

ПЕРЕВАГИ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОМЕНЕВІЙ ТЕРАПІЇ ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

У статті висвітлено, що злякисні новоутворення є однією з найгостріших медичних проблем сучасності. Відзначено повільне зростання онкологічної захворюваності, яка продовжує займати перше місце у переліку причин передчасної смертності. Променева терапія залишається одним із основних методів лікування онкозахворювань. Підвищення ефективності променевої терапії у лікуванні онкологічних хворих у нашій країні за останній час проходить завдяки втіленню сучасних технологій у планування та проведення її. Проте максимальне використання сучасних променевих методів залежить від рівня технічного оснащення онкологічних закладів та інформування суспільства про роль і можливості променевої терапії. Успіхи радіаційної онкології в кінці ХХ і на початку ХХІ століття обумовлені головним чином високими технологіями здійснення терапевтичного опромінення. На сьогодні створений і розвивається новий напрямок у променевій терапії — конформна променева терапія. Важливою частиною технологічної підготовки і проведення конформної променевої терапії є передпроменева топографічна підготовка.

Сучасні методи променевої терапії з використанням різних видів високоенергетичного випромінювання є новим стимулом до розвитку і втілення у практику високоточної поєданої променевої терапії і дозиметричного планування. Перспектива подальшого розвитку радіаційної онкології полягає не тільки у втіленні нових технологій в променеву практику, але і в інтенсивному розвитку радіаційної медицини і радіобіології. Підкреслено, що для ефективного використання методів променевої терапії і гарантії якості лікування сучасне відділення радіаційної онкології має бути устатковане таким комплексом апаратури: опромінювачі — дистанційні і контактні гамма-апарати, прискорювачі з максимальною енергією фотонів 5–25 МеВ, пристрій для візуалізації і контролю точності опромінення, система планування опромінення. Вказано, що подальший розвиток променевої терапії полягає не тільки у втіленні нових технологій у променеву практику, але й у інтенсивному розвитку радіаційної медицини і клінічної радіобіології. Застосування нових технологій та комп'ютерної техніки, урахування принципів радіобіології забезпечує підведення запланованої дози до обсягу мішені при мінімальній опроміненні здорових тканин зі збереженням гарантії якості променевої терапії.

Ключові слова: радіаційна онкологія, іонізуюче випромінювання, конформна променева терапія, сучасні технології.

Злякисні новоутворення є однією з найгостріших медичних проблем сучасності. Сьогодні в усьому світі відзначається повільне, неухильне зростання онкологічної захворюваності, яка продовжує займати перше місце у переліку причин передчасної смертності. Все більша кількість населення Землі піддається ризику захворіти на рак [1, 2]. В умовах різкого погіршення екологічної обстановки та постійного зростання стресових впливів імунна система людини слабшає, що призводить до того, що онкологічними захворюваннями уражаються люди працездатного і репродуктивного віку, а також діти. Онкологічні захворювання продовжують займати перші рядки в списку причин передчасної смерті, причому, як в економічно розвинених, так і у відсталих країнах [3, 4]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), кожен п'ятий із вмираючих на планеті гине саме від раку. За прогнозами ВООЗ смертність від злякисних

новоутворень має загрозливу тенденцію до збільшення і в 2020 може скласти більше 12 мільйонів осіб, перевищивши сумарну смертність від туберкульозу, малярії та ВІЛ-інфекції [1, 4, 5].

Сьогодні променева терапія (ПТ) вважається одним із самих дієвих методів лікування раку у розвинених країнах. Вона залишається одним із основних методів лікування онкологічних хворих. Більш ніж вікова історія клінічного використання іонізуючого випромінювання в онкології переконливо довела необхідність цього методу в лікуванні злякисних новоутворень. При цьому ПТ при певних локалізаціях і стадіях захворювання може бути альтернативою хірургічному лікуванню [5, 6, 8].

Прогрес у лікуванні онкологічних захворювань впродовж останнього часу здійснювався завдяки втіленню сучасних технологій променевої дії на пухлину. Частота використання променевих методів лікування залежить від рівня технічного оснащення онкологічних закладів і інформованості суспільства про роль

і можливості променевої терапії. Останнє десятиріччя характеризується суттєвим прогресом у створенні нової радіотерапевтичної техніки і сучасних технологій на основі комп'ютеризації. Завдяки розвитку технологій застосування радіотерапії в онкології виходить на якісно новий рівень, що дозволяє значною мірою розширити показання, зокрема до органозберігальних операцій під «захистом» ПТ. Втілення в практику високочастотного опромінення і дозиметричного планування, використання нових технологій (КТ, МРТ) при плануванні дає можливість точного визначення форми, розмірів і розташування пухлини. Сьогодні для цього застосовуються установки третього, четвертого чи п'ятого покоління — спіральні комп'ютерні томографи.

Сьогодні ПТ у найбільш розвинених економічних країнах застосовується у 70–80% усіх онкологічних хворих як в самостійному вигляді, так і в поєднанні з хірургічним та хімотерапевтичним лікуванням у різних варіантах і комбінаціях [7, 8].

Застосування різних джерел іонізуючих випромінювань як лікувальної процедури проходить паралельно з розвитком такої галузі науки, як радіобіологія. Радіобіологічні методи реєстрації і обмеження дозових навантажень при ПТ онкологічних хворих інтенсивно розвиваються протягом декількох десятиліть. Завдяки знанню основних радіобіологічних законів і положень є можливість прогнозувати ймовірність резорбції пухлини після впливу іонізуючого випромінювання, виникнення пізніх променевих ускладнень, оцінки біологічної ефективності дози випромінювання за допомогою різних математичних моделей [9, 10, 16].

Разом із тим актуальність теми зниження променевих ушкоджень зростає. Як і раніше, першочерговим є завдання забезпечення якості опромінення пухлини канцероцидною дозою при збереженні високого терапевтичного індексу. Підвищення гарантії якості променевого лікування і зниження променевих реакцій і ушкоджень онкологічних хворих можливе сьогодні за рахунок нових методів топоетричної підготовки [11, 16].

При появі нових радіотерапевтичних апаратів у вигляді лінійних прискорювачів, мегавольтних джерел випромінювання, багатопелюсткових коліматорів для створення фігурних полів опромінення, стало можливим суттєве збільшення дози на пухлину і зменшення променевого навантаження на оточуючі здорові органи і тканини. Використання нових алгоритмів дозиметричного планування на основі індивідуального комп'ютерно-томографічного дослідження опромінюваного об'єму дозволяє оптимізувати план лікування зі створенням конформного опромінення.

На сьогодні створений і розвивається новий напрямок у променевій терапії — конформна променева терапія (conformal radiotherapy — CRT), яка передбачає можливість формування поля опромінення, що повторює точні розміри і конфігурацію наявного пухлинного процесу, саме на який і доводиться при її реалізації основне дозове навантаження на фоні значного

зниження променевого впливу на навколишні органи і тканини. Поняття «конформна променева терапія» — це спроба придати об'єму високої дози форму пухлини, обмежуючи при цьому до мінімуму дозу на оточуючі здорові тканини. З клінічної точки зору — це спроба забезпечити повне вилікування первинного осередку без перевищення толерантності нормальних тканин [12, 13].

Сучасні технології дають можливість використовувати конформну променеву терапію. За допомогою найновіших лінійних прискорювачів здійснюється більший контроль над тим, як позиціонуються коліматори з використанням комп'ютерного управління ними. Складається можливість переміщення формуєчих полів блоків багатопелюсткового коліматора. Це дозволяє моделювати оптимальний опромінюючий об'єм, включає в себе тривимірні розрахунки дозового розподілу з урахуванням індивідуальних особливостей пухлинного процесу та анатомії хворого на основі даних КТ [14, 15].

Для топоетричної підготовки до ПТ на сучасному обладнанні використовується об'ємне тривимірне планування (3D), що дозволяє перейти від двовимірного планування (2D) і надає можливість створити необхідне розподілення дози на весь об'єм мішені з максимумом у зоні пухлини та знизити до мінімуму дозове навантаження у зоні оточуючих здорових тканин.

Проте використання конформного опромінення потребує особливої топоетричної підготовки, яка дає можливість зменшити променеве навантаження на здорові органи і збільшити дозове навантаження на ракові клітини.

Розвиток конформної променевої терапії дав можливість створення наступного етапу — променева терапія з модульованим за інтенсивністю пучком випромінювання (Intensity-Modulated Radiation Therapy — IMRT-терапія). Вона відрізняється більш ускладненим процесом реалізації сеансу опромінення, при якому під час проведення опромінення з різних кутів інтенсивність пучків іонізуючого випромінювання може змінюватися завдяки зміні форми багатопелюсткового коліматора. Таке опромінення дає можливість найбільш точного підведення лікувальної дози до пухлини, оскільки при плануванні враховується просторова геометрія новоутворення. Використання пучків з модульованою інтенсивністю дозволяє збільшити дозу на пухлину простати аж до 90 Гр, на пухлину голови і шиї — до 70–76 Гр без збільшення частоти і тяжкості реакцій з боку оточуючих нормальних тканин [13, 16]. Така терапія дає можливість створити не тільки радіаційне поле будь-якої необхідної форми, але й здійснювати опромінення під час одного і того ж сеансу з різною інтенсивністю. Це стало можливим завдяки створенню так званого «багатопелюсткового коліматора», який дає можливість генерувати поле будь-якої необхідної форми. Встановлюючи пелюстки у задане положення, можна зробити поле, яке повністю відповідає формі пухлини. Американське товариство терапевтичної радіології і онкології (ASTRO) і Американська асоціація медичних фізиків (AAPM) вважають,

що інтенсивно-модульована радіотерапія на сьогоднішній день є самою перспективною технологією дистанційного опромінення [14–16].

В останні роки активно розвивається новий напрямок дистанційної конформної променевої терапії, так звана чотирихвимерна конформна терапія (4D CRT), або, як ще її називають, променева терапія під візуальним контролем (image guided radiotherapy — IGRT). При застосуванні цієї методики, крім геометричних параметрів пухлини у трьох вимірах, враховується «четвертий вимір», тобто зміщення пухлини під час фізіологічного акту дихання. Особливістю її застосування є можливість оперативного отримання зображення опромінення обсягів тканин хворого при безпосередньому проведенні сеансу променевої терапії в реальному часовому інтервалі. При цьому фіксуються зміни їх конфігурації та локалізації, пов'язані з рухом тіла хворого не тільки при диханні, а й при природних неконтрольованих процесах у кишковопорожнинній і системі сечовипускання, навіть при надійній його зовнішній фіксації. Чотирихвимерна конформна променева терапія забезпечує більш точне підведення лікувальної дози до рухливих пухлин, дозволяє значно знизити променеве навантаження на здорові органи і тканини за рахунок зменшення відступу, що добавляється до клінічного об'єму мішені, а також дає можливість проведення ескалації дози на пухлину [13, 14, 17].

Для ефективного використання методів променевої терапії і гарантії якості лікування сучасне відділення радіаційної онкології має бути обладнане таким комплексом апаратури: опромінювачі — дистанційні і контактні гамма-апарати, прискорювачі з максимальною енергією фотонів 5–25 МеВ, пристрій для візуалізації і контролю точності опромінення, система планування опромінення.

Таким чином, використання сучасних технологій при проведенні об'ємного (3D чи 4D) планування

забезпечує рівномірний розподіл лікувальної дози по усьому об'єму мішені з максимумом у пухлинно-вогнищі і мінімальним променевим навантаженням на оточуючі неушкоджені пухлинним процесом тканини. Об'ємне планування дозволяє оптимізувати лікувальний план за рахунок використання фігурних полів, враховує індивідуальні особливості просторового поширення пухлини і локалізацію життєво важливих органів хворого, дозволяє щоденно контролювати точність укладки пацієнта в реальному часі, дає можливість оперативного отримання зображення опромінення обсягів тканин, пов'язаних з рухом тіла хворого при диханні, природних неконтрольованих процесах. Сучасні системи планування променевої терапії працюють на надпотужних комп'ютерах, які дозволяють здійснювати швидкий і точний розрахунок математичних операцій, що забезпечує рівномірний розподіл дози по усьому об'єму мішені з максимумом у пухлині, мінімальним променевим навантаженням здорових тканин, у результаті суттєво зменшують прояви загальної, так і місцевої токсичності і тим самим підвищують ефективність лікування і покращують якість життя пацієнтів [12, 13, 19, 20].

Завдання зниження променевих ушкоджень здорових органів і тканин при проведенні променевої терапії, пошук методів, що дозволяють попередити і кількісно зареєструвати їх, актуальні й сьогодні.

Подальший розвиток променевої терапії полягає не тільки у втіленні нових технологій у променеву практику, але і в інтенсивному розвитку радіаційної медицини і клінічної радіобіології. Застосування нових технологій та комп'ютерної техніки, урахування принципів радіобіології забезпечує підведення запланованої дози до обсягу мішені при мінімальній опроміненні здорових тканин зі збереженням гарантії якості променевої терапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Костылев В. А. Анализ состояния радиационной онкологии мире и в России / В. А. Костылев // Мед. физика. — 2009. — № 3. — С. 104.
2. Бойко А. В. Эволюция идеологии лучевой терапии на основе ее коренного технического перевооружения / А. В. Бойко, С. Л. Дарьялова, А. В. Черниченко // Мед. радиология и радиац. безопасность. — 2006. — Т. 51, № 1. — С. 46–53.
3. Рак в Україні, 2012–2013. Захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби / уклад.: З. П. Федоренко, Ю. Й. Михайлович, Л. О. Гулак [та ін.] // Бюл. Нац. канцер-реєстру України. — Київ, 2014. — № 15. — 124 с.
4. Паньшин Г. А. Основные этапы развития методов лучевой терапии и современная подготовка онкологических больных к проведению конформного облучения // Вестник РНЦРР. — 2012. — № 12. — С. 212–223.
5. Ильин Н. В. Место и роль лучевой терапии злокачественных лимфом в начале XXI века / Н. В. Ильин, Ю. Н. Виноградова, Е. Н. Николаева // Материалы VII съезда онкологов России: тез. докл. — М., 2009. — Т. 1. — С. 132.
6. Минайло И. И. Лучевая терапия / И. И. Минайло, Н. А. Артемова // Руководство по онкологии. — Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя Петруся Броўкі, 2015. — Т. 1. — С. 413–465.
7. Минайло И. И. Современные методики лучевой терапии / И. И. Минайло, О. И. Воробейчикова, Н. А. Артемова, В. В. Синайко // Укр. радіол. журн. — 2009. — Т. XVII, вип. 3. — С. 320–322.
8. Кравец О. А. Результаты лучевой терапии рака шейки матки / О. А. Кравец, Л. А. Марьяна, М. И. Нечушкин // Вестн. РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. — 2010. — Т. 21, № 1. — С. 12–16.
9. Дьоміна Е. А. Клінічні та радіобіологічні аспекти резистентності пухлин / Е. А. Дьоміна, В. С. Іванкова, Т. М. Козаренко // Променева діагностика, променева терапія (Повідомлення 2). — 2005. — № 4. — С. 53–57.
10. Голдобенко Г. В. Прогнозирование результатов лучевой терапии онкологических больных с использованием математических моделей / Г. В. Голдобенко, В. Н. Чехонадский // Материалы к докладу на Ученом совете НИИ КО РОНЦ им. Н. Н. Блохина РОНЦ. — М., 2001. — 40 с.
11. Осложнения лучевой терапии при комбинированном лечении больных раком тела матки I стадии / Л. В. Демидова, Е. А. Дунаева, А. В. Бойко и др. // Вестн. РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. — 2011. — Т. 22, № 4. — С. 39–45.

12. Xia P. Tree-dimensional conformal radiotherapy and intensity-modulated radiotherapy breast / P. Xia, H. J. Amols, C. C. Ling // Textbook of Radiation Oncology. 2th ed. / Ed. by S. A. Leibl and T. L. Phillips. — Philadelphia : W. B. Saunders Company, 2004. — P. 163–186.
13. Конформная лучевая терапия в онкологии / С. И. Ткачев, Т. В. Юрьева, К. Ю. Климанов и др. // Новые медико-физические проекты в онкологии : материалы науч. конф. РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН, 26 янв. 2005 г. — С. 1–4.
14. Ратнер Т. Г. Методы симуляции в лучевой терапии злокачественных опухолей / Т. Г. Ратнер, В. Г. Сахаровская // Мед. физика. — 2012. — № 1. — С. 102–115.
15. A dose planning study on applicator guided stereotactic IMRT boost in combination with 3D MDIbased brachytherapy in locally advanced cervical cancer / M. S. Assenholt, J. B. Petersen, S. K. Nielsen et al. // Acta Oncol. — 2008. — N 47, Vol. 7. — P. 1337–1343.
16. Іванкова В. С. Клінічні та радіобіологічні аспекти резистентності пухлин / В. С. Іванкова, Е. А. Дьоміна, Г. М. Шевченко // Променева діагностика, променева терапія (Повідомлення 5). — 2007. — № 2. — С. 65–70.
17. Recommendations from gynaecological (GYN) GEC ESTRO working group (II): Concepts and terms in 3D image-based treatment planning in cervix cancer brachytherapy — 3D dose volume parameters and aspects of 3D image-based anatomy, radiation physics, radiobiology / R. Pötter, C. Haie-Meder, E. V. Van Limbergen et al. // Radiotherapy and Oncology. — 2006. — Vol. 78, N 1. — P. 67–77.
18. Крикунова Л. И. Рак шейки матки / Л. И. Крикунова, Л. С. Мкртчян, Н. И. Шентерева, Н. И. Сыченкова // Лучевая терапия в онкогинекологии: В кн.: Терапевтическая радиология : руководство для врачей / под ред. А. Ф. Цыба, Ю. С. Мардынского. — М. : ООО «МК», 2010. — С. 369–378.
19. Марьина Л. А. Рак шейки и тела матки / Л. А. Марьина, В. Н. Чехонадский, М. И. Нечушкин, М. В. Киселева. — М. : Медицина, 2008. — 144 с.
20. Лебедево І. М. Клініко-дозиметричне забезпечення гарантії якості лучової терапії онкологічних больних : дис. ... д-ра біол. наук / І. М. Лебедево. — М., 2005. — 257 с.

Стаття надійшла до редакції 04.06.2018.

В. С. ИВАНКОВА

Национальный институт рака МОЗ Украины, Киев

ПРЕИМУЩЕСТВА СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В статье показано, что злокачественные новообразования являются одной из самых острых медицинских проблем современности. Отмечен постепенный рост онкологической заболеваемости, которая продолжает занимать первое место в перечне причин преждевременной смертности. Лучевая терапия остается одним из основных методов лечения онкозаболеваний. Повышение эффективности лучевой терапии в лечении онкологических больных в нашей стране за последнее время происходит благодаря внедрению современных технологий в планирование и проведение ее. Однако максимальное использование современных лучевых методов зависит от уровня технического оснащения онкологических учреждений и информирования общества о роли и возможностях лучевой терапии. Успехи радиационной онкологии в конце XX и начале XXI века обусловлены главным образом высокими технологиями осуществления терапевтического облучения. Важной частью технологической цепи подготовки и проведения лучевой терапии является предлучевая топометрическая подготовка.

Современные методы лучевой терапии с использованием разных видов высокоэнергетического излучения являются новым стимулом к развитию и внедрению в практику высокоточной сочетанной лучевой терапии и дозиметрического планирования. Перспектива дальнейшего развития радиационной онкологии состоит не только во внедрении новых технологий в лучевую практику, но и в интенсивном развитии радиационной медицины и радиобиологии. Подчеркнуто, что для эффективного использования методов лучевой терапии и гарантии качества лечения современное отделение радиационной онкологии должно быть укомплектовано таким комплексом аппаратуры: облучатели — дистанционные и контактные гамма-аппараты, ускорители с максимальной энергией фотонов 5–25 МеВ, прибор для визуализации и контроля точности облучения, система планирования облучения. Указано, что дальнейшее развитие лучевой терапии состоит не только во внедрении новых технологий в лучевую практику, но и в интенсивном развитии радиационной медицины и клинической радиобиологии. Применение новых технологий и компьютерной техники, учет принципов радиобиологии обеспечивает подведение запланированной дозы к объему мишени при минимальном облучении здоровых тканей с сохранением гарантий качества лучевой терапии.

Ключевые слова: радиационная онкология, ионизирующее излучение, конформная лучевая терапия, современные технологии.

V. S. IVANKOVA

National Cancer Institute of Health Ministry of Ukraine, Kiev

ADVANTAGES OF CONTEMPORARY TECHNOLOGIES IN THE RADIATION THERAPY OF ONCOLOGICAL DISEASES

The article shows that malignant neoplasms are one of the most acute medical problems of our time. A gradual increase in oncological morbidity was noted, which continues to occupy the first place in the list of causes of premature mortality. Radiation therapy remains one of the main methods of treatment of oncological diseases. Increasing the effectiveness of radiation therapy in the treatment of cancer patients in our country in recent years is due to the introduction of modern technologies in the planning and implementation of it. However, the maximum use of modern radiation methods depends on the level of technical equipment of oncological institutions and informing society about the role and possibilities of radiotherapy. The successes of radiation oncology in the late 20th and early 21st century are mainly due to the high technologies of therapeutic irradiation. An important part of the technological chain of preparation and conduct of radiation therapy is pre-radial topometric preparation. Modern methods of radiation therapy using different types of high-energy radiation are a new stimulus to the development and introduction of high-precision combined radiation therapy and dosimetric planning into practice. The prospect of further development of radiation oncology consists not only in the introduction of new technologies in radiotherapy, but also in the intensive development of radiation medicine and radiobiology. It is emphasized that for the effective use of radiation therapy and the quality assurance of treatment, the modern department of radiation oncology should be equipped with such a complex of equipment: irradiators — remote and contact gamma machines, accelerators with a maximum photon energy of 5–25 MeV, a device for visualization and accuracy control irradiation, irradiation planning system. It is indicated that the further development of radiation therapy consists not only in the introduction of new technologies in radiotherapy, but also in the intensive development of radiation medicine and clinical radiobiology. The use of new technologies and computer technology, taking into account the principles of radiobiology, ensures that the planned dose is reduced to the target volume with minimal irradiation of healthy tissues while maintaining the quality assurance of radiotherapy.

Keywords: radiation oncology, ionizing radiation, conformal radiation therapy, modern technologies.

Контактна інформація:

Іванкова Валентина Степанівна

д-р мед. наук, професор, завідувач н/д відділення радіаційної онкології

Національного інституту раку МОЗ України

вул. Ломоносова, 33/43, м. Київ, 02033, Україна

тел.: +38 (044) 259-01-95, (050) 958-33-43

e-mail: valentina_ivankova@ukr.net