

об'єму прямої кишки, 42% об'єму сечового міхура і 21% кісток потрапляють в 50% ізодозу (1 Гр) від РОД 2 Гр на пухлину. Таке променеве навантаження не перевищує толерантності цих органів, отже дає змогу прогнозувати ризик виникнення післяпроменевих реакцій і ушкоджень. Згідно з розрахунками, за цією методикою опромінення променеві реакції будуть мінімальні.

Таким чином, індивідуальна програма опромінення на лінійному прискорювачі дозволяє концентрувати дозу в опромінюваній мішені і мінімізувати негативні наслідки іонізуючого випромінювання на нормальні тканини, а також прогнозувати ймовірність розвитку променевих уражень. А це, як відомо, підвищує якість життя хворих.

Отже, променева терапія на лінійному прискорювачі забезпечує конформне опромінення. При цьому за радіотерапії за індивідуальною програмою знижується частота і ступінь прояву променевих реакцій та ушкоджень, підвищується ефективність радіотерапії та якість життя хворих.

Література

1. Канаев С.В. Радикальная лучевая терапия рака предстательной железы // *Практическая онкология: избранные лекции* / Под ред. С.А. Тюляндина и В.М. Моисеенко. – СПб, 2004. – С. 415–423.
2. Цыб А.Ф., Корякин О.Б., Свиридов П.В. Лучевая терапия опухолей простаты // *Терапевтическая радиология: руководство для врачей* / Под ред. А.Ф. Цыба, Ю.С. Мардынского. – М., 2010. – С. 284–304.
3. Мечев Д.С., Щербина О.В., Чеботарьова Т.І. // *УРЖ*. – 2001. – Т. IX, вип. 3. – С. 331–337.
4. Ваганов Н.В., Важенин А.В. *Медико-физическое обеспечение лучевой терапии*. – Челябинск, 2004. – 552 с.

О.М. Ключов, М.М. Фірсова,
Т.М. Говоруха, Д.С. Осинський,
О.Г. Олійніченко, А.В. Холодна, О.І. Лола
Київський міський клінічний онкологічний центр,

*Центр ядерної медицини, Київ,
Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, Київ*

Перший досвід застосування ПЕТ–КТ в онкологічній практиці

The first experience of application of PET-CT in oncology

Summary. The results of first experience of application in Ukraine of combined positron emission and computed tomography (PET CT) in the Center of Nuclear Medicine based at Kyiv City Clinical Cancer Hospital are presented.

The findings of investigation of cancer patients with various tumors are analyzed. Importance of use of PET CT in diagnosis and staging of the disease, determining the degree of the process generalization and differential diagnosis of the character of the process is shown.

Key words: combined tomography and positron emission tomography, radiopharmaceutical, ^{18}F -fluorodeoxyglucose, malignant tumors, metastases, relapses, treatment efficacy control.

Резюме. Представлены результаты первого опыта применения в Украине совмещенной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии (ПЭТ–КТ) в Центре ядерной медицины на базе Киевского городского клинического онкоцентра. Проанализированы данные обследования онкологических пациентов с опухолями различных локализаций. Показана актуальность использования ПЭТ–КТ для уста-

новления заболевания, стадирования, определения степени распространенности процесса и проведения дифференциальной диагностики характера процесса.

Ключевые слова: совмещенная с компьютерной позитронно-эмиссионная томография, радиофармпрепарат, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза, злокачественные опухоли, метастазы, рецидивы, контроль эффективности лечения.

Ключові слова: поєднана з комп'ютерною позитронно-емісійною томографією, радіофармпрепарат, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза, злоякісні пухлини, метастази, рецидивы, контроль ефективності лікування.

Рання діагностика злоякісних новоутворів залишається одним із найактуальніших питань сучасної клінічної онкології. Правильно поставлений діагноз є основним чинником у призначенні спеціального лікування, виборі протоколу хіміотерапії чи опромінення, доборі індивідуальної схеми терапії. Однак такі методи діагностики, як УЗД, КТ та МРТ не є ефективними для оцінки функціонального стану тканин та проведення кількісного і якісного аналізу застосованої терапії. Саме з цією метою на сьогодні в усьому світі широко використовують позитронно-емісійну томографію.

Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) — один із методів молекулярної радіонуклідної візуалізації, який дозволяє дати якісну та кількісну оцінку різних біохімічних процесів, що відбуваються в організмі людини. Даний метод діагностики заснований на реєстрації пари гамма-квантів, які виникають при анігіляції позитронів. Позитрони виникають при позитронному бета-розпаді радіонукліда, що входить до складу радіофармпрепарату (РФП) [1]. Для ПЕТ-діагностики використовують РФП, складовою частиною яких є короткоживучі та ультракороткоживучі радіонукліди.

Нині при ПЕТ–КТ обстеженні використовують такий РФП, як 18-фтордезоксиглюкоза (18F-ФДГ), який є біологічним аналогом глюкози та містить радіоактивний позитрон-випромінюючий нуклід фтор-18 [2]. Пацієнту вводять в/в 18F-ФДГ, після чого він розподіляється по всьому організму та фіксується в ділянках фізіологічного та патологічного метаболізму. Через підвищений метаболізм у клітинах пухлин, саме в них інтенсивніше накопичується глюкоза, що і реєструє ПЕТ-сканер у вигляді ділянок патологічної гіперметаболічної активності.

Однак обмеженням ПЕТ-дослідження є відсутність даних про точні анатомічні локалізації. Усунення цього недоліку і стало основою для створення «гібридних» ПЕТ–КТ систем, які поєднали два методи діагностики. Комп'ютерна томографія використовується для корекції ПЕТ-зображень з метою встановлення анатомічних орієнтирів [3].

Отже, метою даної роботи стало визначення ефективності застосованого методу, що полягає у чіткому встановленні поширеності процесу, забезпеченні контролю ефективності проведеного комплексного лікування, здійсненні диференціальної діагностики злоякісного, доброякісного та запального процесів.

Проводяться ПЕТ–КТ дослідження згідно з встановленими показаннями та протипоказаннями (таблиця 1).

У роботі проаналізовано результати обстежень 77 хворих (з них 33 — чоловіки та 44 — жінки), віком 21–76 років, за нозологіями, зазначеними в таблиці 2.

Для проведення ПЕТ–КТ дослідження пацієнти проходили спеціальну підготовку. Обстеження проводили з радіофармпрепаратом 18F-ФДГ.

Аналіз результатів засвідчив високу інформативність даного методу обстеження в онкологічних хворих, що повністю збігається з даними літератури [4–7]. Саме можли-

Таблиця 1
Показання та протипоказання до проведення ПЕТ–КТ досліджень

Показання	Протипоказання
Визначення поширеності процесу	Цукровий діабет (суб- та декомпенсований)
Виявлення віддалених метастазів	Гострі інфекційні захворювання та загострення хронічних запальних процесів
Стадіювання процесу	Загальний тяжкий стан хворого
Планування променевої терапії	–
Оцінка ефективності проведеного лікування	–

Таблиця 2
Результати обстежень за нозологіями

Нозологія	Кількість пацієнтів	Нозологія	Кількість пацієнтів
Рак легені	3	Анонімна пухлина	1
Рак грудної залози	20	Рак прямої кишки	4
Рак яєчників	1	Рак ободової кишки	1
Рак тіла матки	1	Рак сигмоподібної кишки	4
Рак шийки матки	2	Ліпосаркома	2
Рак маткових труб	1	Лейоміосаркома	1
Рак цервікального каналу	2	Негоджкінська лімфома	5
Рак піхви	1	Лімфогранулематоз	12
Рак сечового міхура	2	Меланома	3
Рак простати	2	Рак підшлункової залози	2
Рак нирки	2	Тумор заочеревинного простору	1
Пухлини голови та шії	2	—	—

вості ПЕТ–КТ дозволили майже у третини хворих виявити невідомі осередки ураження та вчасно зорієнтувати лікарів відносно лікувальної тактики. Також велике значення мають ці дослідження для планування променевої та хіміотерапії, контролю їх якості та внесення коректив у процес лікування (таблиця 3).

Наведені нижче випадки з практики підтверджують положення, викладені нами.

Таблиця 3
Результати проведених ПЕТ–КТ досліджень

Загальна кількість обстежених пацієнтів	Кількість підтверджених діагнозів	Виявлення нових додаткових зон при ПЕТ–КТ дослідженні	Рестадіювання після ПЕТ–КТ дослідження
77	65	22	30

Пацієнтка М., 60 років, Ca gland. mam. Sin ст II T2NxM0 кл. гр. II Susp. prol. morbi в gl. Mam. Dex. (рисунок 1).

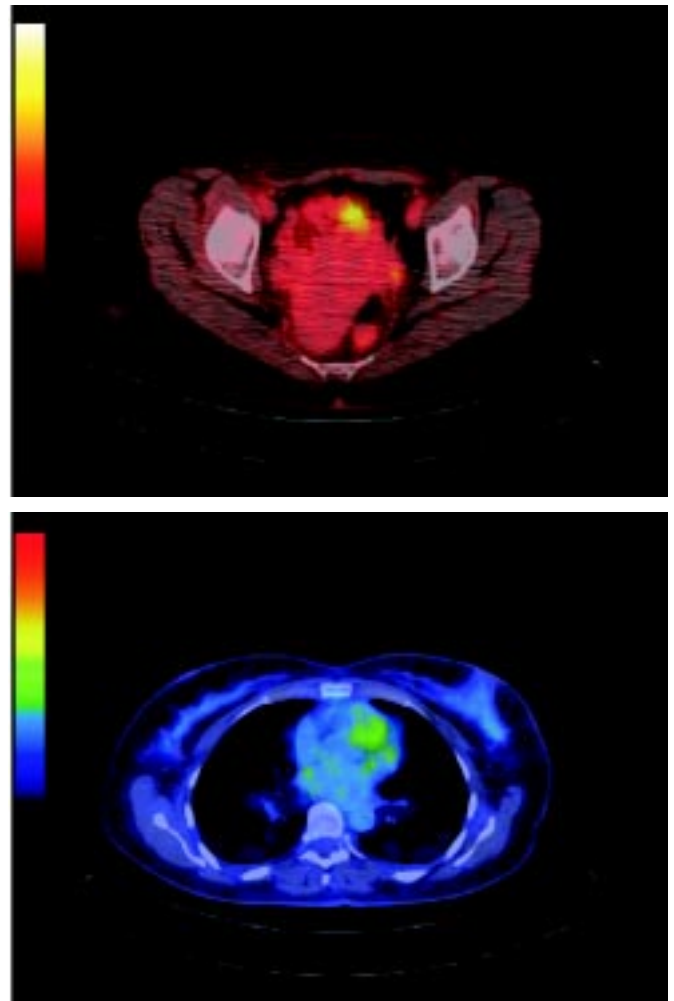


Рисунок 1. Результати ПЕТ–КТ дослідження пацієнтки М.

Хвора поступила на обстеження для встановлення ступеня поширеності та з'ясування характеру ураження лімфатичних вузлів в результаті прогресування основного процесу. Дані попередніх КТ-досліджень ОЧП: без патології.

Висновок: За даними поєднаного ПЕТ–КТ дослідження, на момент обстеження діагностовано новоутвір у нижньолатеральному квадранті лівої грудної залози (злоякісного характеру). Додатково виявлено — на латеральній поверхні тіла матки зліва візуалізується новоутвір (злоякісного походження). Метастатичне ураження nodi lymphatici iliaci communis.

При проведенні додаткових гінекологічних досліджень із застосуванням біопсії підтверджено наявність та характер виявленого новоутвору.

Пацієнт О., 67 років, Ca ren. dex ст. IV T4N2M0 після оперативного лікування Susp Mts в кістки гр. 2 (рисунок 2).

Пацієнт поступив на обстеження для встановлення дисемінації процесу. Скарги на момент обстеження — набряк нижньої лівої кінцівки.

За даними поєднаного ПЕТ–КТ, на момент обстеження виявлено патологічне накопичення РФП в ложі видаленої нирки (злоякісного характеру), множинне метастатичне ураження кісток скелета та множинне ураження лімфовузлів. Метастатичне ураження правої легені (вперше).

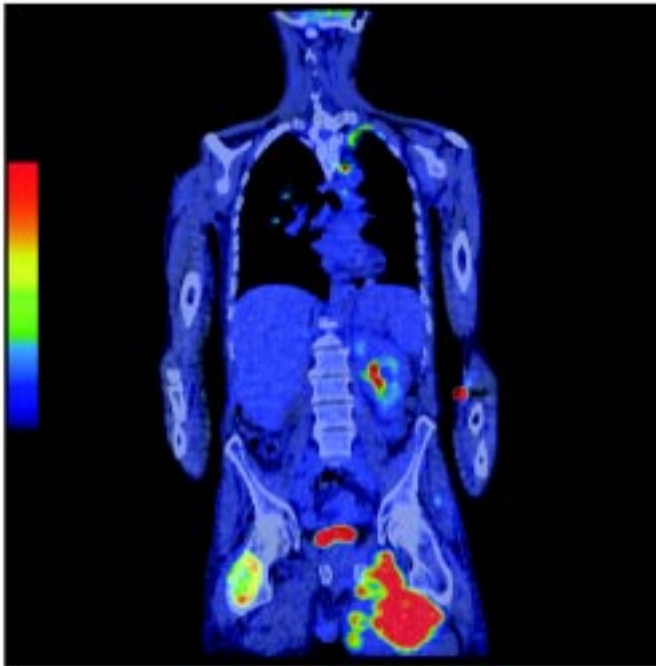
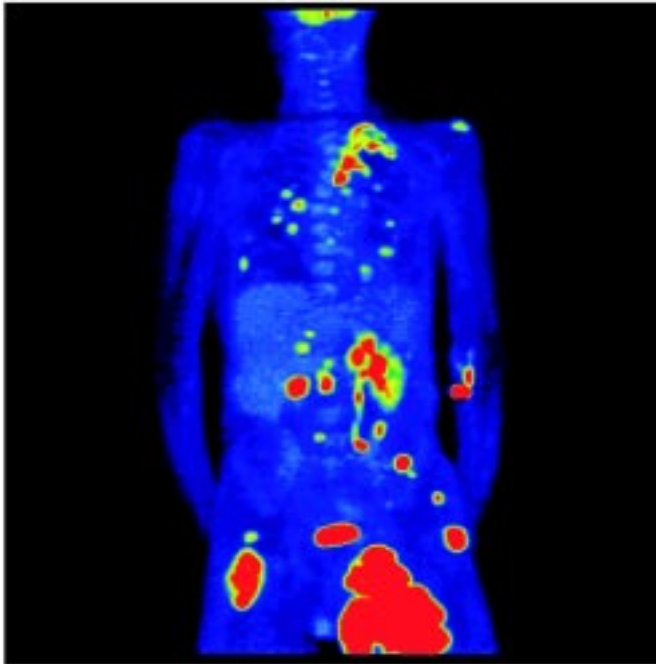


Рисунок 2. Результати ПЕТ–КТ дослідження пацієнта О.

Та виявлено значний лімфостаз по внутрішній поверхні стегна.

Виявлення додаткових і значних уражень поставило питання стосовно застосування комбінованого лікування у даного пацієнта.

Таким чином, ПЕТ–КТ дослідження нині є найбільш інформативним методом діагностики в онкологічній практиці. З високою точністю дозволяє проводити диференціальну діагностику між злоякісним, доброякісним та запальним процесами.

Поєднане ПЕТ–КТ дослідження у хворих на злоякісні пухлини дозволяє встановити поширення первинного процесу, проводити оцінку ефективності лікування та своєчасно виявляти прогресування хвороби.

Дані ПЕТ–КТ дослідження впливають на корекцію стадії захворювання, зі збільшенням або зменшенням, що дозво-

ляє правильно визначити план лікування хворого або скоригувати схему терапії у випадках прогресування хвороби.

Література

1. Schoder H., Erdi Y.E., Larson S.M., Yeung H.W. // *Eur. J. Nucl. Med. Mol.* – 2003. – Vol. 30. – P. 1419–1437.
2. Freidberg J.W., Fischman A., Neuberg D. et al. // *Leukemia & Lymphoma.* – 2004. – Vol. 45, № 1. – P. 85–92.
3. Kelloff G.J., Sullivan D.M., Wilson W. et al. // *Acad. Radiol.* – 2007. – Vol. 14, № 3. – P. 330–339.
4. Juweid M.E., Stroobants S., Hoekstra O.S. et al. // *J. Clin. Oncol.* – 2007. – Vol. 26, № 5. – P. 571–578.
5. Vansteenkiste J., Fischer B.M., Doooms C., Mortensen J. // *Lancet Oncol.* – 2004. – Vol. 5. – P. 531–540.
6. Pannu H.K., Cohade C., Fishman E.K. et al. // *Radiol.* – 2002. – Vol. 225 (suppl. P). – P. 608.
7. Schoder H., Erdi Y.E., Larson S.M., Yeung H.W. // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* – 2003. – Vol. 30. – P. 1419–1437.

С.М. Лучковський

Центр онкології та радіохірургії «КиберКлініка Спіженка», Київ

Метод Монте-Карло у променевій терапії

Monte-Carlo method in radiation therapy

Summary. The Monte-Carlo method is the most accurate dose calculation algorithms in radiotherapy and allows avoiding significant errors and uncertainty in creating the radiation treatment plan. Development of new, fast Monte-Carlo codes with the use of modern computers makes it possible to use the Monte-Carlo in routine practice. Own experience has shown the possibility of effective application of the method in the treatment of patients with tumors of the lung and head and neck.

Key words: Monte-Carlo method, dose calculation, radiotherapy, CyberKnife.

Резюме. Метод Монте-Карло — наиболее точный алгоритм расчета дозы в лучевой терапии, позволяющий избежать значительных ошибок и погрешностей при создании плана лучевого лечения пациента. Разработка новых, быстрых кодов Монте-Карло вместе с использованием современных компьютеров позволяет использовать этот метод в рутинной практике. Собственный опыт использования показывает возможность эффективного применения метода при лечении пациентов с опухолями легких и головы и шеи.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, расчет дозы, лучевая терапия, CyberKnife.

Ключові слова: метод Монте-Карло, розрахунок дози, променева терапія, CyberKnife.

Алгоритм розрахунку дози

Розрахунок енергії частинок, реалізованої в одиниці маси речовини (доза — $D = dE/dm$, dE — маса середовища, в якому було реалізовано енергію частинок E), у променевій терапії (ПТ) є основним етапом планування лікування. На сьогоднішній день переважно більшість розрахунків таких планів у клініках проводять з використанням комп'ютерних систем планування, в яких доза розраховується з використанням алгоритмів транспорту частинок (алгоритми, або методи розрахунку дози) крізь геометрію пацієнта, отриману з комп'ютерної томограми у вигляді зрізів. Існує багато різних методів розрахунку дози, від простих до складних і часовитратних, від аналітичних — до стохастичних. Серед найпростіших напівемпіричних та ана-