

**В.Ю. Кундін**  
**М.В. Сатур**

*Київська міська клінічна лікарня «Київський міський центр серця», Київ, Україна*

**Ключові слова:** *радіонуклідна діагностика, однофотонна емісійна комп'ютерна томографія, суміщення діагностичних зображень, кістково-суглобовий апарат.*

## АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ ОФЕКТ/КТ ПРИ ПАТОЛОГІЇ КІСТКОВО-СУГЛОБОВОГО АПАРАТУ

**Резюме.** *У роботі розглянуто можливості, переваги та аспекти клінічного застосування суміщеної технології однофотонної емісійної комп'ютерної томографії/комп'ютерної томографії (рентгенівської) (ОФЕКТ/КТ), коротко викладено передумови її створення та історію вдосконалення. Основну увагу приділено дослідженням кістково-суглобового апарату, описано клінічне застосування та порівняння різних режимів остеосцинтиграфії, включаючи ОФЕКТ/КТ. Також у роботі висвітлено та обґрунтовано унікальні можливості ОФЕКТ/КТ для точного визначення природи уражень кістково-суглобового апарату.*

Клінічне застосування технології однофотонної емісійної комп'ютерної томографії/комп'ютерної томографії (рентгенівської) (ОФЕКТ/КТ) останнім часом невідмінно зростає в усьому світі. Ця інтегрована технологія здобула статус загальноновизнаної для оптимізації діагностичних можливостей ОФЕКТ, підвищення її чутливості та специфічності, що потенційно суттєво впливає на клінічне ведення пацієнта [2, 9]. Комбіноване зображення дає послідовну функціональну інформацію ОФЕКТ та анатомічну інформацію КТ, що отримується протягом одного дослідження. Це дозволяє визначити і точно локалізувати ділянки патологічного та/або фізіологічного накопичення радіофармпрепарату (РФП), скоротити час дослідження та зменшити потребу в застосуванні повторних або додаткових діагностичних методів. Такий підхід є клінічно ефективним та економічно виправданим, тому він протягом останніх років набуває широкого поширення та інтенсивного розвитку в усьому світі [1, 5, 6].

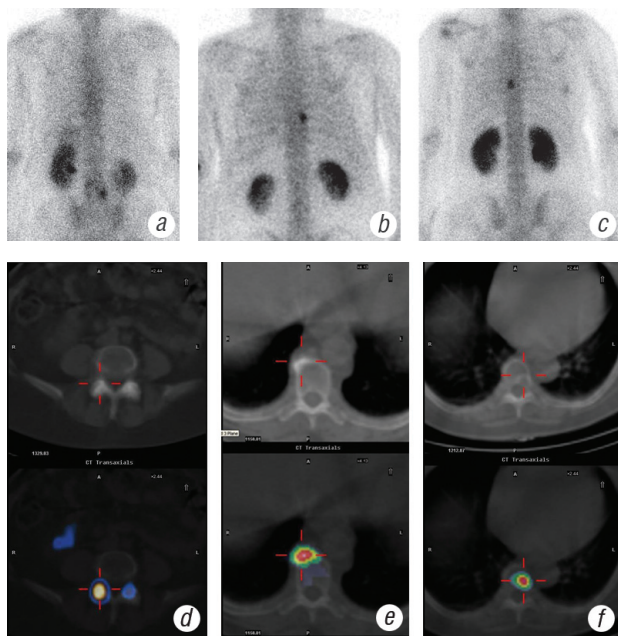
Потреба у суміщенні діагностичних зображень різних модальностей з метою поєднання анатомо-топографічної та функціональної інформації виникла досить давно. Раніше діагностичні питання вирішували шляхом зіставлення відповідних аксіальних проекцій різних досліджень (side-by-side) або поєднання їх шляхом комп'ютерної реконструкції, але цей процес займав досить багато часу. Зіставлення не було достатньо точним у зв'язку з особливостями різних програм обробки діагностичної інформації, зміною положення тіла та фізіологічними рухами пацієнта під час досліджень. Тому створення інтегрованої бімодальної системи, що дозволила поєднати в собі 2 методи дослідження, кожний з яких компенсує недоліки іншого, стало визначною подією для променевої діагностики [1, 2, 10].

Перший комерційний гібридний ОФЕКТ/КТ томограф було виготовлено і впроваджено в практику у 1999 р. Протягом останнього десятиріччя було суттєво вдосконалено технічні характеристики ін-

тегрованих систем, підвищено якість комп'ютерних станцій збору та обробки діагностичної інформації, знижено їх вартість, також було створено нові РФП, мічені технецієм ( $^{99}\text{Tc}$ ), для візуалізації біологічно важливих процесів (рецепторного статусу клітинних мембран, клітинного росту, гіпоксії, ангіогенезу, апоптозу). Усе це дало поштовх для подальшого розвитку ОФЕКТ/КТ, стимулювало вивчення ефективності та клінічної значущості отриманих результатів у різних галузях медицини [1, 2].

Увагу фахівців привернуло застосування технології ОФЕКТ/КТ для дослідження кістково-суглобового апарату. Цей інтерес зумовлений тим, що остеосцинтиграфія (ОСГ) з остеотропними фосфатними сполуками, міченими  $^{99}\text{Tc}$ , залишається найпоширенішим радіонуклідним дослідженням при діагностиці всіх видів ураження кісткової системи вже більше 30 років. Чутливість ОСГ досить висока і дозволяє виявити ділянки підвищеного метаболізму при мінімальній (5–10%) ремоделюванні кісткової тканини, яка проявляється на кілька місяців раніше, ніж структурні зміни, доступні для конвенційної рентгенографії, КТ, магнітно-резонансної томографії (МРТ) [5, 6, 8, 11]. Недоліками ОСГ є її низька специфічність, яка ускладнює диференційну діагностику між доброякісними та злоякісними ураженнями, а також відсутність чітких анатомічних орієнтирів для точної локалізації патологічних ділянок. Натомість, анатомо-топографічні методи променевої діагностики (КТ, МРТ) дозволяють просторово точно локалізувати патологічний процес, кількісно оцінити зміни в розмірах органів та щільності тканин. Суміщення анатомічного та функціонального зображень дозволяє одночасно оцінити метаболічний стан ділянки патологічного ураження та точно його локалізувати, тобто підвищити специфічність ОСГ без зниження її чутливості. На рис. 1 наведено фрагменти планарних скінтиграм ( $a-c$ ) та результати ОФЕКТ/КТ ( $d-f$ ) хворих зі злоякісними утвореннями з високою вірогідністю метаста-

зування у кістки. В усіх трьох випадках було виявлено поодинокі неоднозначні ділянки підвищеного накопичення остеотропного РФП ( $^{99}\text{Tc-MDP}$ ) в хребті: *a*) ОСГ *хворої Н.*, діагноз — карцинома правої молочної залози; ділянка підвищеного накопичення локалізована в  $L_{\text{V}}$  (136%); *b*) ОСГ *хворого М.*, діагноз — аденокарцинома передміхурової залози; ділянка підвищеного накопичення локалізована в  $L_{\text{III}}$  (135%); *c*) ОСГ *хворої В.*, діагноз — карцинома правої молочної залози; ділянка підвищеного накопичення локалізована в  $\text{Th}_{\text{IX}}$  (142%). Усім хворим було проведено ОФЕКТ/КТ з метою уточнення природи виявлених ділянок. За результатами цього дослідження у *хворої Н.* встановлено локалізацію ділянки патологічної фіксації РФП у правому дуговідростковому суглобі  $L_{\text{IV}}-L_{\text{V}}$  внаслідок артритично-дегенеративних змін у ньому (за даними КТ) (*d*); у *хворого М.* підвищена фіксація РФП локалізується в проекції міжхребцевого диска попереду тіла хребця  $L_{\text{III}}$  внаслідок дегенеративних змін з виникненням так званого гарячого остеофіта (склеротичні зміни замикаючих пластин  $L_{\text{III}}-L_{\text{IV}}$ , що розташовані попереду тіла хребця на КТ) (*e*); у *хворої В.* ділянка підвищеного накопичення локалізована в задньолатеральному відділі тіла хребця з переходом на ніжку і відповідає літичному вогнищу з порушенням цілісності кортикальної пластинки в тілі хребця на КТ, що є типовим для метастатичного ураження (*f*).



**Рис. 1.** ОСГ (*a, b, c*) та дані ОФЕКТ/КТ (*d, e, f*) пацієнтів з високою вірогідністю метастатичного ураження кісток скелета: *хворої Н.* (*a, d*), *хворого М.* (*b, e*), *хворої В.* (*c, f*)

ОСГ включена у більшість протоколів діагностики, стадіювання та контролю ефективності лікування онкологічних хворих, а також досить широко застосовується в ортопедії, травматології, ревматології для оцінки метаболічного стану ушкоджених кістково-суглобових структур [5, 11]. На сьогодні питання ступеня ураження кісткової системи залишається найважливішим для онкологічних хворих.

Адже від раннього виявлення та поширеності метастатичного ураження скелета, вірогідності ускладнень (патологічних переломів, компресії спинного мозку) залежать вибір ефективної лікувальної тактики і прогноз захворювання.

Отже, враховуючи досягнення діагностики останніх років, нині ОСГ може виконуватися в наступних режимах: профільна сцинтиграфія всього тіла (whole body), планарний режим збору окремих проекцій (найчастіше виконується при отриманні зображень китиць, стоп, трубчатих кісток, а також для кращої візуалізації кісткових структур, що накладаються одна на одну в прямій проекції), ОФЕКТ і за суміщеною технологією ОФЕКТ/КТ. Проведення планарної ОСГ включено в стандарти обстеження онкологічних хворих для стадіювання, рестадіювання та оцінки ефективності лікування при багатьох злоякісних новоутвореннях [6, 11]. Застосування того чи іншого режиму або їх поєднання залежать від попередньої інформації, отриманої при планарному дослідженні. Оскільки ОСГ найбільше застосовують в онкології, ми пропонуємо розглянути її використання у пацієнтів зі злоякісними захворюваннями.

**Показаннями до ОСГ у онкологічних хворих є:** діагностика первинного та вторинного ураження кісткової тканини; наявність вираженого болювого синдрому; підвищення рівня лужної фосфатази; наявність підозрілих утворень або достовірних ознак метастатичного ураження при рентгенологічних та МРТ-дослідженнях; оцінка ефективності променевого, хіміотерапевтичного лікування та радіонуклідної терапії.

Більше 50% онкологічних хворих не потребують додаткових досліджень для встановлення наявності або відсутності метастатичного ураження скелета після стандартної планарної ОСГ. Існує чітка кореляція між стадією онкологічного захворювання, гістологічним типом пухлини, ступенем її злоякісності та вірогідністю виникнення метастазування в скелет. Так, наприклад, при раку передміхурової залози метастатичні зміни на стандартній ОСГ виявляють у 5% пацієнтів з I стадією захворювання, у 10% — з II і у 20% — із III стадією. При рівні простатспецифічного антигену  $<10$  нг/мл метастатичне ураження кісток виявляють у 1% пацієнтів, але при підвищенні цього рівня вірогідність кісткового метастазування пропорційно підвищується [11]. Таким чином, при множинному метастатичному ураженні кісток скелета, виявленому при стандартній планарній ОСГ, подальше обстеження не проводиться. При виявленні одного або декількох сумнівних вогнищ підвищеного накопичення РФП, особливо в місцях накладання кісткових структур (дрібних кісток та суглобів хребта і таза, в яких досить часто відбуваються інтенсивні дегенеративно-дистрофічні процеси), виникає необхідність більш точної їх локалізації з метою диференційної діагностики доброякісних і злоякісних процесів в них [4, 6, 8]. Як правило, при неможливості провести ОФЕКТ таким хворим вказують у висновку

про наявність цих ділянок і рекомендують повторне дослідження через 2–3 міс. Застосування методики ОФЕКТ, яка дозволяє уточнити локалізацію ділянок гіперметаболізму в кістково-суглобових структурах, суттєво підвищує діагностичні можливості методу та надає важливу додаткову інформацію для диференційної діагностики ділянок доброякісного та злоякісного походження [4, 8]. За даними літератури, ця методика суттєво підвищує чутливість ОСГ та дозволяє виявити на 20–50% більше ділянок ураження порівняно зі стандартною ОСГ і досить чітко локалізувати їх розташування. При цьому отримана інформація подається в трьох проекціях: аксіальній, фронтальній та сагітальній. Чутливість ОФЕКТ в діагностиці метастатичного ураження кісток становить 91%, а специфічність — 93% [6, 11]. **Показаннями для проведення ОФЕКТ після стандартної планарної ОСГ є:** сумнівне (недостатньо інтенсивне) підвищення накопичення РФП, яке не дозволяє зробити висновок щодо доброякісного або метастатичного ураження даної ділянки; розташування ділянки підвищеного накопичення РФП в місці суперпозиції кісткових структур; наявність ділянок ураження кісткової тканини, виявлених раніше на КТ або МРТ; необхідність порівняння (зіставлення) даних дослідження з іншими методами візуалізації.

За допомогою технології ОФЕКТ було встановлено, що при метастатичному ушкодженні хребта найчастіше уражується задня частина тіла хребця з розповсюдженням на ніжки, що обумовлено особливостями структури хребця та його кровопостачанням. На рис. 2 представлено фрагмент сцинтиграми всього тіла та дані ОФЕКТ/КТ *пацієнта К.* з діагнозом аденокарцинома передміхурової залози. За результатами ОСГ (а) візуалізуються 2 ділянки підвищеного накопичення РФП: в тілі 5-го поперекового хребця (210%) і в проекції правого крижово-здухвинного з'єднання (155%). Оскільки друга ділянка розташована в місці накладання кісткових структур (заднього відділу крила правої здухвинної кістки та крижово-здухвинного з'єднання) і відсоток накопичення в ній є сумнівним, пацієнту було проведено ОФЕКТ/КТ (b, c). При оцінці суміщених аксіальних сканів було виявлено, що 1-ша ділянка локалізована в задньо-латеральному відділі тіла хребця з втягненням правої ніжки, що типово для метастатичного ураження (b); 2-га ділянка розташована за межами кісткових структур і відповідає сечоводу, в якому відбувається затримка РФП (c).

Перелом тіла хребця при ОФЕКТ має вигляд чітко окресленої ділянки підвищеного накопичення РФП в 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 передньо-латеральних 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 [4, 8, 11]. Усі вищезазначені зміни мають відповідну КТ-картину, що дозволяє при зіставленні зображень уточнити їх локалізацію, диференціювати злоякісні зміни від доброякісних і, таким чином, суттєво підвищити специфічність ОСГ. Як приклад на рис. 3 наведено сцинтиграми всього тіла (а) та дані ОФЕКТ/КТ (b, c) *пацієнтки К.* (65 років) з підозрою на метастатичне ураження хребця L<sub>III</sub> метастазами анонімної пухлини. На планарній сцинтиграмі усього тіла (а) візуалізуються 2 ділянки підвищеного накопичення РФП: проекція L<sub>II</sub> — 154%, проекція L<sub>III</sub> — 202%. При ОФЕКТ/КТ на аксіальних КТ та суміщених зображеннях у проекції L<sub>II</sub> (b) виявлено білатеральні ділянки підвищеного накопичення препарату по передній поверхні тіла хребця, що відповідають склеротичним дегенеративним змінам на КТ. На аксіальних КТ та суміщених зображеннях в проекції L<sub>III</sub> (c) виявлено ділянку підвищеного накопичення препарату в тілі хребця, розташовану центрально без розповсюдження на ніжки; на відповідних КТ-сканах ця ділянка характеризується деструктивними змінами з втягненням кортикальної пластинки, що відповідають компресійному перелому внаслідок остеопорозу. При подальшому дообстеженні відсутність метастатичного ураження кісткової системи було підтверджено.

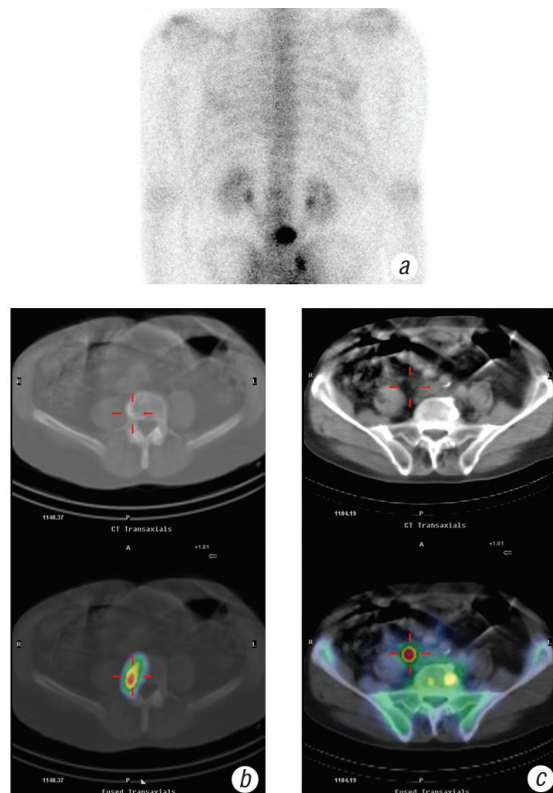
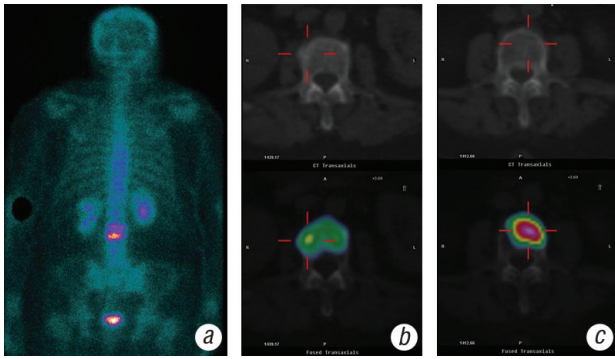


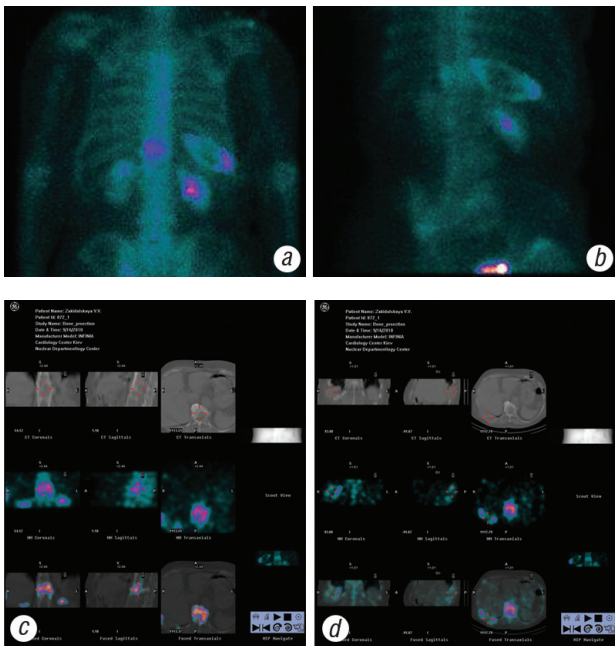
Рис. 2. ОСГ (а) та дані ОФЕКТ/КТ (b, c) *пацієнта К.*





**Рис. 3.** Сцинтиграма (а) та дані ОФЕКТ (b, c) пацієнтки К. з підозрою на метастатичне ураження хребця L<sub>III</sub> метастазами анонімної пухлини

Зіставлення зображень ОСГ і ОФЕКТ/КТ дозволяє також встановити наявність супутнього м'якотканинного компонента при ураженні кісткової тканини. На рис. 4 зіставлено сцинтиграму (планарна задня проекція (а), права скісна проекція (b) грудної клітини) та дані ОФЕКТ/КТ (c, d) пацієнтки З. (73 роки) з діагнозом рак правої молочної залози. За результатами ОСГ (а, b) візуалізуються ділянки підвищеного накопичення РФП в проекції хребця Th<sub>XI</sub> (140%) та ділянка округлої форми з фотондефіцитним вогнищем усередині в проекції ребер X та XI праворуч. При проведенні ОФЕКТ/КТ вдалося чітко візуалізувати м'якотканинне утворення в грудній стінці з втягненням і руйнуванням ребер X та XI (c), а також патологічний компресійний перелом тіла Th<sub>XI</sub> внаслідок його метастатичного ураження (d).



**Рис. 4.** Сцинтиграми (а, b) та дані ОФЕКТ (c, d) пацієнтки З. з діагнозом рак правої молочної залози

Однак незважаючи на суттєвий прогресивний розвиток радіонуклідних досліджень внаслідок впровадження томографічних технологій, багато питань залишалися невизначеними. Тоді як застосування досліджень ОФЕКТ/КТ у різних галузях медицини дозволило змінити діагноз у 30% пацієнтів

порівняно з ОФЕКТ [2]. *Доступність і поширення гібридних систем спонукали дослідників вивчати переваги суміщених технологій перед звичайним ОФЕКТ у першу чергу при дослідженнях кістково-суглобового апарату. Зокрема, це було зумовлено тим, що саме при дослідженні скелета зменшується кількість факторів, що призводять до помилок при суміщених зображеннях, а саме:* мінімальна вірогідність погрешностей внаслідок фізіологічних рухів при суміщенні зображень (екскурсії легень при диханні, серцебиття, перистальтики кишечника, флуктуації сечового міхура) внаслідок статичності кісткової системи; відсутність необхідності контрастування і пов'язаних з цим технічних і медичних ускладнень (погіршення якості КТ внаслідок перерозподілу контрасту під час збору ОФЕКТ, високої вірогідності виникнення контраст-індукованої нефропатії); мінімальні вимоги для інтегрованого КТ (достатньо односласового пристрою з генерацією мінімальної сили струму для отримання діагностично значущого зображення).

Велика кількість робіт, присвячених можливостям і перевагам ОФЕКТ/КТ взагалі, а також при дослідженні скелета, була опублікована у 2004–2008 рр. Так, у 2004 р. М. Horger [7] експериментально виявив перевагу ОФЕКТ/КТ-дослідження перед ОФЕКТ у невеликій групі пацієнтів онкологічного профілю. За допомогою двохдетекторної гамма-камери та низькодозової рентген-трубки, що оберталися навколо пацієнта, було чітко детерміновано природу ділянок ураження у 85% випадків, на відміну від 36% випадків при ОФЕКТ. Перше ретроспективне дослідження, яке продемонструвало переваги суміщеного ОФЕКТ/КТ-дослідження перед стандартною ОСГ у режимі «все тіло» або ОФЕКТ, було опубліковано в 2006 р. [9]. Автори обстежили 272 пацієнти з гістологічно підтвердженими злоякісними новоутвореннями. Додатково у 41% з них було проведено ОФЕКТ підозрілої ділянки скелета, при цьому половині з цих пацієнтів провели ОФЕКТ/КТ. У результаті роботи було встановлено, що більше 90% ділянок патологічного накопичення, виявлених та класифікованих як невизначені при ОФЕКТ, за допомогою суміщеного КТ було ідентифіковано як доброякісні (63%) та злоякісні ураження (37%). 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. Автори роботи також приділили увагу зменшенню променевого навантаження на пацієнта при проведенні дослідження. Згідно з їх концепцією використання даних ОФЕКТ для визначення поля зору КТ дозволяє зменшити кількість сканів до мінімально необхідного. Існують також роботи, що засвідчують перевагу суміщених зображень перед окремо виконаними ОСГ та ОФЕКТ для диференційної діагностики доброякісних і злоякісних уражень скелета [5, 6, 9]. Враховуючи результати про-

ведених досліджень, товариством ядерної медицини Сполучених Штатів Америки (SNM) було розроблено рекомендації (Procedure Guidelines) [3] для комбінованих пристроїв ОФЕКТ/КТ, в яких дослідження кістково-суглобового апарату посідає одне з перших місць. Це дослідження включено до класичних показань до ОФЕКТ/КТ як при онкологічних, так і при неонкологічних ураженнях кістково-суглобового апарату [1, 2, 5, 6]. Спираючись на дані літератури, можна виділити такі показання для проведення ОФЕКТ/КТ скелета: невідповідність даних анатомо-морфологічного та радіонуклідного дослідження, проведених окремо; диференційна діагностика підозрілих невизначених ділянок підвищеного накопичення РФП, виявлених при стандартній планарній ОСГ в режимі «все тіло» або ОФЕКТ; диференційна діагностика ділянок підвищеного накопичення РФП доброякісної та злоякісної природи залежно від їх локалізації в структурах кістково-суглобового апарату (див. рис. 1); підозра на наявність супутнього м'якотканинного компонента при ураженні кісткової тканини (див. рис. 8); підозра на наявність супутніх ускладнень, зокрема патологічних компресійних переломів хребців, ураження неавральних отворів хребців або стискання спинного мозку, які можуть бути виявлені при одному дослідженні; необхідність проведення біопсії ураженої кісткової тканини при мінімальних рентгенологічних змінах.

Таким чином, технологія ОФЕКТ/КТ при дослідженнях кісткової системи має суттєві переваги перед планарною ОСГ і ОФЕКТ, а також перед окремо проведеними морфологічними і радіонуклідними дослідженнями. ОФЕКТ/КТ дає можливість отримати суттєву додаткову діагностичну інформацію протягом одного дослідження, зменшити кількість невизначених результатів та загальний час діагностичного процесу. Згідно з висновками Міжнародної агенції з атомної енергії (ІАЕА) ця технологія має всі підстави стати золотим стандартом променевої діагностики для точного визначення природи уражень кістково-суглобового апарату.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Buck AK, Nekolla S, Ziegler S, *et al.* SPECT/CT. J Nucl Med 2006; **49**: 1305–19.
2. Clinical applications of SPECT/CT: New hybrid nuclear medicine imaging system. IAEA, Vienna, 2008.
3. Delbeke D, Coleman E, Guiberteau MJ, *et al.* Procedure guideline for SPECT/CT imaging 1.0. J Nucl Med 2006; **47**: 1227–34.
4. Even-Sapir E, Martin RH, Barnes DC, *et al.* Role of SPECT in differentiating malignant from benign lesions in the

lower thoracic and lumbar vertebrae. Radiology 1993; **187**: 193–8.

5. Even-Sapir E, Flusser G, Lerman H, *et al.* SPECT/Multislice low-dose CT: a clinically relevant constituent in the imaging algorithm of nononcologic patients referred for bone scintigraphy. J Nucl Med 2007; **48**: 319–24.

6. Even-Sapir E. Imaging of malignant bone involvement by morphologic, scintigraphic, and hybrid modalities. J Nucl Med 2005; **46**: 1356–67.

7. Horger M, Eschmann SM, Pfannenbergs C, *et al.* Evaluation of combined transmission and emission tomography for classification of skeletal lesions. AJR 2004; **183**: 655–61.

8. Maeseneer M, Lenchik L, Everaert H, *et al.* Evaluation of lower back pain with bone scintigraphy and SPECT. Radiographics 1999; **19**: 901–12.

9. Romer W, Nomayr A, Uder M, *et al.* SPECT-guided CT for evaluating foci of increased bone metabolism classified as indeterminate on SPECT in cancer patients. J Nucl Med 2006; **47**: 1102–6.

10. Utsunomiya D, Shiraishi S, Imuta M, *et al.* Added value of SPECT/CT fusion in assessing suspected bone metastasis: comparison with scintigraphy alone and nonfused scintigraphy and CT. Radiology 2006; **238**: 264–71.

11. Ziessman HA, O'Malley JP, Thrall JH. Nuclear Medicine: The requisites in radiology. Third edition. Elsevier: Mosby, 2006.

## CLINICAL ASPECTS OF ADMINISTRATION AND DIAGNOSTIC IMPORTANCE OF SPECT/CT IN PATHOLOGY OF BONES AND JOINTS APPARATUS

V. Yu. Kundin, M. V. Satyr

**Summary.** *Abilities, advantages and clinical using aspects of integrated SPECT with computer tomography (SPECT/CT) were examined in this report. The background of creation and history of improvement is state briefly here. The main attention devoted to examinations of the bone and joint system, described clinical use and comparison different regimes of the bone scintigraphy including SPECT/CT. It is covered and founded the unique abilities SPECT/CT for precise determination of the nature bone and joint lesions.*

**Key Words:** nuclear medicine, single photo emission tomography, fusion diagnostic imaging, bone and joint system.

### Адреса для листування:

Кундін В.Ю.  
02660, Київ, вул. Братиславська, 5а  
Київська міська клінічна лікарня  
«Київський міський центр серця»,  
відділення радіонуклідної діагностики  
E-mail: kundin@ukr.net