

Для контрольної групи дослідження були взяті ті ж самі хворі до оперативного втручання (трансплантації печінки), які не приймали імунодепресивної терапії. Їм було проведено динамічну реносцинтиграфію з  $^{99m}\text{Tc}$ -пентатехом за 1 місяць до операції.

За результатами аналізу реносцинтиграм було проведено оцінку секреторно-фільтраційної та екскреторної функцій нирок, а також визначено функціональну активність паренхіми органа.

У 5 пацієнтів із гострим пієлонефритом спостерігалось зниження функціональної активності паренхіми однієї з нирок (клубочкова фільтрація (КФ) ураженої нирки дорівнювала  $26,2 \pm 1,3$ ). У 2 хворих на гострий пієлонефрит зафіксовано зниження функціональної активності паренхіми обох нирок (КФ =  $23,4 \pm 1,1$ ). У всіх пацієнтів із гострим пієлонефритом діагностовано порушення уродинаміки функції нирок ( $T_{\text{макс}} = 8,1 \pm 0,5$  хв;  $T_{1/2} = 23 \pm 1,0$  хв) (рис. 2).

У 7 хворих на хронічний пієлонефрит спостерігалось зниження функціональної активності паренхіми однієї з нирок (КФ ураженої нирки дорівнювала  $37,2 \pm 0,7$ ). В одного — мало місце зниження функціональної активності паренхіми обох нирок (КФ =  $32,4 \pm 0,4$ ), у 5 — порушення уродинаміки функції нирок ( $T_{\text{макс}} = 7,3 \pm 1,0$  хв;  $T_{1/2} = 9,0 \pm 0,5$  хв).

У всіх хворих на гідронефроз та злоякісні захворювання нирок, включених у дослідження, спостерігалось порушення функціональної активності паренхіми нирок (КФ =  $25,8 \pm 0,4$ ) та уродинаміки ( $T_{\text{макс}} = 9,1 \pm 0,3$  хв;  $T_{1/2} = 25 \pm 0,6$  хв) (рис. 3).

Дані реносцинтиграфії хворих після трансплантації печінки, які приймали імунодепресивну терапію, було порівняно з результатами контрольної групи (табл. 1).

Як видно з табл. 1, після прийому імунодепресантів у пацієнтів було виявлено вірогідне погіршення показників функціональної активності паренхіми та секреторно-екскреторної функції нирок ( $p < 0,05$ ) порівняно з показниками до прийому імунодепресантів.

Таким чином, динамічна реносцинтиграфія з  $^{99m}\text{Tc}$  пентатехом — сучасний високочутливий функціональний метод радіонуклідної діагностики, що дозволяє з високим ступенем вірогідності оцінювати функціональний статус хворих після трансплантації печінки, яким призначено імунодепресивну терапію.

Проведення такої терапії хворим після трансплантації печінки вірогідно знижує показники уродинаміки та функціональної активності паренхіми нирок.

Отже, таким пацієнтам доцільно проводити реносцинтиграфію з метою патогенетичного коригування імунодепресивної терапії.

В.Ю. Кундін, М.В. Сатир

Київська міська клінічна лікарня «Київський міський центр серця»

## Діагностична значущість суміщених технологій при сцинтиграфічній візуалізації кісткової системи

### Diagnostic significance of combines technologies at scintigraphic visualization of the bone system

**Summary.** The authors discuss the capabilities of standard planar bone scan, single photon emission computed tomography (SPECT) and combination of SPECT and x-ray computed tomography (SPECT/CT) at skeleton investigation.

The indications for each technique, their diagnostic value at determining bone malignancy and differential diagnosis with benign tumors were determined.

**Key words:** scintigraphic visualization, bone system, combined techniques.

**Резюме.** В работе рассмотрены возможности стандартной планарной остеосцинтиграфии, однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и совмещенной ОФЭКТ с рентгеновской компьютерной томографией (ОФЭКТ/КТ) при исследованиях костей скелета.

Определены показания для каждой из этих методик, их диагностическая значимость при выявлении злокачественного поражения костной системы и дифференциальной диагностике их с доброкачественными процессами.

**Ключевые слова:** сцинтиграфическая визуализация, костная система, совмещенные технологии.

**Ключові слова:** сцинтиграфічна візуалізація, кісткова система, суміщені технології.

Ураження кісткової системи розвиваються в більшості пацієнтів зі злоякісними новоутворами різної локалізації. Слід зауважити, що залучення кісткової тканини в пухлинний процес відбувається вже на ранніх стадіях деяких захворювань (найчастіше — раку грудної залози у жінок та раку простати у чоловіків), причому клінічні прояви можуть бути досить незначними.

Метою променевих методів дослідження є раннє виявлення метастатичного ураження кісткової системи. Це дозволяє визначити поширеність захворювання, оцінити можливості ускладнень (патологічні переломи, компресія спинного мозку) і обрати ефективний підхід до лікування.

Найбільш поширеним і чутливим стандартним дослідженням для діагностики метастатичного ураження кісткової системи є остеосцинтиграфія (ОСГ) з фосфатними сполуками, міченими технецієм. Цей метод дозволяє виявити мінімальні порушення кісткового метаболізму, які проявляються на кілька місяців раніше, ніж структурні зміни, доступні для рентгенологічних досліджень. Принцип ОСГ полягає у специфічному накопиченні остеотропного радіофармацевтичного препарату (РФП) в кісткових структурах унаслідок його фізико-хімічної спорідненості до мінеральних компонентів. При цьому більш інтенсивна фіксація препарату відповідає ділянкам підвищеної метаболічної активності внаслідок активної мінералізації кісткової тканини та її uszkodження, що відбувається

на ранніх стадіях патологічного процесу. Недоліком ОСГ є її низька специфічність, яка ускладнює диференціальну діагностику між доброякісними та злоякісними ураженнями [1].

На сьогодні ОСГ виконується в кількох режимах сцинтиграфічних досліджень: планарному (окремі проекції), профільній сцинтиграфії всього тіла (whole body), однофотонній емісійній комп'ютерній томографії (ОФЕКТ) і за суміщеною технологією ОФЕКТ з рентгеновською комп'ютерною томографією (КТ) (ОФЕКТ/КТ). Проведення планарної ОСГ включено до стандартів обстеження онкологічних хворих для стадіювання, рестадіювання та оцінки ефективності лікування при багатьох злоякісних новоутворах [2]. Застосування того чи іншого режиму або їх поєднання залежить від попередньої інформації, отриманої при планарному дослідженні.

#### **Показання до ОСГ в онкологічних хворих:**

А. Діагностика первинного ураження кісткової тканини.

Б. Діагностика вторинного ураження кісткової тканини.

В. Наявність вираженого больового синдрому.

Г. Підвищення рівня лужної фосфатази.

Д. Наявність підозрілих знахідок або вірогідних ознак метастатичного ураження при рентгенологічних та МРТ-дослідженнях.

Е. Оцінка ефективності променевого, хемотерапевтичного лікування і радіонуклідної терапії.

Понад 50 % онкологічних хворих не потребують додаткових досліджень для встановлення наявності чи відсутності метастатичного ураження скелета після стандартної планарної ОСГ або профільної сцинтиграфії всього тіла. Існує чітка кореляція між стадією онкологічного захворювання, її гістологічним типом, ступенем злоякісності та вірогідністю метастазування в скелет. Так, на прикладі раку передміхурової залози, метастатичні зміни на стандартній ОСГ виявляються у 5 % пацієнтів з I стадією захворювання, 10 % — з II і у 20 % — з III стадією. Також, при рівні простат-специфічного антигену менше 10 нг/мл метастатичне ураження кісток виявляється в 1 % пацієнтів, але при його підвищенні вірогідність кісткового метастазування пропорційно підвищується [2].

При множинному метастатичному ураженні кісток достатньо планарної ОСГ, але при одиничному вогнищі чи наявності сумнівних ділянок підвищеної фіксації РФП на рівнях 120–130 %, планарна ОСГ втрачає своє діагностичне значення. Як правило, таким хворим у висновку вказують про наявність цих ділянок і рекомендують додаткове дослідження через 2–3 місяці, що зовсім неприпустимо. В таких випадках ОСГ потрібно продовжувати в інших режимах. Планарна ОСГ має також обмеження для анатомічної локалізації ділянок підвищеної фіксації РФП, зокрема, в місцях накладання кісткових структур.

Зазвичай це стосується дрібних кісток та суглобів хребта і таза, в яких досить часто відбуваються інтенсивні дегенеративно-дистрофічні процеси (деформівний спондиліоз, спондилоліз та ін.) [1].

У 90-ті роки значного поширення набули сучасні дводетекторні гамма-камери з високою розрізняювальною здатністю, що поліпшило якість візуалізації і підвищило швидкість проведення дослідження, а також надало більше можливостей для вивчення томографічних ознак уражень різної етіології. Це методика ОФЕКТ, яка суттєво підвищувала чутливість ОСГ та дозволяла виявити на 20–50 % більше ділянок ураження порівняно зі стандартною ОСГ і досить чітко локалізувати їх розташування. При цьому отримана інформація представляється в трьох проекціях: аксіальній, фронтальній і сагітальній. Чутливість ОФЕКТ у діагностиці метастатичного ураження кісток становить 91 %, а специфічність — 93 % [1, 2].

#### **Показання для проведення ОФЕКТ за даними стандартної планарної ОСГ:**

А. Сумнівне (недостатньо інтенсивне) підвищене накопичення РФП, яке не дозволяє зробити висновок щодо доброякісного чи метастатичного ураження даної ділянки.

Б. Розташування ділянки підвищеного накопичення РФП у місці суперпозиції кісткових структур.

В. Численні ділянки ураження кісткової тканини, виявлені на КТ або МРТ.

Г. Необхідність порівняння (зіставлення) з іншими методами візуалізації.

За допомогою технології ОФЕКТ було встановлено, що при метастатичному ушкодженні хребта найчастіше потерпає задня частина тіла хребця з поширенням на ніжки, що зумовлене особливостями структури кровопостачання хребця. Перелом тіла хребця при ОФЕКТ має вигляд чітко окресленої ділянки підвищеного накопичення РФП у центральній частині тіла хребця. Наявність дегенеративних захворювань дисків сцинтиграфічно проявляється наявністю ділянок підвищеного накопичення в проекціях міжхребцевих дисків, а при аналізі аксіальних проекцій вони завжди локалізуються попереду передньолатеральних країв тіл хребців (так звані «гарячі» остеофіти). Спондилолізис (дефект у ділянці дуги хребця) на сагітальних зрізах має трикутну форму, на аксіальних — розташований одразу позаду спінального каналу на рівні тіла хребця. Дегенеративні ураження дуговідросткових суглобів хребців візуалізуються на сагітальних та аксіальних зрізах як округлі ділянки підвищеного накопичення РФП, розташовані на рівні міжхребцевого диска позаду тіла хребця, зазвичай симетрично з обох боків [1]. Всі зазначені зміни справляють відповідну КТ-картину, що дозволяє при зіставленні зображень уточнити їх локалізацію, диференціювати злоякісні зміни від доброякісних і таким чином суттєво підвищити специфічність ОСГ.

Як відомо, препарати, використовувані для ОСГ з ОФЕКТ, не є тумороспецифічними, тому незважаючи на уточнену локалізацію ділянок ушкодження вірогідність хибних результатів досить висока. На відміну від сцинтиграфічних, морфологічні методи дослідження не включені до обов'язкових при виявленні метастатичного ураження кісток. Тим не менш найчутливішим методом для деталізації морфологічних змін, залучення м'якотканинного компонента і

виявлення кортикальної деструкції кісток є рентгівська комп'ютерна томографія (КТ) [1, 3]. Тому досить часто після проведення ОСГ виникає потреба в призначенні КТ для подальшої оцінки неоднозначних ділянок підвищеного накопичення РФП.

**Показання до КТ після проведення стандартної ОСГ:**

А. Неоднозначні дані сцинтиграфії кісток.

Б. Виключення можливих ускладнень злоякісного

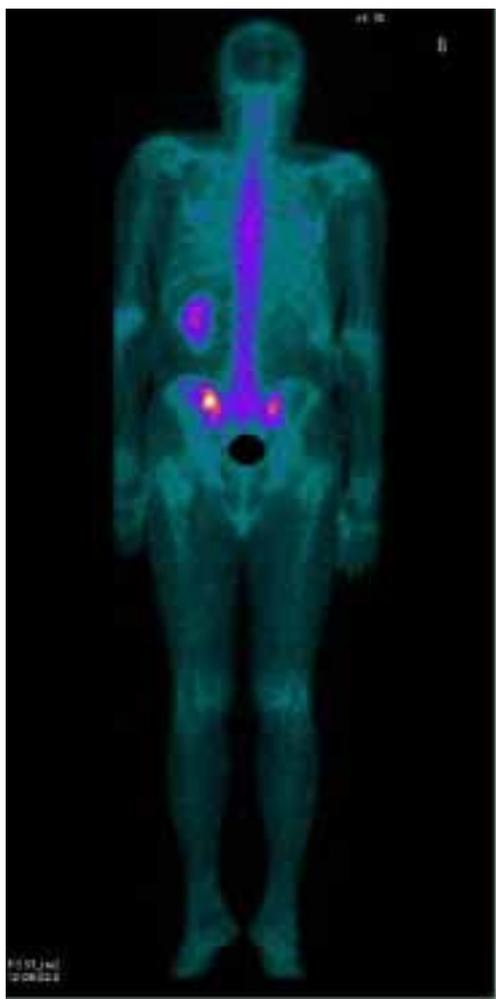


Рис. 1. Планарна ОСГ пацієнта К.

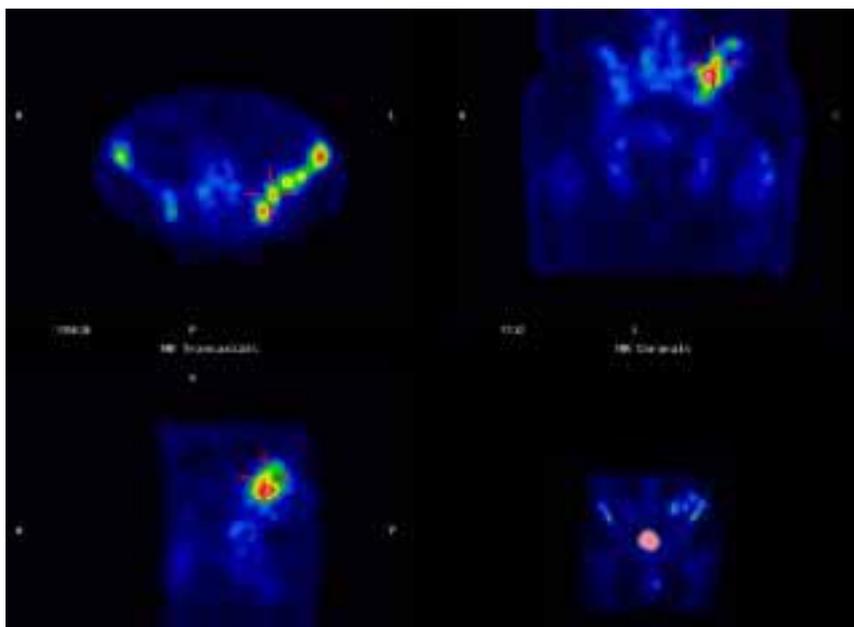


Рис. 2. ОФЕКТ кісток таза пацієнта К.

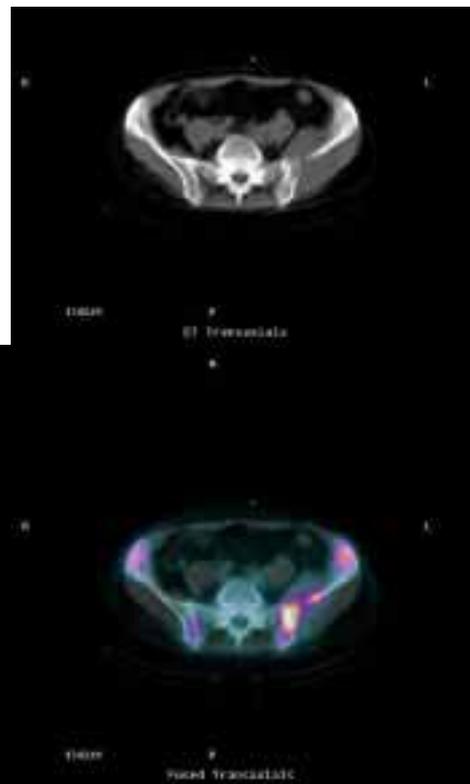
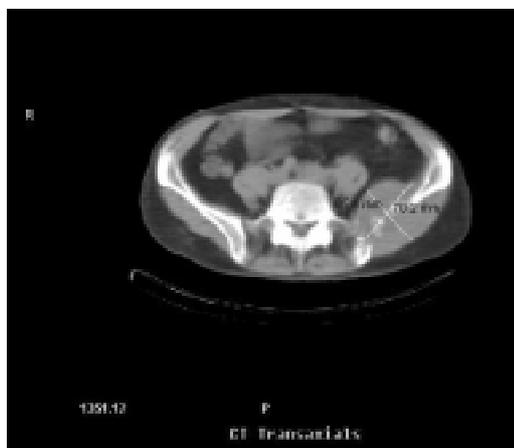


Рис. 3. ОФЕКТ/КТ кісток таза пацієнта К. (а — м'якотканинний утвір, пов'язаний з кістковою тканиною; б — ділянки деструкції кісткової тканини, які відповідають зонам максимальної фіксації РФП при ОФЕКТ/КТ)



а

б

ураження кісток при певній його локалізації (переломи, компресія спинного мозку або ураження невральних отворів хребців при їх метастатичному ураженні).

В. Колапс тіла хребця (диференціальна діагностика доброякісної та злоякісної природи ураження).

Г. Виявлення супутнього м'якотканинного компонента при ураженні кісткової тканини.

Д. Виявлення кортикальної деструкції в задніх елементах тіла хребця.

З огляду на викладене вище, точне зіставлення даних ОФЕКТ з даними КТ суттєво впливає на ефективність діагностики і підвищує діагностичну цінність обох методів, нівелюючи недоліки кожного з них. Оскільки порівняння отриманих при ОСГ даних з іншими томографічними методиками візуалізації останнім часом є досить важливим для клінічної практики, а точність накладання зображень підвищує специфічність методу, певне поширення отримали гібридні системи, що дозволяють одночасно проводити два дослідження і суміщувати зображення, враховуючи їх геометрію [4, 5].

Протягом останнього десятиріччя було розроблено і широко впроваджено в практику гібридні діагностичні системи, які дозволили суміщувати радіонуклідні та рентгенологічні дослідження. Це ОФЕКТ/КТ- і ПЕТ/КТ-системи. На сьогодні розробляються ОФЕКТ/МРТ- і ПЕТ/МРТ-системи. Перше ретроспективне дослідження, яке продемонструвало переваги суміщеного ОФЕКТ/КТ-дослідження перед стандартною ОСГ в режимі «все тіло» або ОФЕКТ, було опубліковано в 2006 році [6]. Автори обстежили 272 пацієнтів з гістологічно підтвердженими злоякісними новоутворами; 41 % з них було проведено додатково ОФЕКТ підозрілої ділянки скелета, при цьому половині з цих пацієнтів було виконано ОФЕКТ/КТ. В результаті роботи встановлено, що понад 90 % ділянок патологічного накопичення, виявлених та класифікованих як невизначені при ОФЕКТ, за допомогою суміщеного КТ було ідентифіковано як доброякісні (63 %) та злоякісні ураження (37 %) [6]. У більшості пацієнтів з підозрою на метастатичне ураження кісток скелета було остаточно діагностовано наявність метастазів протягом одного дослідження. Це виключило необхідність втрати часу на додаткові обстеження, а також значно зменшило психологічне навантаження на обстежуваних хворих [1, 3, 6].

#### Показання до ОФЕКТ/КТ:

А. Диференціальна діагностика підозрілих невизначених ділянок підвищеного накопичення РФП при стандартній планарній ОСГ у режимі «все тіло» або ОФЕКТ.

Б. Диференціальна діагностика доброякісних та злоякісних ділянок підвищеного накопичення РФП

залежно від їх локалізації в структурах кістково-суглобового апарату.

В. Підозра на наявність м'якотканинного компонента при ураженні кісткової тканини.

Г. Підозра на наявність супутніх ускладнень, зокрема патологічних переломів або компресії спинного мозку, які можуть бути виявлені при одному дослідженні.

Д. Необхідність проведення біопсії ураженої кісткової тканини.

Як приклад застосування технології ОФЕКТ/КТ наводимо такий клінічний випадок: хворий К., 58 років, прооперований з приводу пухлини правої нирки (правобічна нефректомія 08.02.2010 р.). Після операції виникла підозра на залучення кісток таза в патологічний процес. 17.02.2010 р. пацієнту було виконано планарну ОСГ. На отриманих проєкціях усього тіла (рис. 1), виявлено нечітко окреслену ділянку підвищеного накопичення РФП у проєкції (крижово-здухвинного з'єднання) лівої здухвинної кістки, відсоток накопичення в ній складає 140 % відносно симетричної неушкодженої ділянки. З метою детальної характеристики цієї ділянки пацієнту було проведено ОФЕКТ (рис. 2), при якій виявлено поширену зону інтенсивного неоднорідного накопичення, що займає середню та верхню частину крила лівої здухвинної кістки, відсоток накопичення відносно симетричної неушкодженої ділянки на аксіальних зрізах складає 252 %. При ОФЕКТ/КТ (рис. 3) виявлено ділянки деструкції кісткової тканини, що відповідають зонам максимальної фіксації РФП, а в ділянці дефекту його накопичення візуалізується м'якотканинний утвір розміром 65 × 70 мм, інтимно зв'язаний з кістковою тканиною.

Таким чином, технологія ОФЕКТ/КТ при дослідженнях кісткової системи у певній частини онкологічних хворих має низку переваг перед планарною ОСГ і ОФЕКТ, що полягають у можливості отримання суттєвої додаткової діагностичної інформації протягом одного дослідження.

#### Література

1. Even-Sapir E. // *J. Nucl. Med.* – 2005. – Vol. 46. – P. 1356–1367.
2. Ziessman H. A., O'Malley J. P., Thrall J. H. *Nuclear Medicine: The requisites in radiology. Third edition.* Elsevier, Mosby, 2006.
3. Horger M., Eschmann S.M., Pfannenbergs C. et al. // *A.J.R.* – 2004. – Vol. 183. – P. 655–661.
4. Buck A.K., Nekolla S., Ziegler S. et al. // *J. Nucl. Med.* – 2006. – Vol. 49. – P. 1305–1319.
5. Utsunomiya D., Shiraishi S., Imuta M. et al. // *Radiol.* – 2006. – Vol. 238. – P. 264–271.
6. Romer W., Nomayr A., Uder M. et al. // *J. Nucl. Med.* – 2006. – Vol. 47. – P. 1102–1106.