначається зростання захворюваності на рак нирки (РН), що пояснюється не тільки поліпшенням діагностики новоутворень, а й істинним зростанням захворюваності на нирковоклітинний рак. Вищенаведене зумовило потребу поглибленого вивчення та вирішення наступної проблеми: довести перевагу багатоцільової сцинтиграфії для оцінки функціонального стану нирок при встановленні діагнозу РН та раннього виявлення вторинного ураження скелета, у період початкового повного обстеження хворого і в моніторингу захворювання.

Мета роботи – вперше оцінити діагностичну значущість багатоцільового сцинтиграфічного дослідження радіофармацевтичним препаратом з нефрота остеотропною кінетикою, у вигляді послідовної комбінації динамічної реносцинтиграфії та остеосцинтиграфії (як одного діагностичного дослідження) у ранньому виявленні вторинного ураження кісток скелета і одночасному визначенні функціональної здатності нирок у передлікувальному періоді і в моніторингу перебігу раку нирки.

Матеріали та методи. Проводилась динамічна реносцинтиграфія і наступна через 3 години остеосцинтиграфія з ^{99m}Tc-methylenediphosphonic acid (^{99m}Tc-MDP) (активність 370–740 МБк), на гамма-камері ОФЕКТ-1 «АМКРІС-ЕЙЧ Лімітед» (Українсько-Американське підприємство), з комп'ютерним забезпеченням «Spect Work» (Україна) на базі кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця у відділенні радіонуклідної діагностики Комунального некомерційного підприємства «Київська міська клінічна лікарня №18». Було обстежено 20 хворих з морфологічно встановленим діагнозом рак нирки, до встановлення повного діагнозу за TNMx, віком від 38 до 68 років. Як групи порівняння були обстежені 8 хворих з УЗД-підтвердженим кістозним ураженням нирок.

Результати та їх обговорення. Застосування радіофармацевтичного препарату з нефро- і остеотропною кінетикою, у вигляді послідовної комбінації динамічної реносцинтиграфії і остеосцинтиграфії (у вигляді одного діагностичного дослідження) дозволили оцінити ступінь порушення фільтраційно-екскреторної здатності нирок незалежно від походження об'ємного процесу. Показники динамічної реносцинтиграфії з ^{99m}Tc -MDP дозволяли оцінити функціональну здатність нирок не гірше за специфічні нефротропні препарати, при послідовно наданій можливості визначення вторинного ураження кісток при остеосцинтиграфії. Було визначено показники, які вказували на розвиток процесу компенсації і подальших декомпенсаторних процесів контралатеральної нирки, що особливо було помітно при аналізі асиметрії включення РФП у функціонуючу паренхіму нирок, залежно від ступеня прогресування процесу. Під час остеосцинтиграфії (ОСГ) 20 хворих на рак нирки для визначення повного діагнозу за TNM, були виявлені такі зміни: наявність нерівномірно-вогнищевого розподілу радіофармацевтичного препарату у 17,8% і множино-вогнищевого – у 7,1% випадків.

Висновки. При злоякісному процесі в нирці проведення багатоцільової сцинтиграфії з ^{99m}Tc -MDP (фосфатами) дозволяє оцінити функціональну здатність нирок і наявність вторинного ураження кісток за одне дослідження. Крім зниження променевого навантаження на пацієнта (одне дослідження замість двох) несе і певну економічну вигідність.

Для цитування:

Ткаченко М.М., Романенко Г.О., Миронова О.В., Мазур А.Г., Макаренко А.В., Горяїнова Н.В. Переваги багатоцільової сцинтиграфії в діагностиці раку нирки. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2023. Т. 31. № 3. С. 285–302. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.3.2023.285-302>

Key words:

kidney carcinoma, bones, kidneys, metastases, osteoscintigraphy, multi-target scintigraphy, ^{99m}Tc -MDP, dynamic renal scintigraphy.

For correspondence:

Mironova Olena Valeriivna
Bogomolets National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Department of Radiology and Radiation Medicine;
34, Peremohy Ave., Kyiv, Ukraine, 03186;
e-mail: drhoncharova@gmail.com

© Tkachenko M.M., Romanenko G.O., Myronova O.V., Mazur A.G., Makarenko A.V., Goryainova N.V., 2023

ABSTRACT

Background. There has been a recent increase in the incidence of kidney cancer, which is explained not only by the improvement in the diagnosis of neoplasms but also by a true increase in the incidence of renal cell cancer. This led to the need for in-depth study and solution of the following problem: to prove the benefits of multi-target scintigraphy for the assessment of the functional capacity of kidneys in establishing the diagnosis of kidney cancer and early detection of secondary lesion of the skeleton during the primary full examination of the patient, as well as in monitoring of the disease.

Purpose. For the first time to prove diagnostic significance of a multi-target scintigraphic examination with a radiopharmaceutical drug with renal and osteotropic kinetics, in the form of a sequential combination of dynamic renal scintigraphy and osteoscintigraphy (as one diagnostic examination) in the early detection of secondary lesion of the bones of the skeleton and simultaneous determination of the functional capacity of kidneys in the pre-treatment period and in monitoring of the course of kidney cancer.

Materials and methods. Dynamic renal scintigraphy and subsequent (within the next 3 hours) osteoscintigraphy with ^{99m}Tc -methylendiphosphonic acid (^{99m}Tc -MDP) (activity of 370–740 MBq) were performed on the SPECT-1 gamma camera «AMCRIS-H Limited» (Ukrainian-American enterprise) with computer software «Spect Work» (Ukraine) at the premises of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University in the Department of Radionuclide Diagnostics of communal non-commercial enterprise «Kyiv City Clinical Hospital No.18». 20 patients with a morphologically established diagnosis of kidney cancer, aged from 38 to 68 years, were examined before the full diagnosis was established according to TNMx. As a control group, 8 patients with ultrasonography-confirmed cystic lesions of the kidneys were examined.

Results. Using a radiopharmaceutical drug with renal and osteotropic kinetics in the form of a simultaneous sequential combination of dynamic renal scintigraphy and osteoscintigraphy (as one diagnostic examination) allowed us to assess the degree of deterioration of the filtering and excretory capacity of the kidneys regardless of the origin of the expansive process. The results of dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc -MDP made it possible to assess functional capacity of the kidneys no worse than specific renal imaging agents in subsequently given possibility to determine secondary lesion of the bones of the skeleton in osteoscintigraphy. We established indicators of development of renal compensation process and subsequent decompensation process of the contralateral kidney. It was especially noticeable when analyzing the asymmetry of the fixation of the radiopharmaceutical in the functioning kidney parenchyma, depending on the degree of the disease progression.

20 patients with kidney cancer underwent osteoscintigraphy for the complete diagnosis to be established according to TNM. The following changes were detected: the presence of heterogeneous focal (17,8% of the cases) and multifocal (7,1% of the cases) distribution of the radiopharmaceutical.

Conclusions. Performing a multi-target scintigraphy with ^{99m}Tc -MDP (phosphates) in malignant process in the kidney allows the functional capacity of the kidneys and the presence of the secondary lesion of the bones to be assessed in one examination. Besides reducing radiation burden on the patient (one examination instead of two), it is also economically beneficial.

For citation:

Tkachenko MM, Romanenko GO, Myronova OV, Mazur AG, Makarenko AV, Goryainova NV. Advantages of multi-target scintigraphy in the diagnosis of kidney cancer. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2023;31(3):285–302. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.3.2023.285-302>

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Робота є фрагментом планової науково-дослідної роботи кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця «Значення остеосцинтиграфії при виявленні метастатичного ураження кісток скелета при встановленні діагнозу карцинома нирки і як спостереження на післялікувальному етапі», номер державної реєстрації: 0121U108287, ініціативно-пошукова, термін виконання: 2021–2023 рр., керівник – завідувач кафедри радіології та радіаційної медицини, доктор медичних наук, професор М.М. Ткаченко. Відповідальний виконавець – доцент кафедри радіології та радіаційної медицини, кандидат медичних наук Г.О. Романенко.

Relationship with academic programs, plans and themes

The work is a fragment of the planned research project of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine «The role of osteoscintigraphy in detecting metastatic lesion of the bones of the skeleton in establishing the diagnosis of kidney carcinoma and as observation in post-treatment period», state registration number: 0121U108287, initiative research, period for performance: 2021–2023, led by Head of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University, Doctor of Medical Sciences, Professor M.M. Tkachenko. Responsible performer – Associate Professor of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University, Candidate of Medical Sciences H.O. Romanenko.

ВСТУП

Останнім часом відзначається зростання захворюваності на рак нирки (РН), що пояснюється не тільки поліпшенням діагностики новоутворень, а й істинним зростанням захворюваності на нирково-клітинний рак. Незважаючи на прогрес у діагностиці та лікуванні, впродовж першого року після встановлення діагнозу в Україні помирає кожен третій хворий (у 2005 р. з кількості осіб, які вперше захворіли, не прожили одного року – 31,6%) [1, 2].

Несприятливими факторами для своєчасного діагностування захворювання можуть бути довгий асимптомний період або невизначеність проявів [3]. Загальноприйнята класифікація РН проводиться за стандартними принципами: виділяють I–IV стадії, які відповідають показникам за системою TNM [3, 4]. Метастатичне ураження кісток виявляються у 25% пацієнтів на момент встановлення діагнозу. Виживаність даних хворих становить від 6 до 12 місяців, і лише 10% живуть 2 роки і більше [4, 5]. Приблизно у 30–50% хворих, у різні строки після нефректомії, з'являються метакронні метастази [6, 7]. При цьому метастатичне ураження не можна виключати через досить тривалий час (десятьки років) після нефректомії, що вимагає довгий та періодичний моніторинг відповідних хворих [6–8]. Крім того, не можливо виключати й онкологічні ускладнення і в самій сечовидільній системі, зокрема, наприклад, метастазування у сечовий міхур [9].

Тому на сьогоднішній день з метою діагностики вторинного ураження кісткової системи при раку

INTRODUCTION

There has been a recent increase in the incidence of kidney cancer, which is explained not only by the improvement in the diagnosis of neoplasms but also by a true increase in the incidence of renal cell cancer. Despite the progress in diagnostics and treatment, every third patient in Ukraine dies within the first year after the establishment of the diagnosis (in 2005, 31,6% of patients who fell ill for the first time did not survive for a year) [1, 2].

The unfavorable factors for timely diagnosis of this disease can be a long asymptomatic period or uncertainty of symptoms [3]. The generally accepted classification of kidney cancer is done according to standard principles: there are four stages (I–IV) that correspond to parameters of the TNM system [3, 4]. Metastatic bone lesion is detected in 25% of patients at the moment of diagnosis establishment. The survival of these patients ranges from 6 to 12 months, only 10% of them live for 2 years and more [4, 5]. In about 30–50% of patients, metachronous metastases develop within different timeframes after nephrectomy [6, 7]. Moreover, metastatic lesion cannot be excluded even decades after nephrectomy, therefore long and periodical monitoring of the patients is required [6–8]. Besides, one cannot exclude oncological complications in the urinary system, for example, metastasis to the bladder [9].

Thus, protocol osteoscintigraphy is presently used in clinical practice for the purpose of diagnosing secondary lesion of the skeletal system in kidney cancer [10].

нирок у клінічній практиці протокольнo застосовують метод остеосцинтиграфії (ОСГ) [10]. Використовуючи здатність кісткової тканини фіксувати остеотропні фосфатні сполуки при деструктивних змінах пропорційно інтенсивності метаболічного процесу, ОСГ вже досить давно є одним з основних методів дослідження опорно-рухової системи для виявлення первинного і вторинного ураження кісткової системи. В той же час не можна вважати, що в науковому плані методики ОСГ вичерпані [11–13]. Своєчасне проведення ОСГ надає можливість виявлення ділянок підвищеного метаболізму в кістках на ранніх стадіях їх виникнення, практично за півроку до їх прояву на рентгенограмах, при проведенні томографічного дослідження певних зон ураження для уточнення локалізації, визначення поширеності і активності вторинного процесу. Крім того, оцінка кінетики остеотропних радіофармацевтичних препаратів (РФП) у метастатичних новоутвореннях в кістках дозволяє оцінити не тільки ефективність хіміотерапії, що проводиться, але й на основі кінетики РФП надати прогноз ефективності хіміотерапії при плануванні [13]. Ці переваги можна використовувати для контролю перебігу захворювання та ефективності лікування пацієнтів з метастатичним ураженням, зокрема у випадках, коли діагностика за допомогою рентгенографії, КТ та МРТ обмежена (наприклад, наявність металевих фіксаторів) [14, 15].

Оскільки фосфатні РФП характеризуються нефротропною кінетикою, це дає можливість одночасно оцінювати і стан ниркової системи. Відомо, що динамічна реносцинтиграфія (ДРСГ) є одним з найінформативніших методів дослідження нирок і об'єднує переваги більш простих методик. Вона дозволяє визначити швидкість клубочкової фільтрації (ШКФ), ефективність ниркового плазматому, оцінити параметри секреторно-екскреторної здатності, оцінити ступінь порушення уродинаміки, визначити ознаки хронічного захворювання нирок, наявність рефлюксів та їх інтенсивність, візуалізувати ділянки склерозу, об'ємних утворів, тощо.

Враховуючи необхідність одночасного визначення наявності вторинного процесу в кістках і якості функціонування ушкодженої і контралатеральної нирки, нами запропоновано застосовувати РФП з унікальним подвійним механізмом кінетики для проведення багатотаргетного радіонуклідного дослідження нирок і кісток одночасно – ^{99m}Tc -MDP чи, в більш загальному випадку, ^{99m}Tc -фосфати (<https://www.polatom.pl/wp-content/uploads/2021/07/2018.04.12.-PoltechMDP-SPCh-1.pdf>). Після внутрішньовенного введення РФП швидко виводиться з крові і накопичуються, головним чином, в кістковій системі. Реакція іонного обміну призводить у результаті до його адсорбції кістковим матриксом. Це відбувається в неушкоджених кістках, але накопичення більш виражено в ділянках з підвищеним кровотоком і збільшеною остеогенною активністю (функцією остеобластів). Таким чином, ураження кістки (первинні пухлини, метастази, тріщини, переломи і вогнища запалення) мають більш високу спорідненість до ^{99m}Tc -MDP і краще візуалізуються. Значно менша його кількість зв'язується з білками плазми крові, що забезпечує низький рівень радіоактивності всього тіла. Для проведення поетапної багатотаргетної скintiграфії важливий такий фактор – незв'язаний в кістковому мозку ^{99m}Tc -MDP виводиться з сечею.

Using the ability of the bone tissue to fixate osteotropic phosphate compounds in destructive changes proportionally to intensity of a metabolic process, osteoscintigraphy has been one of the main diagnostic techniques for detecting primary and secondary lesions of the skeletal system for quite a while. At the same time, it would be wrong to say that the methods of osteoscintigraphy are scientifically exhausted [11–13]. Timely conducted osteoscintigraphy makes it possible to detect areas of elevated metabolism in bones at early stages of their formation, approximately 6 months before their manifestation on X-ray images, perform a tomographic examination of certain lesion areas to specify localization, advancement, and activity of the secondary process. In addition, the assessment of kinetics of osteotropic radiopharmaceuticals in metastatic neoplasms in bones allows not only the effectiveness of performed chemotherapy to be estimated but also the prognosis of such effectiveness to be assessed based on the kinetics of the radiopharmaceutical at the stage of planning [13]. These benefits can be used to control the course of the disease and effectiveness of the treatment of patients with metastasis, including cases when X-ray, CT, and MRI diagnostics are restricted (for instance, the presence of metal fixators) [14, 15].

At the same time, phosphate radiopharmaceuticals are characterized by nephrotropic kinetics, which makes it possible to assess the condition of kidney system simultaneously. It is known that dynamic renal scintigraphy is one of the most informative methods of kidney examination and combines advantages of more simple methods. It allows glomerular filtration rate (GFR) and effectiveness of renal plasma flow to be measured, parameters of secretory and excretory ability and degree of urodynamics impairment to be assessed, the signs of the chronic kidney disease, the presence of refluxes and their intensity to be determined, the areas of sclerosis and mass lesions to be visualized.

Taking into account the necessity for simultaneous determination of the presence of secondary lesion in bones and the quality of function of damaged and contralateral kidney, we propose to use a radiopharmaceutical with unique double kinetics mechanism for performing a multi-target radionuclide examination of kidneys and bones simultaneously – ^{99m}Tc -MDP or, more generally, ^{99m}Tc -phosphates (<https://www.polatom.pl/wp-content/uploads/2021/07/2018.04.12.-PoltechMDP-SPCh-1.pdf>). After intravenous administration, the radiopharmaceutical is excreted from blood quickly and accumulates primarily in the skeletal system. The reaction of ion exchange results in its adsorption by bone matrix. It occurs in non-damaged bones, but accumulation is more expressed in areas with elevated blood flow and increased osteogenic activity (function of osteoblasts). Thus, bone lesions (primary tumors, metastases, fissures, fractures, and inflammation sites) are more closely related to ^{99m}Tc -MDP and visualize better. A significantly smaller amount of this drug binds to proteins of blood plasma, thus providing low radioactivity level of the whole body. One factor is important for performing multi-target step-by-step scintigraphy: unbound ^{99m}Tc -MDP in bone marrow is excreted with urine. After intravenous administration ^{99m}Tc -MDP is eliminated out of the blood flow in 3 phases: rapid excretion phase, $T_{1/2} = 3,5$ min; medium excretion phase

Після внутрішньовенного введення ^{99m}Tc -MDP елінується з кровотоку за 3 етапи: фаза швидкого виведення – $T_{1/2} = 3,5$ хв; фаза помірного виведення – $T_{1/2} = 27$ хв; фаза повільного виведення – $T_{1/2} = 144$ хв. Під час фази швидкого виведення ^{99m}Tc -MDP виводиться з кровотоку в позасудинний простір. Фаза помірного виведення еквівалентна процесу поглинання препарату в кістках. Під час фази повільного виведення відбувається дисоціація ^{99m}Tc -MDP, пов'язаного з білками плазми. Через 1–2 години після введення поглинання препарату в кістках досягає максимального рівня і залишається постійним протягом наступних 60 год. Найбільша активність в нирках виявляється протягом 20 хв після введення. Враховуючи такий механізм, є доцільним провести в цей час динамічну реносцинтиграфію. При нормальній функції нирок 32% загальної активності введеної дози препарату піддається фільтрації, 47%, що включилась до ниркової фільтрації, виводиться з сечею через 2 години після введення, 60% – через 6 годин після введення. Рівень активності, що виявляються в печінці і кишечнику, незначний (<https://www.polatom.pl/wp-content/uploads/2021/07/2018.04.12.-PoltechMDP-SPCh-1.pdf>).

Застосування багатоцільового радіонуклідного дослідження, де ДРСГ умовно можна розглядати як першу частину і остеосцинтиграфію, як другу, на сьогоднішній день вивчено недостатньо. І хоча сама ця ідея висловлювалась досить давно [16–18], безпосередньо ДРСГ під час проведення ОСГ фактично не проводять [15], у всякому разі значимої кількості публікацій на цю тему знайдено не було. Визначення функції ураженої і неушкодженої нирки до лікування, а також залишеної нирки після оперативного втручання, необхідно для призначення і корекції лікування таких хворих.

Вищенаведене зумовило потребу показати необхідність введення обов'язкової ДРСГ в протокол загального обстеження як багатоцільову сцинтиграфію (БЦСГ). На сьогодні ДРСГ застосовується як самостійний метод.

Мета роботи – дослідити діагностичну значущість багатоцільового сцинтиграфічного дослідження радіофармацевтичним препаратом з нефро- і остеотропною кінетикою, у вигляді послідовної комбінації динамічної реносцинтиграфії і остеосцинтиграфії (як одного діагностичного дослідження) у ранньому виявленні вторинного ураження кісток скелета і одночасному визначенні функціональної здатності нирок у передлікувальному періоді і при моніторингу перебігу раку нирки.

$T_{1/2} = 27$ min; slow excretion phase $T_{1/2} = 144$ min. During the rapid excretion phase, ^{99m}Tc -MDP is excreted from the blood flow to the extravascular compartment. Medium excretion phase is equivalent to drug absorption process in bones. During slow excretion phase, dissociation of ^{99m}Tc -MDP that is bound with plasma proteins takes place. 1–2 hours after administration, drug absorption in bones reaches maximal level and remains steady for the next 60 hours. The peak of activity through the kidneys is reached after approximately 20 minutes. Considering this mechanism, it is relevant to perform dynamic renal scintigraphy at this time. With normal renal function, around 32% of the total quantity of the administered dose undergoes filtration, 47% is excreted with urine within 2 hours after administration, 60% is excreted within 6 hours after administration. The quantity eliminated via liver and intestines is insignificant (<https://www.polatom.pl/wp-content/uploads/2021/07/2018.04.12.-PoltechMDP-SPCh-1.pdf>).

The use of multi-target radionuclide examination, in which dynamic renal scintigraphy can be considered as the first part and osteoscintigraphy – as the second, has not been studied sufficiently to this date. And although this idea was suggested a long time ago [16–18], renal scintigraphy is not actually performed with osteoscintigraphy, at least, we have not found a significant number of publications on this topic. Assessing the function of damaged and healthy kidneys before the treatment, and also the remaining kidney after the surgery, is necessary for prescribing and correcting treatment of such patients.

The abovementioned issues led to the necessity to show importance of implementing obligatory renal scintigraphy into the protocol of general examination as a multi-target scintigraphy. Presently, renal scintigraphy is used as an individual method.

Objective – to study diagnostic significance of a multi-target scintigraphic examination with a radiopharmaceutical drug with renal and osteotropic kinetics, in the form of a sequential combination of dynamic renal scintigraphy and osteoscintigraphy (as one diagnostic examination) in the early detection of secondary lesions of the bones of the skeleton and simultaneous determination of the functional capacity of kidneys in the pre-treatment period and in monitoring of the course of kidney cancer.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

MATERIALS AND METHODS

Сцинтиграфічні дослідження проводили на гамма-камері ОФЕКТ-1 «АМКРІС-ЕЙЧ Лімітед» (Українсько-Американське підприємство), з комп'ютерним забезпеченням «Spect Work» (Україна) на базі кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця у відділенні радіонуклідної діагностики Комунального некомерційного підприємства «Київська міська клінічна лікарня №18». Дослідження проводились в рамках науково-дослідної роботи за темою «Значення остеосцинтиграфії при виявленні мета-

Scintigraphic examinations were performed on the SPECT-1 gamma camera «AMCRIS-H Limited» (Ukrainian-American enterprise) with computer software «Spect Work» (Ukraine) at the premises of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University in the Department of Radionuclide Diagnostics of communal noncommercial enterprise «Kyiv City Clinical Hospital No. 18». The research was performed within the framework of the planned research project «The role of osteoscintigraphy in detecting metastatic lesion of

статичного ураження кісток скелета при встановленні діагнозу карцинома нирки і як спостереження на післялікувальному етапі» № держреєстрації 0121U108287.

В якості нефро- й остеотропного препарату використовували ^{99m}Tc-methylenediphosphonic acid (^{99m}Tc-MDP) активністю 370–740 МБк. Було обстежено 20 хворих з морфологічно встановленим діагнозом рак нирки, до встановлення повного діагнозу за TNMx, віком від 38 до 68 років. Серед них було 6 жінок (30,0%) та 14 чоловіків (70,0%). Відокремили групу пацієнтів (4 хворих) з саркомою нирки, 16 пацієнтів з нирково-клітинним раком, всі випадки – однобічне ураження. В якості групи порівняння були обстежені 8 хворих з УЗД-підтвердженим кістозним ураженням нирок, з них 4 пацієнти з однобічним ураженням і 4 – з двобічним. Розподіл хворих наведено в табл. 1.

the bones of the skeleton in establishing the diagnosis of kidney carcinoma and as observation in post-treatment period», state registration number: 0121U108287.

^{99m}Tc – methylenediphosphonic acid (^{99m}Tc-MDP) with activity of 370–740 MBq was used as a renal and osteotropic drug. 20 patients with a morphologically established diagnosis of kidney cancer, aged from 38 to 68 years, were examined before the full diagnosis was established according to TNMx. Among these patients, there were 6 women (30,0%) and 14 men (70,0%). The patients were divided into two groups: renal sarcoma group (4 patients) and renal cell cancer group (16 patients). All patients had unilateral lesion. As a control group, 8 patients with ultrasonography-confirmed cystic lesions of the kidneys were examined. Among these patients, four had unilateral lesion and the other four had bilateral lesion. The distribution of patients is given in Table 1.

Таблиця 1. Розподіл хворих
Table 1. Distribution of patients

Стать / Sex	Ниркова патологія / Kidney pathology						Всього / Total
	Нирково-клітинний рак / Renal cell cancer		Саркома нирки / Renal sarcoma		Кістозне ураження / Cystic lesion		
	кількість / number	%	кількість / number	%	кількість / number	%	
Жінки, вік 50–67 років (n = 9) Women aged from 50 to 67 years (n=9)	6	21,4	–	0	3	10,7	32,1%
Чоловіки, вік 38–68 років (n = 19) Men aged from 38 to 68 years (n=19)	10	35,7	4	14,3	5	17,9	67,9%
Всього / Total	16	57,1	4	14,3	8	28,6	100%

Комплексне сцинтиграфічне дослідження починали з динамічної реносцинтиграфії в горизонтальному положенні пацієнта безпосередньо після введення РФП. Детектор розташовувався під спиною пацієнта таким чином, щоб його серединна поздовжня вісь була паралельна хребту, а поперечна – знаходилась на рівні XII ребер. РФП вводився пацієнту внутрішньовенно, болюсно у кубітальну вену під джутом, швидко. Положення пацієнта подано на рис. 1. Таке болюсне введення РФП дозволяє на першій хвилині дослідження провести непряму реноангіографію (НРАГ): 1 кадр за 1 с.

The scintigraphic examination was started with dynamic renal scintigraphy in the horizontal position of the patient immediately after administration of the radiopharmaceutical. The detector was located under the patient's back in such a way that its medial longitudinal axis was parallel to the spine, and its transversal axis was at the level of the floating ribs. The radiopharmaceutical bolus was rapidly administered intravenously in the cubital vein under a tourniquet. The patient's position is shown in Figure 1. Such bolus administration of the radiopharmaceutical allows indirect renal angiography to be performed in the first minute of the examination: 1 frame per second.



Рис. 1. Положення пацієнта під час дослідження
Fig. 1. The patient's position during the examination

Запис інформації ДРСГ здійснювали з періодичністю 1 кадр за 1 хвилину, час дослідження 20 хв., матриця зображення 128x128x16. Обробку даних ДРСГ проводили за допомогою програмного забезпечення «Spect Work» (Україна), (рис. 2).

Dynamic renal scintigraphy data were captured with the frequency of 1 frame per second, duration of examination: 20 minutes, image matrix: 128x128x16. Data were processed using «Spect Work» software (Ukraine), the results are shown in Figure 2.

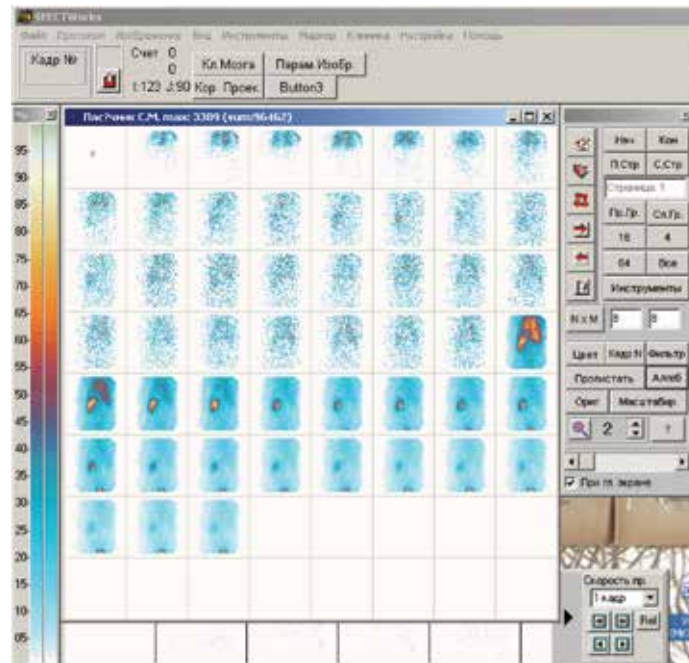


Рис. 2. Загальна кількість кадрів динамічного дослідження: ангиографії і динамічної реносцинтиграфії
Fig. 2. Total number of frames of the dynamic examination: angiography and dynamic renal scintigraphy

Після проведення ДРСГ проводили якісно-візуальний аналіз, де визначали площу і розміри нирки/нирок, форму, ступінь і рівномірність поглинання РФП і час його надходження в сечовий міхур (рис. 3).

After performing dynamic renal scintigraphy, we conducted a qualitative visual analysis in which we determined the area and size of the kidney/kidneys, form, degree and homogeneity of absorption of the radiopharmaceutical, and the time it entered the bladder (Fig. 3).

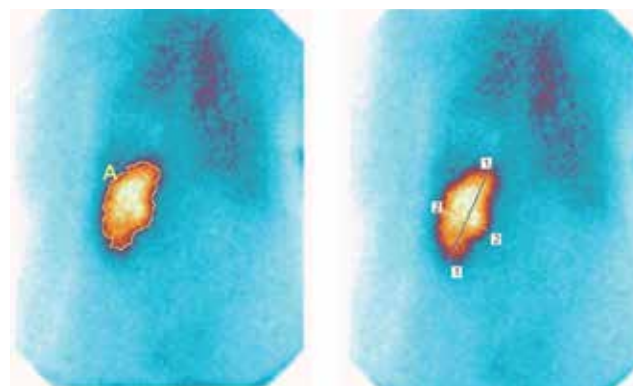


Рис. 3. Вимірювання площі і розмірів нирки
Fig. 3. Measurement of the area and the size of the kidney

Для проведення кількісної оцінки отриманих даних обирали зони інтересу (ЗІ): серце, ліва нирка, права нирка, сечовий міхур, що подано на рис. 4.

To perform quantitative assessment of the obtained data, we selected regions of interest (ROIs): heart, left kidney, right kidney, bladder. ROIs are shown in Figure 4.

У результаті комп'ютерної обробки ЗІ аналізувались криві, що відображають кінетику РФП через серце (серцева), ліву і праву нирки (ренограми). Криві аналізувались у системі координат «активність-час», яка дозволяє проводити розрахунок часових параметрів проходження РФП через обрані ЗІ. Інформація, що відображалась, представлена на рис. 5.

As a result of the computer processing of ROIs, the curves that reflected the movement of the radiopharmaceutical through the heart, left and right kidneys were analyzed in the system of axes «activity-time» that allowed us to measure time parameters of radiopharmaceutical's passing through the selected ROIs. This information is given in Figure 5.

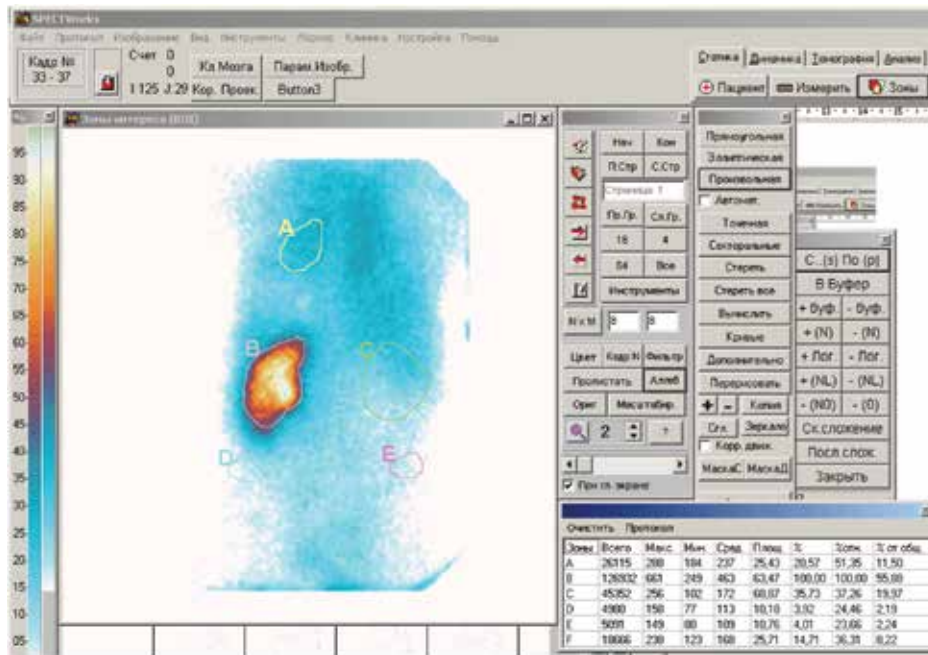


Рис. 4. Побудова ЗІ на сумарному зображенні перших 3–10 кадрів ДРСГ:
 А – серце, В – зона лівої нирки, С – «місце» правої нирки,
 D і E – зони, що еквівалентні тканинному радіоактивному фону нирок, F – сечовий міхур
Fig. 4. Formation of ROIs in the summed image of the first 3–10 frames of dynamic renal scintigraphy:
 A – heart, B – area of the left kidney, C – «place» of the right kidney,
 D and E – regions equivalent to tissue radioactivity level for kidneys, F – bladder

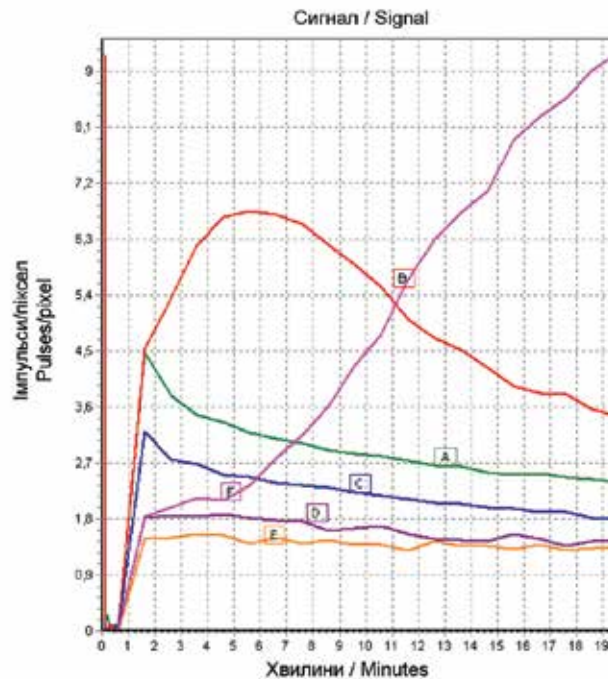


Рис. 5. Побудовані графіки з ЗІ:
 А – серце, В – зона лівої нирки, С – «місце» правої нирки, D і E – фон тіла, F – сечовий міхур
Fig. 5. Constructed graphs from ROIs:
 A – heart, B – region of the left kidney, C – «place» of the right kidney, D і E – body radioactivity level, F – bladder

За серцевою кривою розраховувались швидкісні параметри очищення крові, проводились розрахунки швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ). За ренограмами розраховували параметри часового транспорту РФП. Точку максимуму накопичення РФП (в нормі 3–5 хв) приймали за 100% і визначали відсотковий внесок кожної нирки окремо. В нормі

Using the «heart» curve, we calculated speed parameters of blood purification and glomerular filtration rate (GFR). Parameters of time transport of the radiopharmaceutical were measured according to the renogram data. The peak point of radiopharmaceutical accumulation (norm: 3–5th minute) was taken as 100%, and percentage contribution of each kidney was deter-

різниця в накопиченні РФП (при наявності двох нирок) не перевищує 10–15%.

Аналіз секреторної та екскреторної функції кожної нирки проводився за допомогою розрахунків основних параметрів її функціональної здатності. Програми обробки даних ДРСГ уніфіковані і полягають у розрахунку основних параметрів функціональної здатності нирок:

- Tmax – час максимального накопичення РФП у нирках (хв);
- T1/2max – час напіввиведення РФП з нирок (хв);
- ШКФ (мл/хв) – окрема на нирку, загальна (сумарна), стандартизована (ШКФ нормована на площу тіла пацієнта);
- асиметрія (відн.од) – відношення накопичення РФП на 2–3 хв правої нирки до лівої нирки;
- E₂₀ – відсоток елімінації РФП з нирки на 20 хв по відношенню до максимального накопичення РФП.

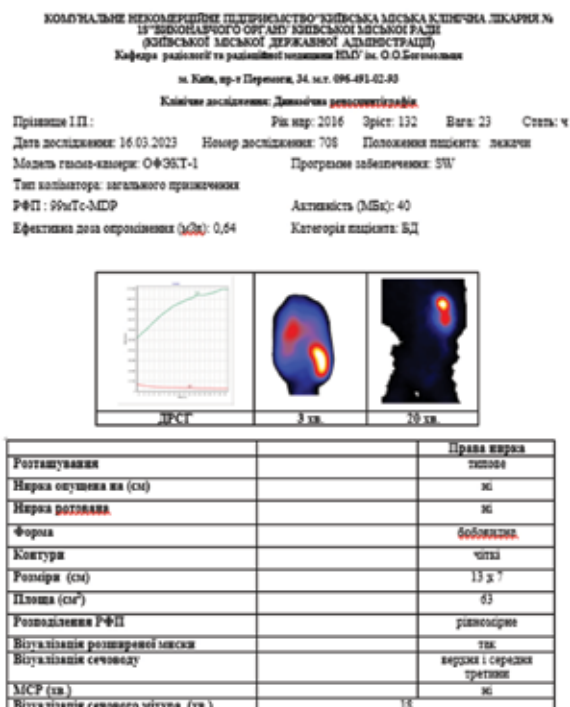
Дані занесли до стандартного протоколу дослідження, розробленого на кафедрі радіології і поданого на рис. 6 [19].

mined separately. In the normal condition, difference in radiopharmaceutical accumulation (if both kidneys are present) does not exceed 10–15%.

The analysis of secretory and excretory function of each kidney was conducted using the calculations of the main parameters of its functional capability. The programs of dynamic renal scintigraphy data processing are unified and consist in calculation of the main parameters of the functional capability of the kidneys:

- Tmax – time of maximal accumulation of the radiopharmaceutical in kidneys (min);
- T1/2max – time of biological half-life of the radiopharmaceutical in kidneys (min);
- GFR (mL/min) – separate for each kidney, total, standardized (GFR normalized to body surface area of the patients);
- asymmetry (relative value) – ratio of radiopharmaceutical accumulation on minutes 2–3 in the right kidney to the respective parameter of the left kidney;
- E₂₀ – percent of elimination of the radiopharmaceutical out of the kidney on minute 20 relative to maximal accumulation of the radiopharmaceutical.

The data were entered into the standardized protocol of examination developed at the department of radiology. It is given in Figure 6 [19].



Параметри ДРСГ

Класифікація	Права нирка
ШКФ загальна (мл/хв)	47
ШКФ окр. (мл/хв)	47
ШКФ стандартизована (мл/хв)	102
Tmax (хв)	18
T 1/2 max (хв)	не має
Відсоток виведення до 20 хв	2
Коефіцієнт асиметрії (л.н./п.н.)	1,0
Коефіцієнт асиметрії (л.н./п.н.) * урахуванням площі нирки	1,0
Тип реносцинтиграфічної кривої	обструкційний
Відсоток виведення РФП через 80 хв після введення препарату	
Міска:	
Tmax (хв)	18
T 1/2 max (хв)	не має
Відсоток виведення до 20 хв	3

Висновок:

	Права нирка
Фільтраційна здатність нирки	достатня
Екскреторна здатність нирки	різко уповільнена

Коментарі: По даним ЕВМ аналізу фільтраційна здатність правої нирки достатня. Висільна здатність правої нирки різко уповільнена.
 За час дослідження ліва нирка не візуалізується.

Лікар-радіолог: _____

Рис. 6. Стандартний протокол динамічної реносцинтиграфії
 Fig. 6. Standardized protocol of dynamic renal scintigraphy

Далі, в середньому, за 2–3 години починали проведення безпосередньо ОСГ для оцінки стану кісткової системи. Для збереження нерухомості хворого і зручності його положення, дослідження проводили в положенні пацієнта лежачі. Спочатку робили два планарних дослідження (передня проєкція і задня проєкція), що представлені на рис. 7. Остеосцинтиграфія в режимі «ВСЕ ТІЛО» дозволяє одночасно візуалізувати всі відділи скелета і використовується для первинного виявлення вогнищевих змін у кістках.

Subsequently, osteoscintigraphy was performed, on average, 2–3 hours later to assess the condition of the skeletal system. In order to maintain patient's motionlessness and comfortable position, the examination was conducted in supine position. At first, two planar examinations were performed (anterior and posterior projections). They are shown in Figure 7. Osteoscintigraphy in the whole body mode makes it possible to visualize all skeletal areas simultaneously and is used for primary detection of focal changes in bones.

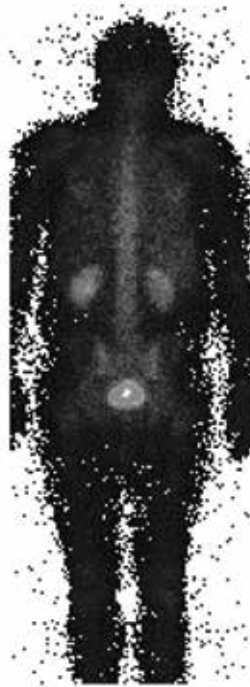


Рис. 7. Режим сканування «Все тіло», задня проєкція
Fig. 7. The whole body scanning mode, posterior projection

Далі робили серію прицільних остеосцинтиграм у передній і задній проєкції для більш детального вивчення окремих ділянок кісткової системи (рис. 8).

Наступним кроком проводили кількісну оцінку остеосцинтиграм: обирали зони гіперфіксації і симетричні ділянки кісткової системи, що мали однакову щільність кісткової тканини (рис. 9). Також звертали увагу на візуалізацію затримки РФП у нирках, якщо вони відображались на ОСГ [18].

Then, we made a series of target osteoscintigrams in anterior and posterior projections for a more detailed examination of certain areas of the skeletal system (Fig. 8).

The next step was the quantitative assessment of osteoscintigrams: we selected hyperfixation zones and symmetrical areas of the skeletal system which had the same density of the bone tissue (Fig. 9). We also paid attention to visualization of retention of the radiopharmaceutical in kidneys when they could be seen during osteoscintigraphy [18].

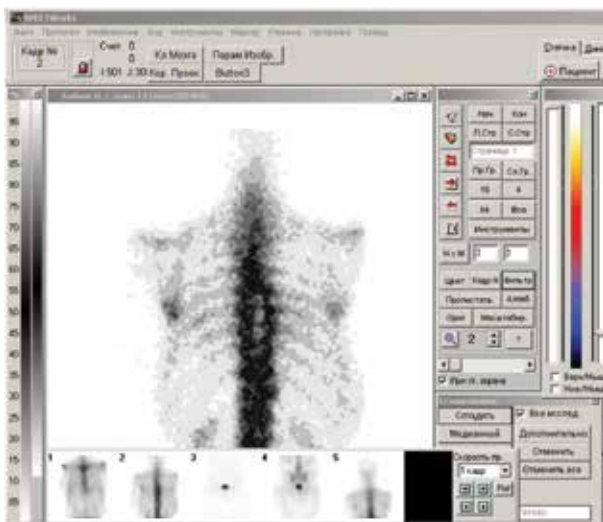


Рис. 8. Огляд прицільних проєкцій
Fig. 8. Review of target projections

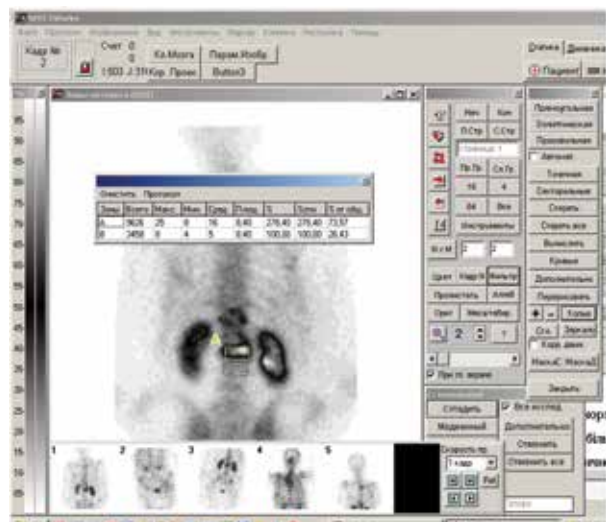


Рис. 9. Порівняльна оцінка зон гіперфіксації в хребті
Fig. 9. Comparative assessment of hyperfixation zones in the spine

У загальному випадку в комплексі з анамнезом та іншими променевими дослідженнями включення РФП у підозрілу ділянку кісткової тканини до 110–125% вважали за норму, до 130–150% – за запальний чи дегенеративно-дистрофічний процес,

In general, taking into account the patient history and other radiation examinations, the fixation of the radiopharmaceutical in the suspected area of bone tissue up to 110–125% was considered normal, up to 130–150% – inflammatory or degenerative-dystrophic

понад 150% вважали вірогідним підтвердженням метастатичного ураження або загострення дегенеративно-дистрофічних процесів. Отримані показники з коментарем лікаря заносили до стандартизованого протоколу дослідження, розробленого на кафедрі радіології (рис. 10).

process, more than 150% – significant confirmation of metastatic lesion or exacerbation of degenerative-dystrophic processes. The obtained values with commentary of the doctor were entered into the standardized protocol of examination developed at the department of radiology (Fig. 10).

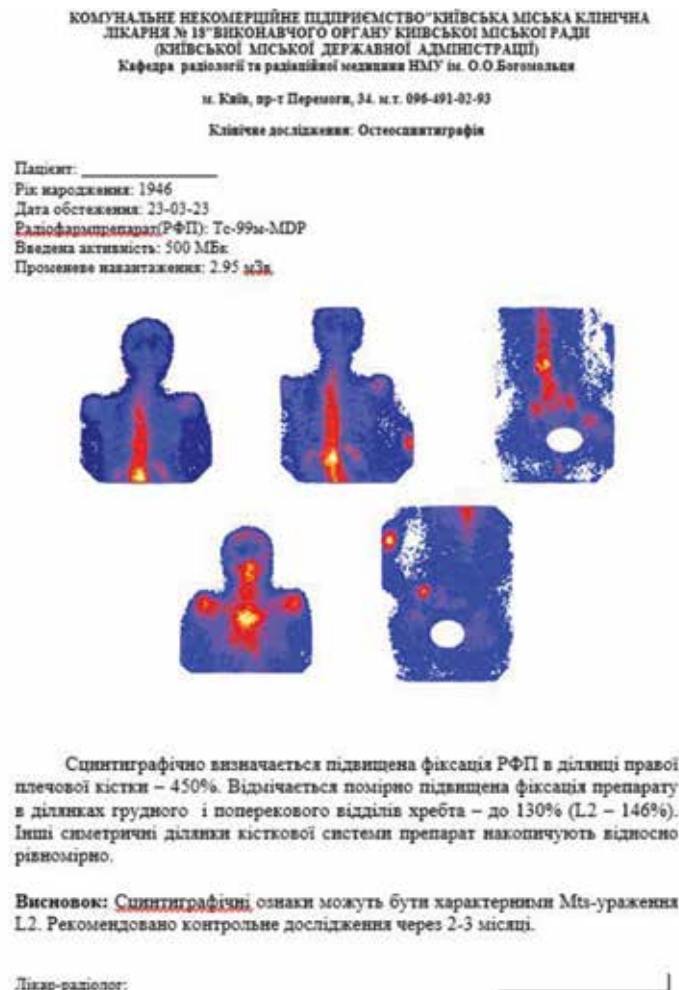


Рис. 10. Стандартизований протокол остеосцинтиграфії
Fig. 10. Standardized protocol of osteoscintigraphy

Статистичний аналіз даних виконували в MS Excel 2010. Розраховували середнє значення, середньоквадратичне відхилення, стандартну похибку середнього. Статистичну значущість відмінності між групами порівнянь проводили на основі критерію Манна–Уїтні.

Statistical data analysis was performed in MS Excel 2010. We calculated: the mean value, the mean square deviation, the standard error of the mean. Statistical significance of difference between compared groups was determined based on the Mann–Whitney U test.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

RESULTS AND DISCUSSION

ДРСГ з ^{99m}Tc -MDP, проведена у хворих на кістозне ураження нирок показала, що при однобічному ураженні стандартизована ШКФ мала лише тенденцію до уповільнення і складала в середньому $89,9 \pm 12,8$ мл/хв. При двобічному ураженні стандартизована ШКФ впевнено уповільнювалась і складала $76,5 \pm 9,1$ мл/хв ($p < 0,06$).

Роздільна ШКФ на нирку з кістою/кістами при однобічному ураженні мала тенденцію до уповільнення і складала – $35,3 \pm 5,8$ мл/хв при нормі 45 – 65 мл/хв [20]. У контралатеральній нирці роздільна ШКФ мала тенденції до компенсаторного

Dynamic renal scintigraphy that was performed with ^{99m}Tc -MDP in patients with cystic lesion of the kidneys showed that standardized GFR tended to decrease in unilateral lesion and was $89,9 \pm 12,8$ mL/min on average. In cases of bilateral lesion, the standardized GFR steadily decreased and was $76,5 \pm 9,1$ mL/min ($p < 0,06$).

Separate GFR for kidney with cyst(s) in unilateral lesion tended to decreased and was $35,3 \pm 5,8$ mL/min (norm 45 – 65 mL/min [20]). In the contralateral kidney, there was a tendency for compensatory increase in GFR ($74,4 \pm 13,2$ mL/min). The comparative

збільшення – $74,4 \pm 13,2$ мл/хв. Порівняльний аналіз результатів динамічної реносцинтиграфії в залежності від однобічного чи двобічного ураження нирок наведений в табл. 2.

analysis of the results of dynamic renal scintigraphy depending on unilateral or bilateral kidney lesion is given in Table 2.

Таблиця 2. Параметри ДРСГ з ^{99m}Tc -MDP у хворих з кістозним ураженням ($M \pm m$)
Table 2. Parameters of dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc -MDP in patients with cystic lesion ($M \pm m$)

Параметри ДРСГ Parameters of dynamic renal scintigraphy	Бічність кістозного ураження нирки Laterality of cystic kidney lesion		Хворі на рак нирки Patients with kidney cancer (n=20)
	Однобічне ураження Unilateral lesion (n=4)	Двобічне ураження Bilateral lesion (n=4)	
Стандартизована ШКФ, мл/хв Standardized GFR, mL/min	$89,9 \pm 12,8$	$76,5 \pm 9,1^{**}$	$92,1 \pm 18,6$
Tmax, хв / Tmax, min	$4,7 \pm 0,3$	$5,5 \pm 0,4$	$5,2 \pm 0,5$
E_{20} , %	$48,9 \pm 7,5$	$27,5 \pm 6,5^*$	$51,8 \pm 10,1$
Асиметрія, відн. од. Asymmetry, relative value	$1,3 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,3^*$	$1,2 \pm 0,1$

Примітка:

Статистично значуща різниця між однобічним та двобічним кістозним ураженням за критерієм Манна–Уїтні:

* – $p < 0,06$;

** – $p < 0,05$; між хворими з однобічним кістозним ураженням нирок та хворими на рак нирки $p > 0,15$.

Note:

Statistically significant difference between unilateral and bilateral cystic lesion according to the Mann–Whitney U test:

* – $p < 0,06$;

** – $p < 0,05$; between patients with unilateral cystic kidney lesion and kidney cancer $p > 0,15$.

При двобічному ураженні роздільна ШКФ мала загальну тенденцію до уповільнення як в нирці, ураженій більшою кількістю кіст, так і в нирці, ураженій меншою кількістю. В більш ураженій нирці ШКФ впевнено уповільнювалась і складала $33,8 \pm 7,2$ мл/хв. В менш ураженій нирці окрема ШКФ також зменшувалась і складала $39,5 \pm 11,9$ мл/хв.

Час максимального накопичення РФП мав лише тенденцію до погіршення і вірогідно не відрізнявся від нормальних значень, що свідчило про збереження внутрішньониркового транспорту РФП, незалежно від ступеня ураження. Так, Tmax при однобічному ураженні складав $4,7 \pm 0,3$ хв, а при двобічному – $5,5 \pm 0,4$ хв.

У хворих з однобічним ураженням в ураженій нирці відсоток виведення РФП до 20 хвилини дослідження (E_{20}) мав тенденцію до уповільнення майже на 30% від норми – $48,9 \pm 7,5\%$. При двобічному ураженні тенденція до уповільнення підвищилась майже на 50% – $27,5 \pm 6,5\%$.

Абсолютна асиметрія включення РФП при однобічному ураженні мала тенденцію до зростання, при двобічному ураженні асиметрія збільшувалась майже на 50%, що може бути пов'язано із загибеллю паренхіми нирки. Показники асиметрії при однобічному ураженні склали $1,3 \pm 0,2$; при двобічному – $1,9 \pm 0,3$ ($p < 0,05$).

Отримані дані свідчать про погіршення фільтраційно-екскреторної здатності нирок у прямій залежності від ступеня ураження нирки/нирок кістозним процесом. Але деякі показники випадали із загальної тенденції збільшення чи зменшення, що найчастіше пов'язано із розвитком процесу компенсації контралатеральної нирки, погіршенням функції в нирці, ураженій кістами при однобічному ураженні.

Порівняння результатів ДРСГ хворих на рак нирки з однобічним кістозним ураженням (табл. 2) свідчить, що тенденція погіршення функції нирок була

In bilateral lesion, the separate GFR had an overall tendency to decrease both in the kidney with a bigger number of cysts and in the kidney with a smaller number of cysts. GFR steadily decreased in the more damaged kidney and was $33,8 \pm 7,2$ mL/min. In the less damaged kidney, GFR also decreased and was $39,5 \pm 11,9$ mL/min.

The time of maximal accumulation of the radiopharmaceutical only tended to decrease and did not significantly differ from normal values, thus indicating preservation of internal kidney transport of the radiopharmaceutical regardless of severity of the lesion. Indeed, Tmax in unilateral lesion was $4,7 \pm 0,3$ min, in bilateral lesion – $5,5 \pm 0,4$ min.

The percent of extraction of the radiopharmaceutical by minute 20 of the examination (E_{20}) in patients with unilateral lesion tended to decrease almost by 30% of normal value – $48,9 \pm 7,5\%$. In bilateral lesion, this tendency increased by almost 50%: $27,5 \pm 6,5\%$.

Absolute asymmetry of fixation of the radiopharmaceutical in unilateral lesion tended to increase, in bilateral lesion asymmetry increased by almost 50% which can be attributed to death of the kidney parenchyma. The values of asymmetry in unilateral lesion were $1,3 \pm 0,2$; in bilateral – $1,9 \pm 0,3$ ($p < 0,05$).

The obtained data indicate deterioration of filtering and excretory capacity of kidneys closely connected to the severity of kidney lesion with cysts. However, some indicators did not increase or decrease, which is primarily attributed to the development of contralateral kidney compensation process and deterioration of function in kidney with cysts in unilateral lesion.

The comparison of the results of dynamic renal scintigraphy of kidney cancer patients with unilateral cystic lesion (Table 2) shows that the tendency of deterioration of kidney function was almost identical to cystic formations. This can be primarily attributed

приблизно тотожна кістозним утворенням. Це в першу чергу може бути пов'язано із тим, що процеси стиснення паренхіми нирок об'ємними утвореннями схожі, і призводять до однакових наслідків.

ДРСГ з ^{99m}Tc -MDP, проведена у хворих на злоякісне ураження нирок показала, що при РН стандартизована ШКФ мала тенденцію до уповільнення і складала у хворих в середньому $92,1 \pm 18,6$ мл/хв, що незначно відрізнялось від групи з однобічним кістозним ураженням – $89,9 \pm 12,8$ мл/хв. Роздільна ШКФ на нирку з пухлинним ураженням мала тенденцію до уповільнення і складала – $39,3 \pm 3,8$ мл/хв, в неураженій нирці – $60,1 \pm 3,8$ мл/хв.

Отримані дані вказують на погіршення фільтраційно-екскреторної здатності нирок не залежно від походження об'ємного процесу. Але деякі показники випадають із загальної тенденції збільшення чи зменшення, що найчастіше пов'язано із розвитком процесу компенсації контралатеральної нирки, погіршенням функції в ураженій нирці при однобічному ураженні. Але з часом все одно починаються процеси декомпенсації. Це особливо помітно під час аналізу асиметрії включення РФП у функціонуючу паренхіму нирок, залежно від ступеня прогресування процесу.

На другому етапі БЦСГ виконувалась остеосцинтиграфія з ^{99m}Tc -MDP з метою обстеження стану кісткової системи у хворих на рак нирки і контрольної групи з кістозним ураженням нирок.

При проведенні ОСГ з ^{99m}Tc -MDP у групі хворих з кістозними ураженнями нирок були отримані такі результати. Рівномірний розподіл РФП у кістках спостерігався у 2 пацієнтів, ознак ураження виявлено не було. У 3 пацієнтів були ознаки артрозів великих суглобів. У 3 – дегенеративно-дистрофічні зміни хребта.

При первинному обстеженні методом ОСГ у пацієнтів до визначення повного діагнозу за TNMx були виявлені зміни, які відображені в табл. 3.

to the fact that compression processes of kidney parenchyma by space-occupying lesions are similar and lead to the same consequences.

Dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc -MDP that was performed in patients with malignant kidney lesion showed that standardized GFR tended to decrease in kidney cancer and was $92,1 \pm 18,6$ mL/min on average, which was insignificantly different from the patients with unilateral cystic lesion ($89,9 \pm 12,8$ mL/min). Separate GFR for kidney with tumor tended to decrease and was $39,3 \pm 3,8$ mL/min, in non-damaged kidney – $60,1 \pm 3,8$ mL/min.

The obtained data indicate deterioration of filtering and excretory capacity of kidneys regardless of the origin of the lesion. However, some indicators did not increase or decrease, which is primarily attributed to the development of contralateral kidney compensation process and deterioration of function in kidney with cysts in unilateral lesion. But decompensation processes still begin with time. It is especially noticeable in the analysis of asymmetry of the fixation of the radiopharmaceutical in the functioning kidney parenchyma depending on the severity of disease progression.

At the second stage of multi-target scintigraphy, osteoscintigraphy with ^{99m}Tc -MDP was performed with the aim of examination of skeletal system in patients with kidney cancer and control group with cystic kidney lesion.

After performing osteoscintigraphy with ^{99m}Tc -MDP in the group of patients with cystic kidney lesion, the following results were obtained: homogeneous distribution of the radiopharmaceutical in bones was observed in 2 patients, no signs of lesion were detected; 3 patients had signs of arthrosis of the large joints; 3 patients had degenerative-dystrophic changes of the spine.

During primary osteoscintigraphy (before establishing a complete diagnosis according to TNMx), we detected the changes in patients which are given in Table 3.

Таблиця 3. Результати ОСГ з ^{99m}Tc -MDP у хворих на рак нирки та з кістозним ураженням (M ± m)
Table 3. Results of osteoscintigraphy with ^{99m}Tc -MDP in patients with kidney cancer and cystic lesion (M ± m)

Сцинтиграфічні ознаки ураження кісток Scintigraphic signs of bone lesion	Хворі на рак нирки Kidney cancer patients (n = 20)	Хворі з кістозним ураженням Patients with cystic lesion (n = 8)
Рівномірний розподіл РФП до 120% Homogeneous distribution of the radiopharmaceutical up to 120%	2	2
Наявність нерівномірного розподілу РФП, дифузний, до 140% Heterogeneous distribution of the radiopharmaceutical, diffuse, up to 140%	8	3
Наявність нерівномірного розподілу РФП, вогнищевий, до 140% Heterogeneous distribution of the radiopharmaceutical, focal, up to 140%	3	3
Наявність нерівномірного розподілу РФП, вогнищевий, понад 150% Heterogeneous distribution of the radiopharmaceutical, diffuse, more than 150%	5	0
Множинно-вогнищеве ураження / Multiple focal lesion	2	0
Загалом / Total	20	8

Треба відзначити, що ефективна доза опромінення пацієнтів категорії АД, згідно з Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97, <http://www.insc.gov.ua/docs/nrbu97.pdf>), для дорослих – 100 мЗв на рік. Цей фактор можна враховувати для додаткового

It should be noted that the effective radiation dose for adult patients of AD category according to Radiation Safety Standards of Ukraine (<http://www.insc.gov.ua/docs/nrbu97.pdf>) is 100 mSv per year. This factor may be considered for additional limitation

обмеження променевого навантаження на пацієнта, якому буде проводитись ще певна кількість радіоактивних досліджень. Від однієї процедури остеосцинтиграфії з ^{99m}Tc -MDP хворий отримує 2,9–4,0 мЗв. Від ДРСГ з ^{99m}Tc -MDP хворий отримує 0,5–1,0 мЗв при активності РФП 50–100 МБк (в залежності від маси тіла пацієнта). Якщо ОСГ та ДРСГ проводити окремо (в різні дні), то навантаження може збільшитися до 5 мЗв. Слід звернути увагу й на підвищення загальних фінансових витрат державних коштів при окремих дослідженнях ДРСГ і ОСГ.

Аналіз отриманих результатів багатоцільової сцинтиграфії з урахуванням даних літератури показав, що при остеосцинтиграфії у хворих на РН найчастіше метастатичні вогнища визначались у хребцях, кістках таза, стегновій та плечовій кістках, ребрах і груднині, що не суперечило даним літератури. Крім того, при ОСГ (при наявності затримки РФП в нирках більше ніж через годину) була можливість визначення якісних ознак ураження нирок: асиметрія включення РФП у нирки, зменшення або збільшення сцинтиграфічних розмірів нирок, вогнищево-нерівномірний розподіл РФП у нирках, затримка препарату у мисках нирок та поєднання двох і більше ознак. Визначена кінетика РФП свідчила про початкові компенсаторні механізми неушкодженої нирки. Але далі фільтраційно-екскреторна здатність починала погіршуватись. Це особливо помітно під час аналізу асиметрії включення РФП у функціонуючу паренхіму нирок, залежно від ступеня прогресування процесу. Отримані дані свідчили про поступове погіршення фільтраційно-екскреторної здатності нирок, незалежно від походження об'ємного процесу. Крім того, такі зміни були безпосередньо пов'язані із застосованим лікуванням і часом як самого розвитку процесу, так і часом післялікувального періоду, що надалі потребує більш ретельного аналізу.

Інше зауваження пов'язано з тим, що хворим на рак нирки БЦСГ повинна проводитись не тільки у зв'язку з вищенаведеними коментарями, а за необхідністю визначення стану контралатеральної умовно здорової нирки, оскільки пріоритетним методом лікування є видалення ураженої. Це особливо важливо в передопераційний період. При моніторингу єдина нирка є критичним органом й також вимагає підвищеної уваги на рівні контролю появи вторинних онкологічних уражень. Викладене вище зумовлює рекомендацію внесення БЦСГ в протоколи обов'язкового обстеження пацієнтів з раком нирки.

У разі комплексної діагностики функціонального стану нирок, зокрема у хворих на РН, вибір нефротропного РФП залежить від клінічної задачі й особливостей перебігу патологічних процесів у пацієнта. В той же час, ^{99m}Tc -фосфат можна вважати повноцінним нефротропним препаратом, який при рівних факторах впливу не поступається у діагностичній цінності суто нефротропним препаратам, таким як ^{99m}Tc -ЕС, ^{99m}Tc -MAG3, ^{99m}Tc -DTPA, ^{99m}Tc -DMSA. Навпаки, препаратам ^{99m}Tc -фосфат властива більша інформативність при проведенні ДРСГ у пацієнтів з єдиною ниркою [21]. Таким чином, призначати ДРСГ з РФП, виключаючи ^{99m}Tc -фосфат, доцільно тільки в тих випадках, якщо ОСГ вимагає проведення динамічного дослідження, при якому в ділянці детектора гамма-камери не потрапляють проєкції

of radiation exposure of the patient who will have to undergo a certain number of radiological examinations. The patient receives 2.9–4.0 mSv from one osteoscintigraphy with ^{99m}Tc -MDP and 0.5–1.0 mSv from dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc -MDP, with activity of the radiopharmaceutical of 50–100 MBq (depending on the patient's weight). If osteoscintigraphy and dynamic renal scintigraphy are performed separately (on different days), the radiation exposure can increase up to 5 mSv. Attention should also be paid to the increase in total expenses of state funds when osteoscintigraphy and dynamic renal scintigraphy are performed separately.

Taking into account literature data, the analysis of the obtained results of multi-target scintigraphy showed that metastatic foci were predominantly detected in vertebrae, pelvic bones, femoral and shoulder bones, ribs and sternum in osteoscintigraphy, which did not contradict literature data. Moreover, during osteoscintigraphy (provided that retention time of the radiopharmaceutical in kidneys was more than an hour), it was possible to determine qualitative signs of kidney lesion: asymmetry of the fixation of the radiopharmaceutical in kidneys, decrease or increase in scintigraphic size of the kidneys, focally heterogeneous distribution of the radiopharmaceutical in kidneys, retention of the radiopharmaceutical in renal pelvises, and combination of two and more signs. The observed movement of the radiopharmaceutical indicated initial compensatory mechanisms of the non-damaged kidney. However, filtering and excretory capacity began to deteriorate. It was especially noticeable when analyzing the asymmetry of the fixation of the radiopharmaceutical in the functioning kidney parenchyma, depending on the severity of disease progression. The obtained data indicated gradual deterioration of filtering and excretory capacity of kidneys regardless of the origin of the expansive process. In addition, such changes were directly linked with the treatment and time of development of this process, as well as duration of post-treatment period which requires a more careful analysis.

Another remark is attributed to the fact that kidney cancer patients should undergo multi-target scintigraphy not only for the abovementioned reasons but also when it is necessary to determine the condition of nominally healthy contralateral kidney because the top-priority treatment method is removal of the affected kidney. It is especially important during the presurgical period. During the follow-up observation, the remaining kidney is a critical organ and also requires greater attention to control the development of secondary oncological lesions. The abovementioned substantiates the recommendation to implement multi-target scintigraphy into the protocols of obligatory examination of kidney cancer patients.

Of course, the selection of renal imaging radiopharmaceutical in comprehensive diagnosis of functional capacity of kidneys, including kidney cancer patients, depends on clinical case and peculiarities of course of pathological processes in the patient. At the same time, ^{99m}Tc -phosphates can be considered appropriate renal imaging agents that have no lower diagnostic value under equal influence factors than purely renal imaging agents, such as ^{99m}Tc -ЕС, ^{99m}Tc -MAG3, ^{99m}Tc -DTPA, ^{99m}Tc -DMSA. On the contrary,

серця, нирок, сечового міхура, чи у випадку цілеспрямованої необхідності вивчення секреторної здатності нирок чи кількості життєздатності паренхіми. Але в останніх випадках ДРСГ з ^{99m}Tc -фосфат як етап БЦСГ може надати додаткову інформацію про функціональний стан нирок.

^{99m}Tc -phosphates are more informative in dynamic renal scintigraphy of the patients with one kidney [21]. Thus, prescription of dynamic renal scintigraphy with radiopharmaceutical excluding ^{99m}Tc -phosphates is appropriate only in those cases when osteoscintigraphy requires dynamic examination during which the projections of heart, kidneys, and bladder are not in the field of view of the gamma-camera detector, or in case when it is necessary to examine secretory capacity of kidneys or functioning of the parenchyma. However, in the latter case, dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc -phosphate, as a stage of multi-target scintigraphy, can provide additional information about functioning capacity of kidneys.

ВИСНОВКИ

При злякисному процесі в нирці проведення багатоцільової сцинтиграфії з ^{99m}Tc -MDP (фосфатами) дозволяє оцінити функціональну здатність нирок не гірше за специфічні РФП ниркової кінетики. Реносцинтиграфія надає об'єктивну оцінку стану функціональної здатності у хворих на РН на всіх етапах встановлення діагнозу і проведеного лікування. Застосування послідовної комбінації ДРСГ і ОСГ дозволяє зменшувати променеве навантаження на пацієнта, на відміну від окремого проведення двох досліджень для виявлення метастазів і визначення функції нирки/нирок. Теж саме стосується і економічної вигоди та використання грошей НСЗУ (Національна служба здоров'я України). Відносно діагностичної значущості комбінованого дослідження можна зробити висновок, що аналіз кінетики остеотропних радіофармпрепаратів в осередках фіксації уражених кісток при стадіюванні діагнозу надає можливість своєчасного і достовірного встановлення ділянок вторинного ушкодження кісткової системи і одночасної оцінки функціональної спроможності нирки/нирок. Остеосцинтиграфія надає можливість встановити місця і кількість вторинних уражень кісток при злякисному ураженні нирки набагато раніше за клінічні прояви і рентгенологічну семіотику. Методику БЦСГ необхідно рекомендувати для внесення в протоколи обстеження пацієнтів з раком нирки.

CONCLUSIONS

Performing a multi-target scintigraphy with ^{99m}Tc -MDP (phosphates) in malignant process in the kidney allows the functional capacity of the kidneys to be assessed no worse than the specific renal imaging radiopharmaceuticals. Renal scintigraphy makes it possible to objectively assess the functional capacity of kidneys in kidney cancer patients at all stages of diagnosis and treatment. The use of subsequent combination of dynamic renal scintigraphy and osteoscintigraphy allows radiation burden on the patient to be reduced in contrast to the cases when two examinations are performed separately to detect metastases and assess the function of kidney/kidneys. The same applies to economical benefit and use of the funds of the National Health Service of Ukraine. As for diagnostic significance of the combined examination, the analysis of the kinetics of the osteotropic radiopharmaceuticals in the centers of fixation in affected bones gives an opportunity to timely and accurately determine areas of secondary lesion of the skeletal system when staging the diagnosis and simultaneously assess functional capacity of kidney/kidneys. Osteoscintigraphy makes it possible to determine location and number of secondary bone lesions in malignant kidney lesion much earlier than clinical signs and radiological semiotics. The method of multi-target scintigraphy should be recommended to be implemented into the protocols of examination of kidney cancer patients.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рак в Україні, 2019–2020. Захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби. *Бюлетень національного онкологічного реєстру України*. 2021. № 22. 124 с.
2. Пасічник С.М., Мицик Ю.О., Пасічник М.С. Аналіз динаміки змін показателів захворюваності та смертності раком нирки в Україні. *Вісник морської медицини*. 2020. № 2(87). С. 18–26. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3976550>
3. Щепотін І.Б. Онкологія: навчальний посібник для студентів вищих медичних навчальних закладів IV рівня акредитації та лікарів-інтернів. *МОРИОН*. 2015. 383 с.
4. Capitanio U., Bedke J., Albiges L. et al. A Renewal of the TNM Staging System for Patients with Renal Cancer To Comply with Current Decision-making: Proposal from the European Association of Urology Guidelines Panel. *European Urology*. 2023. Vol. 83(1). P. 3–5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2022.09.026>
5. Boichuk S., Diedkov A., Kostjuk V., Ostafychuk V. Dynamics of bone trap-5b level in patients with bone metastases of renal cell cancer at combined treatment. *EUREKA health science*. 2017. Vol. 5. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5679.2017.00407>

REFERENCES

1. Cancer in Ukraine, 2019–2020. Morbidity, mortality, performance indicators of the oncology service. *Bulletin of the National Chancery Register of Ukraine*. 2021;22:124. (In Ukrainian).
2. Pasichnyk SM, Mytsyk YuO, Pasichnyk MS. Analysis of the dynamics of changes in kidney cancer morbidity and mortality in Ukraine. *Journal of marine medicine*. 2020;2(87):18–26. (In Ukrainian). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3976550>
3. Shchepotin IB. Oncology: a study guide for students of higher medical educational institutions of the IV level of accreditation and interns. *MORION*. 2015;383. (In Ukrainian).
4. Capitanio U, Bedke J, Albiges L et al. A Renewal of the TNM Staging System for Patients with Renal Cancer To Comply with Current Decision-making: Proposal from the European Association of Urology Guidelines Panel. *European Urology*. 2023;83(1):3–5. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2022.09.026>
5. Boichuk S, Diedkov A, Kostjuk V, Ostafychuk V. Dynamics of bone trap-5b level in patients with bone metastases of renal cell cancer at combined treatment. *EUREKA health science*. 2017;5:3–10. (In English). DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5679.2017.00407>

- Donskov F, Xie W, Overby A, Wells J.C., Fraccon A.P., Sacco C.S. et al. Synchronous versus metachronous metastatic disease: Impact of time to metastasis on patient outcome – results from the international metastatic renal cell carcinoma database consortium. *European urology oncology*. 2020. Vol. 3(4). P. 530–539. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.euo.2020.01.001>
- Bruckschen F, Gerharz C.D., Sagir A. Renal cell carcinoma with unusual metachronous metastasis up to 22 years after nephrectomy: two case reports. *Journal of medical case reports*. 2021. Vol. 15(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13256-021-03098-5>
- Torchalla P, Czesak M, Osuch-Wójcikiewicz E. Metastasis of clear cell renal cell carcinoma to the organs of the head and neck an ongoing problem. *Otolaryngologia polska*. 2021. Vol. 10(1). P. 42–48. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.7722>
- De Groote R, Larcher A, Goossens M, Hendrik D.R., Kris V.D.S., De Coninck V et al. Metachronous metastasis of renal cell carcinoma to the urinary bladder: a case report. *Therapeutic advances in urology*. 2018. Vol. 10(1). P. 29–32. DOI: <https://doi.org/10.1177/1756287217738986>
- Guigui A, Gabriel S, Lechevallier E, Boissier R. Indications d'examens d'imagerie nucléaire en oncologie rénale. Principes fondamentaux, indications, et valeur ajoutée diagnostique et pronostique. *Progrès en urologie*. 2022. Vol. 32(2). P. 50–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpurol.2022.01.002>
- Ujike T, Uemura M, Kato T, Hatano K, Kawashima A, Nagahara A et al. Novel diagnostic model for bone metastases in renal cell carcinoma patients based on bone scintigraphy analyzed by computer-aided diagnosis software and bone turnover markers. *International journal of clinical oncology*. 2022. Vol. 27(4). P. 774–780. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10147-021-02107-3>
- Cheon M, Kang H.J., Do K.H., Yang H.S., Han E.J., Yoo J. Diagnostic performance of three-phase bone scintigraphy and digital infrared thermography imaging for chronic post-traumatic complex regional pain syndrome. *Diagnostics*. 2021. Vol. 11(8). 1459 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081459>
- Nikolov N.A., Kaminskaya A.L., Satir M.V. et al. Quantitative image analysis of bone scintigraphy for predicting the chemotherapy effectiveness. *Journal Biomedical Radioelectronics*. 2014. № 11. P. 3–9.
- Mohsin F., Zubairi M.B.A., Fatima K., Diwan M.A. Metallic implant-related osteosarcoma. *Radiology case reports*. 2023. Vol. 18(3). P. 1311–1315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.01.004>
- Krumme J.W., Lauer M.F., Stowell J.T., Beteselassie N.M., Kotwal S.Y. Bone scintigraphy: A review of technical aspects and applications in orthopedic surgery. *Orthopedics*. 2019. Vol. 42(1). DOI: <https://doi.org/10.3928/01477447-20181120-05>
- Chancellor M.B., Konnak J.W., Grossman H.B. Diagnostic value of routine bone scintigraphy renal imaging in renal cell carcinoma. *Urology*. 1989;33(5). P. 440–442. DOI: [https://doi.org/10.1016/0090-4295\(89\)90046-0](https://doi.org/10.1016/0090-4295(89)90046-0)
- Takayama T., Kinuya S., Kobashi K., Onoguchi M., Mizukami Y., Koshida K. et al. Clinical approach to renal study incidental to ^{99m}Tc-MDP bone scintigraphy. *Annals of nuclear medicine*. 2001. Vol. 15(3). P. 237–245. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02987838>
- Zhao C., Long X., Zhou K. et al. Whole-Body Bone Scintigraphy Helps to Detect Kidney Diseases. *ARJ*. 2021. Vol. 216(1). P. 172–186. DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.20.22834>
- Лазар А.П., Кундін В.Ю., Ніколов М.О., Романенко Г.О. Структурна градація та основні параметри протоколів динамічних реносцинтиграфічних досліджень у дітей. *Український радіологічний журнал*. 2003. № 4. С. 400–402.
- Delanaye P, Schaeffner E, Ebert N, Cavalier E, Mariat C, Krzesinski J-M et al. Normal reference values for glomerular filtration rate: what do we really know? *Nephrology, dialysis, transplantation*. 2012. Vol. 27(7). P. 2664–2672. DOI: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfs265>
- Кундін В.Ю. Комплексна радіонуклідна оцінка гемодинамічних, функціональних та структурних порушень сечової системи у дітей при різних нефропатіях: дис. ... здобуття наукового ступеня *Д-ра мед. наук* : 14.01.23. Київ, 2011.
- Donskov F, Xie W, Overby A, Wells JC, Fraccon AP, Sacco CS et al. Synchronous versus metachronous metastatic disease: Impact of time to metastasis on patient outcome – results from the international metastatic renal cell carcinoma database consortium. *European urology oncology*. 2020;3(4):530–9. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.euo.2020.01.001>
- Bruckschen F, Gerharz CD, Sagir A. Renal cell carcinoma with unusual metachronous metastasis up to 22 years after nephrectomy: two case reports. *Journal of medical case reports*. 2021;15(1). (In English). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13256-021-03098-5>
- Torchalla P, Czesak M, Osuch-Wójcikiewicz E. Metastasis of clear cell renal cell carcinoma to the organs of the head and neck an ongoing problem. *Otolaryngologia polska*. 2021;10(1):42–8. (In English). DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.7722>
- De Groote R, Larcher A, Goossens M, Hendrik DR, Kris VDS, De Coninck V et al. Metachronous metastasis of renal cell carcinoma to the urinary bladder: a case report. *Therapeutic advances in urology*. 2018;10(1):29–32. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1177/1756287217738986>
- Guigui A, Gabriel S, Lechevallier E, Boissier R. Indications d'examens d'imagerie nucléaire en oncologie rénale. Principes fondamentaux, indications, et valeur ajoutée diagnostique et pronostique. *Progrès en urologie*. 2022;32(2):50–3. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpurol.2022.01.002>
- Ujike T, Uemura M, Kato T, Hatano K, Kawashima A, Nagahara A et al. Novel diagnostic model for bone metastases in renal cell carcinoma patients based on bone scintigraphy analyzed by computer-aided diagnosis software and bone turnover markers. *International journal of clinical oncology*. 2022;27(4):774–80. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10147-021-02107-3>
- Cheon M, Kang HJ, Do KH, Yang HS, Han EJ, Yoo J. Diagnostic performance of three-phase bone scintigraphy and digital infrared thermography imaging for chronic post-traumatic complex regional pain syndrome. *Diagnostics*. 2021;11(8):1459. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11081459>
- Nikolov NA, Kaminskaya AL, Satir MV et al. Quantitative image analysis of bone scintigraphy for predicting the chemotherapy effectiveness. *Journal Biomedical Radioelectronics*. 2014;11:3–9. (In English).
- Mohsin F, Zubairi MBA, Fatima K, Diwan MA. Metallic implant-related osteosarcoma. *Radiology case reports*. 2023;18(3):1311–5. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.01.004>
- Krumme JW, Lauer MF, Stowell JT, Beteselassie NM, Kotwal SY. Bone scintigraphy: A review of technical aspects and applications in orthopedic surgery. *Orthopedics*. 2019;42(1). (In English). DOI: <https://doi.org/10.3928/01477447-20181120-05>
- Chancellor MB, Konnak JW, Grossman HB. Diagnostic value of routine bone scintigraphy renal imaging in renal cell carcinoma. *Urology*. 1989;33(5). P. 440–442. (In English). DOI: [https://doi.org/10.1016/0090-4295\(89\)90046-0](https://doi.org/10.1016/0090-4295(89)90046-0)
- Takayama T, Kinuya S, Kobashi K, Onoguchi M, Mizukami Y, Koshida K et al. Clinical approach to renal study incidental to ^{99m}Tc-MDP bone scintigraphy. *Annals of nuclear medicine*. 2001;15(3):237–45. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02987838>
- Zhao C, Long X, Zhou K et al. Whole-Body Bone Scintigraphy Helps to Detect Kidney Diseases. *ARJ*. 2021;216(1):172–86. (In English). DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.20.22834>
- Lazar AP, Kundin VYu, Nikolov MO, Romanenko GO. Structural gradation and main parameters of protocols of dynamic renoscintigraphic studies in children. *Ukrainian Radiological Journal*. 2003;4:400–2. (In Ukrainian).
- Delanaye P, Schaeffner E, Ebert N, Cavalier E, Mariat C, Krzesinski J-M et al. Normal reference values for glomerular filtration rate: what do we really know? *Nephrology, dialysis, transplantation*. 2012;27(7):2664–72. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1093/ndt/gfs265>
- Kundin VYu. Comprehensive radionuclide assessment of hemodynamic, functional and structural disorders of the urinary system in children with various nephropathies [dissertation]. Kyiv, 2011. (In Ukrainian).

Перспективи подальших досліджень

Prospects for further research

Враховуючи неукліне зростання захворюваності на рак, виникає необхідність в подальшому удосконаленні алгоритмів променевого дослідження при онкологічних захворюваннях різних локалізацій. Введення в клінічну практику багатотільових радіонуклідних досліджень дозволяє знизити промєневе навантаження на пацієнта, зменшити час на діагностичні заходи і знизити собівартість таких досліджень. Крім того, можливість визначення функціональної здатності нирки дозволяє визначити вплив хіміотерапії на стан єдиної залишеної, потенційно здорової нирки.

Taking into account the increase in the incidence of kidney cancer, there is a need for further improvement of radiological research algorithms in cancer diseases of various localizations. The introduction of multi-target radionuclide examinations into clinical practice allows the radiation burden on the patient, the time for diagnostic measures, and the cost of such examinations to be reduced. In addition, the ability to determine the functional capacity of the kidney makes it possible to determine the effect of chemotherapy on the condition of the remaining, potentially healthy kidney. This can affect the

Це може вплинути на корекцію лікування, подовження життя пацієнта і покращення якості його життя.

correction of treatment, the prolongation of the patient's life, and the improvement of his life quality.

Конфлікт інтересів

Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

The authors state no conflict of interest.

Інформація про фінансування

Funding information

Фінансування видатками Державного бюджету України.

Financed by the state budget of Ukraine

Подяка

Acknowledgment

Автори роботи щиро вдячні доценту кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» Ніколову Миколі Олександровичу за наукові консультації та критичні зауваження до роботи.

The authors would like to express their gratitude to Assistant Professor of Electronic Engineering Department of National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» Mykola Oleksandrovych Nikolov for scientific advice and feedback to the article.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ткаченко Михайло Миколайович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця Міністерства охорони здоров'я України; бульв. Т. Шевченко, буд. 13, м. Київ, Україна, 01601; e-mail: mtkachenkodeprmm@gmail.com
моб.: +38 (050) 011-18-33

Внесок автора: концепція роботи та дизайн, корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів та ефективності використаного методу діагностики, аналіз даних.

Романенко Ганна Олександрівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця Міністерства охорони здоров'я України; бульв. Т. Шевченко, буд. 13, м. Київ, Україна, 01601; e-mail: ganusya96@gmail.com
моб.: +38 (050) 312-70-31

Внесок автора: концепція роботи та дизайн, дослідження хворих, корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів та ефективності використаного методу діагностики, аналітична робота, статистичний аналіз.

Миронова Олена Валеріївна – кандидат медичних наук, доцент кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця Міністерства охорони здоров'я України; бульв. Т. Шевченко, буд. 13, м. Київ, Україна, 01601; e-mail: mironovarad@gmail.com
моб.: +38 (050) 641-81-81

Внесок автора: дослідження хворих, корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів та ефективності використаного методу діагностики, аналітична робота, статистичний аналіз.

Мазур Анастасія Геннадіївна – кандидат медичних наук, асистент кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця Міністерства охорони здоров'я України; бульв. Т. Шевченко, буд. 13, м. Київ, Україна, 01601; e-mail: anastasiya.mazur@gmail.com
моб.: +38 (066) 384-33-92

Внесок автора: дослідження хворих, корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів та ефективності використаного методу діагностики, аналітична робота, статистичний аналіз.

Tkachenko Mykhailo Mykolayovych – Doctor of Medical Sciences, Professor, head of the department of radiology and radiation Bogomolets National Medical University Ministry of Health of Ukraine; 13, T. Shevchenko Blvd., Kyiv, Ukraine, 01601; e-mail: mtkachenkodeprmm@gmail.com
tel.: +38 (050) 011-18-33

Author's contribution: concept of the work and design, correction of the performed work, analysis of the obtained results and efficiency of used diagnostic method, data analysis.

Romanenko Hanna Oleksandrivna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University Ministry of Health of Ukraine; 13, T. Shevchenko Blvd., Kyiv, Ukraine, 01601; e-mail: ganusya96@gmail.com
tel.: +38 (050) 312-70-31

Author's contribution: concept of the work and design, study of patients, correction of the performed work, analysis of the obtained results and effectiveness of the diagnostic method used, analytical work, statistical analysis.

Mironova Olena Valeriivna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University Ministry of Health of Ukraine; 13, T. Shevchenko Blvd., Kyiv, Ukraine, 01601; e-mail: mironovarad@gmail.com
tel.: +38 (050) 641-81-81

Author's contribution: study of patients, correction of the performed work, analysis of the obtained results and effectiveness of the diagnostic method used, analytical work, statistical analysis.

Mazur Anastasiya Hennadiyevna – Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University Ministry of Health of Ukraine; 13, T. Shevchenko Blvd., Kyiv, Ukraine, 01601; e-mail: anastasiya.mazur@gmail.com
tel.: +38 (066) 384-33-92

Author's contribution: study of patients, correction of the performed work, analysis of the obtained results and effectiveness of the diagnostic method used, analytical work, statistical analysis.

Макаренко Анатолій Вікторович – завідувач відділення радіонуклідної діагностики Комунального некомерційного підприємства «Київська міська клінічна лікарня №18», асистент кафедри радіології та радіаційної медицини Національного медичного університету імені О.О. Богомольця Міністерства охорони здоров'я України; бульв. Т. Шевченка, буд. 17, м. Київ, Україна, 01601;
e-mail: Makarenko_Anatoly@ukr.net
моб.: +38 (096) 491-02-93

Внесок автора: дослідження хворих, корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів та ефективності використаного методу діагностики, аналітична робота, статистичний аналіз.

Горяїнова Надія Валеріївна – доктор медичних наук, виконуюча обов'язки директора Державної установи «Інститут гематології та трансфузіології Національної академії медичних наук України»; вул. М. Берлінського, буд. 12, м. Київ, Україна, 04060;
e-mail: Goryainovan@gmail.com
моб.: +38 (050) 654-38-44

Внесок автора: дизайн, аналіз отриманих результатів та ефективності використаного методу діагностики, аналіз даних.

Makarenko Anatolii Viktorovych – head of the department radionuclide diagnostics Communal non-commercial company «Kyiv City Clinical Hospital No.18»; assistant of the Department of Radiology and Radiation Medicine of Bogomolets National Medical University; 17, T. Shevchenko blvd., Kyiv, Ukraine, 01601;

e-mail: Makarenko_Anatoly@ukr.net
tel: +38 (096) 491-02-93

Author's contribution: study of patients, correction of the performed work, analysis of the obtained results and effectiveness of the diagnostic method used, analytical work, statistical analysis.

Goryainova Nadiya Valeriivna – Doctor of Medical Sciences, acting director of the State organization «Institute of Hematology and Transfusion of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 12, M. Berlinskyi Str., Kyiv, Ukraine, 04060;

e-mail: Goryainovan@gmail.com
tel: +38 (050) 654-38-44

Author's contribution: design, analysis of the obtained results and efficiency of the used diagnostic method, data analysis.

Рукопис надійшов
Manuscript was received
26.04.2023

Отримано після рецензування
Received after review
17.05.2023

Прийнято до друку
Accepted for printing
06.07.2023

Опубліковано
Published
30.09.2023
