

# ПІДХОДИ ДО ПЛАНУВАННЯ ТА ЛІКУВАННЯ ОНКОЛОГІЧНИХ ХВОРИХ НА СУЧАСНИХ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНИХ АПАРАТАХ

Іванкова В.С., Хруленко Т.В., Шевченко Г.М., Скоморохова Т.В., Столярова О.Ю., Палій М.І.,  
Нестеренко Т.М., Магдич І.П.  
Національний інститут раку, Київ, Україна

За останні десятиліття здійснилось значне удосконалення методів дистанційного опромінення: використання високоенергетичного випромінювання, створення нових систем топометричної підготовки і контроль за відновленням сеансу опромінення.

Передпроменева топометрична підготовка є основною частиною підготовки хворих до проведення променевої терапії (ПТ). Від якості топометричної підготовки залежить ефективність ПТ. Найважливішою метою ПТ протягом всього періоду її використання є дотримання основного радіотерапевтичного принципу: максимальна ушкоджуюча дія на пухлину та зменшення променевого навантаження на оточуючі здорові тканини. Сучасні технології дистанційної променевої терапії (ДПТ) з використанням багатопелюсткових коліматорів, індивідуальних захисних блоків, клиноподібних фільтрів, боліусів, фіксуєючих пристроїв та ін. направлені на підвищення ефективності ПТ за рахунок значного зменшення об'єму опромінення оточуючих здорових тканин [1, 2].

Розвиток діагностичної, радіотерапевтичної техніки, сучасного високоенергетичного радіотерапевтичного обладнання, та все більш широке впровадження рентгенівських комп'ютерних томографів (КТ) у практику дозиметричного планування, використання сучасних високопродуктивних алгоритмів розрахунку доз призвело до розвитку нової методики опромінення — конформної ПТ (conformal radiotherapy — CRT). Конформне опромінення — це можливість формування поля опромінення підлаштуваного під форму та локалізацію пухлини. Таким чином, зона підвищених доз стає наближенішою за формою до пухлини, при цьому зменшується навантаження на здорові органи і з'являється можливість збільшення дозового навантаження на ракові клітини. Конформне відображення — відображення однієї поверхні на іншу. Для досягнення конформності лікувальні центри використовують різні методи залежно від наявних у них технічних засобів [3, 4].

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 формуючих поле блоків бага-

топелюсткового коліматора. Це дозволяє моделювати оптимальний опромінюючий об'єм, включає в себе тривимірні розрахунки дозового розподілу з урахуванням індивідуальних особливостей пухлинного процесу і анатомії хворого на основі даних КТ [5, 6].

Для топометричної підготовки до ПТ на сучасному обладнанні використовується об'ємне тривимірне планування (3D), що дозволяє перейти від двохвимірного 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 [7, 8].

В Національному інституті раку для передпроменевої топометричної підготовки онкологічних хворих використовуються симулятор, КТ, система комп'ютерного планування.

Процес планування розпочинається з генерування тривимірної моделі пацієнта. При цьому використовується серія паралельних комп'ютерних томографій сканів. Анатомічні структури і планований об'єм мішені визначаються на кожному із сканів вручну або за допомогою автоматичної процедури. Якщо згенерований автоматично контур зони інтересу не влаштовує користувача, його можна відредагувати вручну. Побудова контурів, що відповідають об'єму первинної пухлини, клінічному і планованому об'єму мішені, повинна здійснюватися з обліком не лише комп'ютерної інформації томографії, але і усіх даних, наявних в історії хвороби [3, 6, 9].

На усіх етапах топометричної підготовки до ПТ спостерігається чітка послідовність:

- на 1 етапі топометричної підготовки робиться визначення області мішені для проведення подальшого сканування на КТ;
- на 2 етапі виконується КТ з покрововим скануванням. Крок визначається залежно від конкретної клінічної ситуації з подальшим винесенням референтної точки.

При необхідності порівняння двовимірного плану опромінення з тривимірним потрібно відтворити двовірний план у тривимірному середовищі, а саме в тому середовищі, в якому був створений тривимірний план. Для цього вибирається зображення у тривимірному середовищі на рівні середини пухлини. Вибір параметрів пучків, їх кількості, напрямки опромінення здійснюється так само, як і при двовірному плануванні. Слід зауважити, що при цьому кут коліматора залишається фіксованим, не ви-

користуються формувальні блоки і клиновидні фільтри. Розраховуються гістограми доза-об’єм для пухлини і життєво важливих органів, розташованих поблизу пухлини, для тривимірного і двомірного планів і проводиться порівняння цих гістограм [1, 3-6, 8].

Основним завданням опромінення будь-яких злоякісних пухлин є опромінення пухлини однаковою дозою за усім обсягом і максимальний захист життєво важливих органів і тканин, тому найважливішим показником для пухлини є стандартне відхилення дози від заданого рівня. При захисті життєво важливого органу частина його об’єму, розташованого близько до пухлини, може отримати велику дозу, порівнянну з дозою в пухлині, інша частина органу отримує невелику дозу, тому основними показниками для порівняння доз на життєво важливі органи являються величини середніх доз і величина об’єму органу, що отримав дози вище за його толерантний рівень [9-11].

Що стосується контактної опромінення, то удосконалення апаратури, виробництво різних радіонуклідів, таких як кобальт ( $^{60}\text{Co}$ ), цезій ( $^{137}\text{Cs}$ ), а в останні десятиріччя — іридій ( $^{192}\text{Ir}$ ), привели до розвитку методів брахітерапії джерелами високої потужності — HDR брахітерапії, які дають можливість підводити високі дози до обмеженого об’єму тканин за досить короткий час. Модернізація все більш використовуваного метода автоматизованого послідовного введення радіоактивних джерел (remote afterloading) дозволила спростити сам метод лікування, зробити внутрішньопорожнинне опромінення більш доступним і головне — більш ефективним за безпосередніми та віддаленими результатами лікування хворих онкогінекологічним раком, в тому числі і хворих на рак шийки матки (РШМ). Окрім того, сучасні успіхи брахітерапії обумовлені великим досягненням клінічної радіобіології і дозиметрії, високим науково-технічним рівнем топоетричної підготовки відтворення результатів лікування. Оснащення необхідним устаткуванням і радіотерапевтичною апаратурою складає матеріально-технічну основу метода внутрішньопорожнинної променевої терапії за принципом remote afterloading [12-16].

В Національному інституті раку усім хворим перед кожним сеансом внутрішньопорожнинної брахітерапії (ВПБТ) проводять топоетричну підготовку з контрастуванням сечового міхура та прямої кишки з допомогою рентгенівського апарату за загально прийнятою методикою.

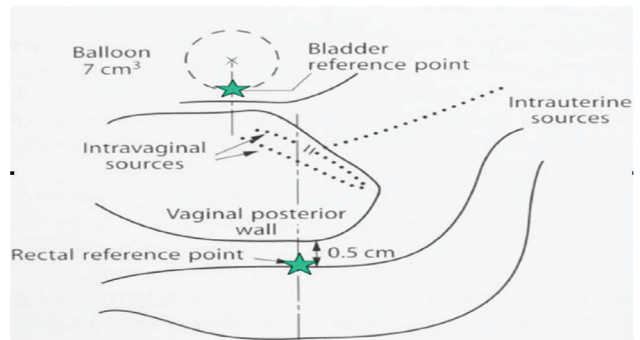
Планування поглинутих доз при HDR ВПБТ, згідно існуючих стандартів, проводиться на референтні т. А (проекція зони парацервікального трикутника), т. В (тазових лімфатичних вузлів), т. V (задня стінка сечового міхура, найбільш наближена до пухлинного вогнища) та т. R (передня стінка прямої кишки у місці її найбільшого наближення до пухлини).

Етапи та послідовність планування сеансів HDR ВПБТ наступні:

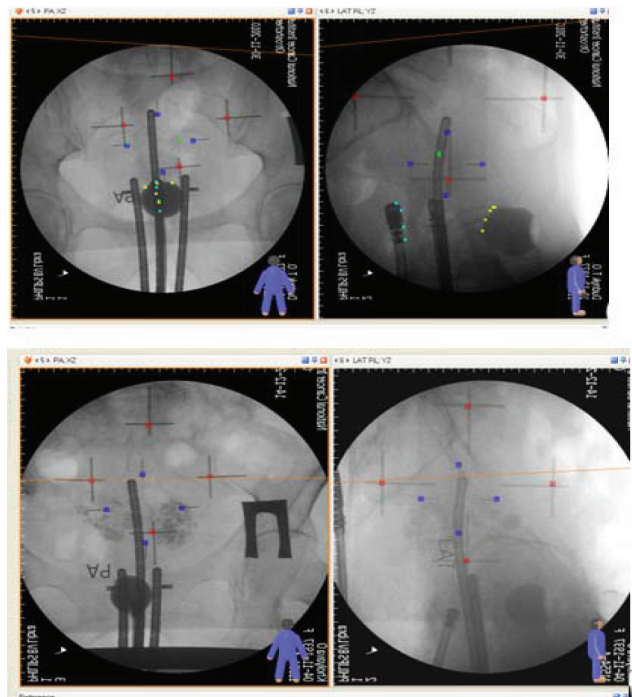
- визначаються і відмічаються критичні органи та точки нормування;
- визначається положення ендостатів та джерела опромінення;

- визначається оптимальний розподіл ізодоз, з оглядом на те, що променеве навантаження на критичні органи не має перевищувати 5 Гр за сеанс;
- визначаються дози в референтних точках;
- при узгодженні плану опромінювання між медичним фізиком та радіоонкологом здійснюється запуск програми опромінювання (рис. 1-3).

За останні роки переважна більшість регіональних радіоонкологічних відділень України була осна-

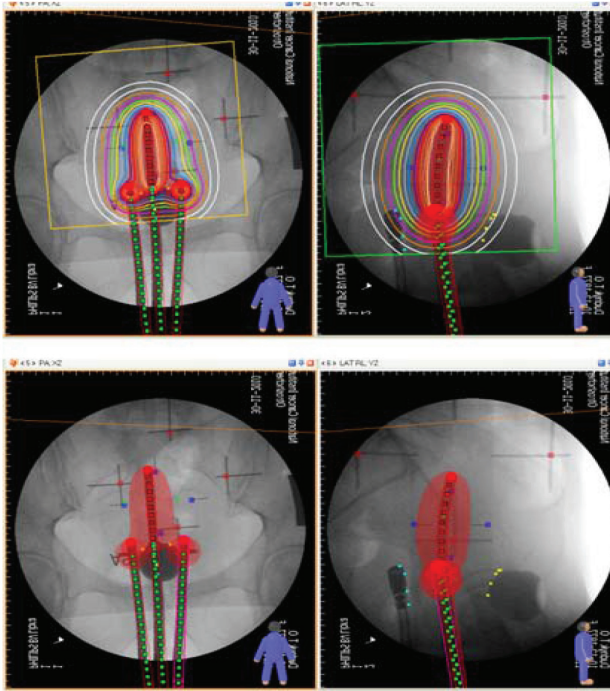


**Рис. 1.** Схема розрахунку поглинутих доз від ВПБТ при РШМ у референтних точках нормування



**Рис. 2.** Рентгенограми тазу у двох взаємно перпендикулярних площинах з використанням Rico Vox

щена високоенергетичними установками для дистанційної та контактної ПТ. Проте, задекларований нечисленний досвід лікування на таких апаратах свідчить про відсутність належного ресурсного і методологічного забезпечення якісної дистанційної і HDR ВПБТ в Україні. Устаткування радіоонкологічного відділення НІР сучасним радіотерапевтичним обладнанням (лінійний прискорювач електронів (ЛПЕ), комп’ютерний симулятор та комплекс для HDR ВПБТ з високоенергетичною установкою "Gyne Source") спонукає до розробки на основі світо-



**Рис. 3.** Дозиметричне планування сеансу HDR ВПБТ на апараті Gyne Source (оптимізація ізодозного розподілення іонізуючого випромінювання).

вого та багаторічного власного досвіду ефективних, клінічно та радіобіологічно аргументованих технологій поєднаної променевої терапії з HDR ВПБТ, які можуть бути запропонованими у якості рекомендацій/стандартів лікування на теренах України.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Rubin Ph., Williams J.P. Principles of radiation oncology and cancer radiotherapy // *Clinical Oncology 8th ed.* / Ed. Rubin Ph. — Philadelphia: W.B. SAUNDERS COMPANY, 2001. — P. 99-125.
2. Костылев В.А. Анализ состояния радиационной онкологии мире и в России // *Медицинская физика.* — 2009. — № 3. — с. 104.
3. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. Технологическое обеспечение лучевой терапии // в кн.: *Медицинская физика.* — М. Медицина, 2008. С. 139 — 160.
4. Ткачев С.И., Юрьева Т.В., Климанов К.Ю. и др. Конформная лучевая терапия в онкологии // *Новые медико-физические проекты в онкологии. Материалы научной конференции РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН, 26 января 2005г.* — С. 1 — 4.
5. Ратнер Т.Г., Канчели И.А., Елуженкова К.А. и др. Применение в клинике гистограмм "доза-объем". // *Медицинская физика.* 2006. — №1 (29). — С. 73-81.
6. Assenholt M.S., Petersen J.B., Nielsen S.K., et al. A dose planning study on applicator guided stereotactic IMRT boost in combination with 3D MDIbased brachytherapy in locally advanced cervical cancer // *Acta Oncol.* — 2008. 47(7). — P. 1337 — 1343.
7. Ваганов Н.В. Гарантии качества лучевой терапии в аспекте медицинской физики / Н.В. Ваганов, А.В. Важнин, Л.А. Фокин // *Современные технологии в онкологии: материалы VI Всероссийского съезда онкологов в 2-х т., т. 1 Ростов-на-Дону, 2005.* — С. 7-8.
8. Ким С.И. Принципы проведения предлучевой топометрической подготовки и планирование облучения больных / С.И. Ким // *Обеспечение качества в лучевой терапии: материалы Республиканской практ. конференции.* — Алматы, 2002. С. 475-476.
9. Клеппер Л.Я. "Экспресс-метод" представления инфор-

мации об объемном строении облучаемого организма для планирования лучевой терапии злокачественных опухолей / Л.Я. Клеппер, В.Л. Ушкова // *Мед. физика.* — 2003. — № 1 (17). — С. 7-12.

10. Сахаровская В.Г. Современный этап развития методов топометрической подготовки больных к облучению / В.Г. Сахаровская, Т.Г. Ратнер, Т.В. Юрьева, Н.Л. Хлебникова // *Мед. физика.* 2004. — № 4. — С. 59-69.

11. Ploeger L.S. Feasibility of geometrical verification of patient set-up using body contours and computed tomography data / L.S. Ploeger, A. Betgen, G.A. Kenneth et al. // *Radiotherapy and Oncology.* 2003. — Vol. 66, № 2. — P. 225-226.

12. Кравец О.А. Лучевая терапия местнораспространенного рака шейки матки (оптимизация лечения, факторы прогноза) // Автореф. Докт. Диссертации. Москва. — 2010. — 47 с.

13. Сочетанная лучевая терапия рака шейки матки с использованием иридия-192 / Кравец О.А., Марьина Л.А., Чехонадский В.Н., Русанов А.О // *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН.* — 2002. — №2 — С. 11 — 13.

14. Марьина Л.А. Использование источников с высокой мощностью дозы для внутритрилостного облучения онкогинекологических больных / Л.А. Марьина, В.Н. Чехонадский, О.А. Кравец // *Материалы 1 Российской научной конференции с международным участием "Радиология. Лучевая диагностика и лучевая терапия на пороге третьего тысячелетия" в рамках научного форума "Радиология-2000". (г. Москва, 13-16 июня 2000 г.).* — М. : МОРАГ-ЭКСПО, 2000 — С. 384.

15. Химиолучевая терапия местнораспространенного рака шейки матки (предварительные результаты) / Кравец О.А., Марьина Л.А., Нечушкин М.И., Тюлядин С.А. // *Сибирский онкологический журнал.* — 2008. — №2 (26). — С.27 — 31.

16. Брахитерапия местно распространенного рака шейки матки с использованием различных источников излучения / Марьина Л.А., Кравец О.А., Чехонадский В.Н., Русанов А.О. // *Сборник научных трудов IV ежегодной российской онкологической конференции.* — Москва, 2000. — С. 157 — 158.

**РЕЗЮМЕ.** Успех проведения курса лучевой терапии (ЛТ) зависит от выбора рационального плана лучевого лечения и точности его отображения во время каждого сеанса облучения. Для решения основной задачи ЛТ — подведения к опухоли канцероцидной дозы при минимально возможной нагрузке на окружающие здоровые ткани — необходим индивидуализированный подход к реализации всех звеньев технологической цепи: выбор метода дистанционной лучевой терапии, HDR брахитерапии, проведение качественной предлучевой топометрической подготовки пациента, расчет плана облучения, подведение максимальной дозы к биологической мишени. В современной радиологической клинике для проведения качественной предлучевой подготовки необходимо использовать симулятор, компьютерный томограф, систему компьютерного объемного 2D или 3D планирования мишени облучения, то есть — опухолевого очага.

**Ключевые слова:** предлучевая топометрическая подготовка, мишень облучения, опухолевый очаг, дистанционная лучевая терапия, брахитерапия.

**SUMMARY.** In order to solve the main problem RT — summing the maximum dose to the tumor with minimal impact on the surrounding healthy tissue — requires an individual approach to all parts of the production chain: Select external beam radiation therapy, HDR brachytherapy, conducting quality before radiotherapy topometry patient preparation, plan, calculation of exposure, summing up to a maximum dose to the biological target. Today in radiological clinic for quality pre RT training must use the simulator, CT scanner, the computer system of 2D or 3D radiation planning target — that is, tumor center.

**Key words:** before radiotherapy topometry training, target irradiation, tumor center, external beam radiation therapy, brachytherapy.