

Л. І. Асламова,  
Л. О. Голінка-Безшийко,  
К. М. Солодовник

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## Рекомендації щодо зменшення дозових навантажень на пацієнтів при медичному опроміненні

*Наведено результати аналізу рівнів медичного опромінення пацієнтів при найбільш поширених однотипних діагностичних процедурах. Запропоновано Програму радіаційного захисту та мінімізації дозових навантажень на пацієнтів і персонал у разі використання джерел іонізуючого випромінювання в медицині.*

Л. І. Асламова, Л. А. Голінка-Безшийко, Е. Н. Солодовник

### **Рекомендации относительно уменьшения дозовых нагрузок на пациентов при медицинском облучении**

*Приведены результаты анализа уровней медицинского облучения пациентов при наиболее распространенных однотипных диагностических процедурах. Предложена Программа радиационной защиты и минимизации дозовых нагрузок на пациентов и персонал при использовании источников ионизирующего излучения в медицине.*

Державне регулювання безпеки використання ядерної енергії полягає в забезпеченні безпеки людини, навколишнього природного середовища, ядерних установок та джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ), що передбачає здійснення нагляду за дотриманням нормативних вимог та умов наданих дозволів (ліцензій) організаціям та підприємствам, які використовують ДІВ. Останніми роками особливу увагу регулюючих та контролюючих органів (Державний комітет ядерного регулювання України, Міністерство охорони здоров'я України) звернено на використання ДІВ медичними установами України.

На цей час більшість захворювань в Україні визначається за допомогою приладів променевої діагностики. Понад 80 % рентгенодіагностичних досліджень складають рентгеноскопія, рентгенографія та профілактична флюорографія.

Рентгенодіагностика є одним з основних інструментів медицини, який потребує відновлення рентгенівської техніки з метою одержання діагностично-інформативного рентгенівського зображення досліджуваного об'єкта (органа, системи органів) та обмеження дози опромінення пацієнтів. В Україні нараховується майже 3 тис. медичних установ, окрім стоматологічних, діяльність яких вимагає застосування ДІВ. Це дає підстави стверджувати, що стан рентгенодіагностики в Україні визначає якісний рівень здоров'я всієї нації, тому що він безпосередньо пов'язаний з дозовим навантаженням на пацієнтів та медичний персонал.

На замовлення Державного комітету ядерного регулювання України співробітники Київського національного університету імені Тараса Шевченка проаналізували рівні медичного опромінення пацієнтів при однотипних діагностичних процедурах в медичних закладах м. Києва та Київської області з використанням різних типів (класів) обладнання. Стан діагностичного обладнання вивчався в медичних установах, які підпорядковуються різним відомствам і мають різний ступінь оснащення рентгенодіагностичною апаратурою — як сучасною, так і застарілою вітчизняною та закордонною виробництва (рис. 1).

На цей час в Україні більшість рентгенівського устаткування, яким користуються медичні заклади, відпрацювало свій ресурс, внаслідок чого знижується якість обстеження, збільшується опромінення пацієнтів і персоналу. Недостатнє відновлення рентгенівської техніки пов'язано з фінансовою неспроможністю нашої держави в придбанні сучасної закордонної апаратури в потрібній кількості, а також у відсутності в країні повного циклу розробки та виробництва рентгеноапаратури.

Для одержання діагностично-інформативного рентгенівського зображення досліджуваного об'єкта (органа, системи органів) здійснюється вибір фізичних і технічних умов опромінення, які визначають еквівалентні дози в окремих органах та ефективну дозу, отриману пацієнтом. Максимально можливе обмеження дози опромінення пацієнтів за умови збереження необхідної діагностичної інформації вимагає вибору оптимального співвідношення цих умов. Отже, проблема полягає в необхідності встановлення оптимальних параметрів для різних видів діагностичної апаратури, які б забезпечували, з одного боку, найнижчий радіаційний вплив на пацієнта при діагностиці, а з іншого, — надавали можливість надійно та швидко встановити діагноз. Потрібно отримати реальну оцінку діагностичних можливостей рентгенівських процедур з урахуванням як їх інформативності, так і шкоди для здоров'я людини та економічного фактору.

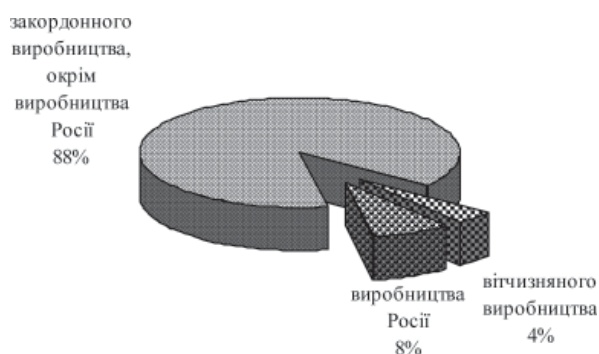


Рис. 1. Діаграма комплектації медичних закладів рентгенодіагностичною апаратурою

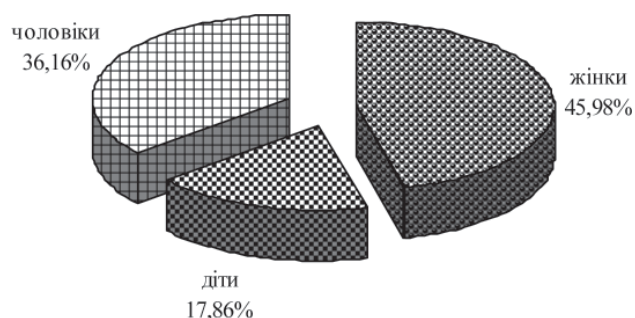


Рис. 2. Віко-статевий кількісний склад пацієнтів, яким проводилася рентгенодіагностика

Проблему ефективності рентгенодіагностики слід розглядати у двох головних аспектах: 1) оснащення клінік необхідною апаратурою для проведення рентгенодіагностики і радіаційного контролю; 2) впровадження комплексу заходів, який повинен здійснювати персонал медичних установ для забезпечення якості проведення діагностики та протирадіаційного захисту [1].

Аналіз стану опромінення пацієнтів, які проходили діагностичне обстеження в медичних закладах м. Києва та Київської області шляхом найбільш поширених в Україні діагностичних процедур — комп'ютерної томографії для діагностики грудної клітини і голови; мамографії молочної залози; рентгенівської діагностики органів грудної клітини, кісток, суглобів, органів тазу, — виконувався за різним віко-статевим кількісним складом пацієнтів (рис. 2).

У межах проведеного дослідження встановлено, що медичні заклади насамперед потребують забезпечення сучасною дозиметричною апаратурою для клінічної дозиметрії, тобто для визначення дози, отриманої пацієнтом при діагностичній процедурі. Лише тоді кожна клініка матиме достовірну інформацію про рівні опромінення своїх пацієнтів і буде зрозумілим, які медичні заклади потребують першочергової заміни діагностичного обладнання. Від виконання цієї рекомендації буде користь як медичному закладу, так і пацієнтам.

Відомо, що при проведенні діагностичних процедур персонал реєструє напругу на рентгенівській трубці, силу струму та час опромінення. Хоча це дуже важливі параметри, але їх недостатньо для визначення ефективної дози опромінення конкретного пацієнта в конкретних умовах радіологічного обстеження [2].

Згідно з Положенням про упорядкування рентгенологічних досліджень (наказ МОЗ України № 340 від 28.11.97), п. 1.6, результати дослідження та отримана доза опромінення обов'язково заносяться у медичну картку стаціонарного (амбулаторного) хворого або історію розвитку дитини та реєструються в журналі запису рентгенологічних досліджень. Розрахунок ефективної дози, яка отримана внаслідок рентгенологічного дослідження, здійснюється згідно з наказом МОЗ України від 19.06.90 № 118 "Про заходи щодо зниження дозових навантажень на населення при проведенні профілактичних та діагностичних рентгенологічних обстежень органів грудної порожнини". Проте в зазначеному документі не вказано методики і механізму для визначення дози, отриманої конкретним пацієнтом при рентгенологічному дослідженні на конкретному апараті.

Слід зазначити, що в наказах МОЗ України № 294 від 04.06.2007 р. (zareestrovаний в Міністерстві юстиції Украї-

ни 07.11.2007 р. за № 1256/14523), № 295 від 18.07.2001 р. "Про створення системи контролю та обліку індивідуальних доз опромінення населення при рентгенорадіологічних процедурах", у "Положенні про контроль та облік доз при проведенні рентгенорадіологічних процедур" також не розглядаються методика чи засоби визначення ефективної дози для реального пацієнта в реальних умовах, а тільки наводяться усереднені величини для деяких випадків рентгенологічних досліджень, які пропонується записувати як дозу, яку отримав кожний конкретний пацієнт. При цьому з отриманою дозою не пов'язуються основні характеристики, які дуже суттєво можуть впливати на ефективну дозу для пацієнта, — напруга на рентгенівській трубці, її струм, час опромінення, характеристики фільтрів, розміри пацієнта. Такі усереднені підходи можуть призводити до багатократного відхилення між записаною й отриманою пацієнтом ефективними дозами.

Особливо небезпечною є відсутність постійного чи періодичного моніторингу дози при використанні цифрових засобів реєстрації рентгенівських зображень. З одного боку, такі пристрої дають потенційну можливість зменшувати ефективну дозу, яку отримує пацієнт. З іншого боку, внаслідок більш широкого динамічного діапазону в порівнянні з плівкою (її фотографічною шириною) існує суттєвий ризик встановлення підвищених рівнів опромінення (що може призвести до суттєвого переопромінення пацієнта) через неконтрольовані регулювання і відсутність чи блокування обмежуючих радіаційних рівнів. В установках з використанням рентгенівської плівки підвищені рівні опромінення призведуть до переекспозиції плівки і різкого погіршення якості зображення або повного його зникнення [3], [4].

Дозу для кожного пацієнта необхідно визначати індивідуально, з урахуванням при радіологічному обстеженні специфічних умов та параметрів як обладнання, так і пацієнта. Така практика є нормою в країнах ЄС та Росії [5].

Інструментальне визначення еквівалентної дози, отриманої пацієнтом, є складною процедурою, тому що для цього треба вживляти в його тіло декілька дозиметрів і проводити дозиметрію *in vivo*, використовуючи двохступеневу процедуру:

по-перше, визначається за допомогою детекторів (як правило, термомлюмінесцентних), котрі встановлюються на тілі пацієнта (або відповідного фантома при контрольних чи калібрувальних вимірах), або поверхнева доза з урахуванням розсіяного назад випромінювання, або повітряна керма на виході рентгеногенеруючого пристрою (звичайно це різного типу іонізаційні камери, що вимірюють дозу в online режимі);

по-друге, застосовуються відповідні коефіцієнти, на які множаться величини, визначені на першому етапі. Ці коефіцієнти попередньо визначаються експертами і табулюються для широкого кола умов і параметрів з використанням фантомів людини та розрахунків за методом Монте-Карло [6, 7].

Європейський підхід базується на концепції Diagnostic Reference Level (DRL) — базового рівня для діагностичних процедур. Ця концепція є інструментом, який дає змогу виявляти випадки і місця, де опромінення пацієнта є недопустимо високим і необхідно вжити заходів для зменшення отриманої дози при рентгенологічній процедурі. Такий підхід було прийнято і рекомендовано в документах ICRP Publication 60 “1990 RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION” та ICRP Publication 73 “RADIOLOGICAL PROTECTION AND SAFETY IN MEDICINE”, а також в європейській директиві “COUNCIL DIRECTIVE 97/43/EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure” [8]—[14].

Diagnostic Reference Levels — це рівні, які легко виміряти і пов'язати з ефективною дозою, яку отримав пацієнт. Величини і типи процедур, котрі встановлюються в різних країнах, можуть відрізнятися, але всі вони відповідають єдиній концепції та узгоджені зі згаданими вище документами. Методики для різних європейських країн, головним чином, покладаються на вимірювання вхідної поверхневої дози (entrance dose) з використанням ТЛД дозиметрів (наприклад, у Франції).

Оскільки Україна є членом МАГАТЕ, то на неї поширюється дія документів, що належать до норм безпеки. Базовим у цій сфері є документ “International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115”. У додатку 2 цього документа розглядаються основні принципи і вимоги до роботи з ДІВ у медицині. У вимогах до обладнання, яке генерує рентгенівське випромінювання і використовується для діагностичної радіології, вказано, що користувачі рентгенологічного обладнання в кооперації з виробниками зобов'язані гарантувати, що рентгенівські генератори та їх допоміжне обладнання матимуть добре визначені й доступні при користуванні параметри генерації випромінювання — напругу на рентгенівській трубці, характеристики фільтрації (тип, товщина фільтрів тощо), позицію фокальної плями, відстань між джерелом і засобом реєстрації випромінювання, розмір поля опромінення, струм рентгенівської трубки та час опромінення (або їх добуток) [15].

Ще однією вимогою документа є те, що медичний та технічний допоміжний персонал має установлювати такий оптимальний набір параметрів опромінення, за якого досягається мінімальне опромінення пацієнта при прийнятній якості діагностичного зображення для потреб медичного діагностування. Необхідно максимально забезпечити додатковий захист радіочутливих органів — гонад, кришталиків ока, грудей, щитовидної залози.

Окремо прописано вимоги до клінічної дозиметрії. Зокрема, користувачі при рентгенологічних дослідженнях мають забезпечити задокументовані репрезентативні величини для типових характеристик пацієнтів (стать, вік, вага, розміри) вхідної поверхневої дози, добутку дози на площу, потужності дози і часу опромінення, або дози для окремих органів.

У межах програми забезпечення якості медичних досліджень необхідно проводити:

періодично та при початковій інсталяції — вимірювання основних фізичних параметрів обладнання, яке генерує рентгенівське випромінювання, та обладнання, яке реєструє діагностичні рентгенівські зображення;

контроль та верифікацію відповідних фізичних та клінічних факторів, що використовуються при діагностичних процедурах;

записи відповідних процедур та їх результатів; вчасний контроль, калібрування та верифікацію дозиметричного та моніторуючого обладнання.

Користувачі рентгенологічного обладнання зобов'язані забезпечити неперевищення рекомендованих рівнів медичного опромінення, які мають періодично переглядатися з урахуванням модернізації обладнання та вдосконалення методик.

## Висновки

1. З метою контролю доз опромінення пацієнтів необхідно:

а) розробити методичні рекомендації з вимірювання величин, базових для визначення ефективної дози опромінення пацієнтів (добуток доза × площа, вхідна поверхнева доза, STD<sub>Ivol</sub> для комп'ютерної томографії);

б) визначити (розрахувати) із залученням компетентних організацій фактори (коефіцієнти) зв'язку між вимірюваними величинами та ефективною дозою опромінення пацієнта;

в) розробити нормативний документ, в якому чітко вписати загальні процедури та вимоги для забезпечення коректного визначення та реєстрації дозових навантажень на пацієнта. Ефективна доза опромінення пацієнта має визначатися за вимірними (не розрахованими) параметрами роботи рентгенівського випромінювача.

2. Доцільно запровадити Програму радіаційного захисту та мінімізації дозових навантажень на пацієнтів та персонал при використанні ДІВ в медицині, передбачивши:

а) оновлення нормативно-правової бази для ефективного впровадження в практику медичних закладів, які використовують ДІВ, систем радіаційної безпеки та управління якістю: розробку методичних рекомендацій та настанов з визначення доз при опроміненні пацієнтів у рентгенодіагностиці; створення систем для проведення внутрішніх та зовнішніх незалежних аудитів якості та радіаційної безпеки, валідації та контролю діагностичного обладнання; ведення реєстраційних записів дозових навантажень пацієнтів при діагностичних процедурах;

б) створення умов та засад щодо: підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів у галузі медичної фізики для впровадження передових методів рентгенодіагностики; забезпечення гарантії якості та радіаційної безпеки при виконанні медичних процедур з використанням ДІВ;

в) розробку вимог щодо порядку проведення незалежних аудитів;

г) створення єдиного реєстру вимірювальних методик;

д) створення інфраструктури для розробки критеріїв оцінки вимірювальних методик з метою зменшення розбіжностей вимірювальних величин.

Проект Програми направлено до Державного комітету ядерного регулювання України, створено робочу групу за участю фахівців з різних міністерств та відомств для вирішення висвітлених питань.

## Література

1. Защита больного в лучевой терапии: Публикация № 44 МКРЗ: Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Ставицкий Р. В., Сергиенко Н. Н., Фрид Е. С. Контроль облучения пациентов при рентгенологических исследованиях // Радиология-практика. — 2001. — № 1. — С. 29 — 31.
3. Радиационная защита пациента при рентгенодиагностике: Публикация № 34 МКРЗ: Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Основы рентгенодиагностической техники / Под ред. Блинова Н. Н. — М.: Медицина, 2002.
5. Оценка степени радиационной опасности разных типов рентген-аппаратов при их использовании в лечебных учреждениях / Карачев И. И., Семенюк Н. Д., Калашникова З. В. и др. // Гигиена населенных мест. — 2000. — Вып. 36. — Ч. 1. — С. 168 — 172.
6. Тканевые дозы при рентгенологических исследованиях / Рабкин И. Х., Ставицкий Р. В., Блинов Н. Н. и др. — М.: Медицина, 1985.
7. Эквивалентные дозы в органах и тканях человека при рентгенологических исследованиях: Справочник / Ставицкий Р. В., Ермаков И. А., Лебедев Л. А. и др. — М.: Энергоатомиздат, 1989.
8. COUNCIL DIRECTIVE 97/43/EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure.
9. Criteria for acceptability of radiological (including radiotherapy) and nuclear medicine installations. EU Radiation Protection 91.
10. EU Guidelines on education and training in radiation protection for medical exposures. Radiation Protection 116, 2000.
11. ICRP Publication 60. «1990 RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION», Annals of the ICRP Volume 21/1-3, 1991.
12. ICRP Publication 60. Radiation protection 1990: Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). New York: Pergamon Press, 1991.
13. ICRP Publication 73. RADIOLOGICAL PROTECTION AND SAFETY IN MEDICINE, Annals of the ICRP Volume 26/2, 1996.
14. International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115. IAEA, Vienna, 2003.
15. Яковец В. В. Руководство для рентгенолаборантов. — СПб.: Гиппократ, 1993.