

# ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ У ОНКОЛОГІЧНИХ ХВОРИХ

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

Ефективність променевої терапії залежить від якості топометричної підготовки, яка є найважливішою частиною технологічного ланцюга підготовки і проведення променевої терапії (ПТ). Сучасні технології дистанційної променевої терапії (ДПТ) з використанням багатопелюсткових коліматорів, індивідуальних захисних блоків, клиноподібних фільтрів, болюсів, фіксуючих пристроїв та інш. направлені на підвищення ефективності ПТ за рахунок значного зменшення об'єму опромінення навколишніх здорових тканин [1, 2].

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. За даними ВООЗ успіх ПТ приблизно на 50% залежить від радіочутливості пухлин, на 25% — від апаратного оснащення і на 25% — від вибору раціонального плану лікування та точності його відображення під час кожного сеансу опромінення [2].

Поява в останні роки сучасного високоенергетичного радіотерапевтичного обладнання, розвиток діагностичної, радіотерапевтичної техніки 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). Під словом конформна мається на увазі можливість формування поля опромінення підлаштовуваного під форму та локалізацію пухлини. Таким чином, зона підвищених доз стала наближенішою за формою до пухлини, при цьому зменшилося навантаження на здорові органи і з'явилася 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].

Широкі свідчення до ПТ пояснюються можливістю застосування її як при операбельних, так і при неоперабельних формах пухлини, а також неухильно зростаючою ефективністю різних методів ПТ. Успіх ПТ пов'язаний з розвитком техніки, з появою нових конструкцій апаратів (джерел випромінювання), з розвитком клінічної дозиметрії, з численними радіобіологічними дослідженнями, що розкривають механізм регресії пухлини під впливом опромінення [5].

У процесі діагностики і підготовки до променевого лікування велике значення має максимально точно визначення поширеності пухлинного процесу: локалізації, розмірів і конфігурації пухлинних вогнищ, що є мішенню радіотерапевтичної дії, а також оцінка стану критичних органів, що знаходяться поруч. Для отримання даних, необхідних для планування ПТ, слід дотримуватися умов, ідентичних умовам проведення надалі ПТ. Комп'ютерна томографія для планування ПТ проводиться з використанням усіх пристосувань (підголовники, фіксувальні пристосування), необхідних для укладання хворого. Обов'язковим є отримання в якості початкової топометричної інформації набору комп'ютерних томограм по усій висоті поширеності процесу і зон профілактичного опромінення. Крок сканування визначається залежно від конкретної клінічної ситуації. На кожній отриманій таким чином томограмі проводиться окреслення об'ємів мішені і критичних органів [1, 3, 6].

При проведенні підготовки до ПТ на сучасному обладнанні використовується об'ємне тривимірне планування (3D), що дозволяє перейти від двовимірного планування (2D), і надає можливість створити необхідне розподілені дози на весь об'єм мішені з максимумом у зоні пухлини та знизити до мінімуму дозу навантаження у зоні оточуючих здорових тканин [7, 8].

В Національному інституті раку для предпроменевої 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 зі 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].

Для здійснення ПТ потрібна чітка послідовність на усіх етапах топометричної підготовки таких як: - 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;
- на 3 етапі робиться планування полів опромінення на 3-х мірній плануючій системі;
- на 4 етапі винесення полів опромінення на шкіру пацієнта з використанням апарату симулятор [4, 5, 10].

Для вирішення основного завдання ПТ — підведення до пухлини тумороцидної дози при мінімально можливому навантаженні на прилеглі здорові тканини — потрібний індивідуалізований підхід до реалізації усіх ланок технологічного ланцюжка:

- вибір методу ПТ;
- проведення топометричної підготовки пацієнта;
- розрахунок плану опромінення;
- підведення дози до біологічної мішені [5-7, 9].

Розрахунок планів опромінення здійснюється з використанням спеціальних програм. Сучасні системи планування ПТ працюють на швидкодіючих комп'ютерах, що дозволяють здійснювати швидкий розрахунок математичних операцій, а також працювати з тривимірною графікою. Для введення початкової інформації про пацієнтів, отриманої за допомогою рентгенівських або магнітно-резонансних КТ, застосовується широкий набір носіїв, використовуваних на томографах. Найбільш швидким і надійним способом передачі інформації від томографа до системи планування є використання комп'ютерної мережі [9-11].

Розподіл дози розраховується і відображається на екрані дисплея спільно з анатомічними структурами. Важливою позитивною властивістю системи планування є можливість побудови реконструйованого цифровим способом знімка пацієнта для кожного з полів опромінення. Такий знімок потрібний для подальшого порівняння із зображенням, отриманим на симуляторі, з метою верифікації плану опромінення, індивідуального для кожного пацієнта. При цьому кінцевий результат можна оцінювати шляхом порівняння розподілу дози, що виходить, з формою планованого об'єму мішені і критичних органів [1, 3, 6].

Основні концепції, пов'язані з виділенням об'ємів опромінення, описані в доповідях Міжнародної комісії з радіаційних одиниць і вимірів N 50 і N 62 [1, 6, 10].

До планування ДПТ визначається два об'єми — GTV і CTV.

- GTV (Gross Tumor Volume) — (візуально та клінічно визначений макроскопічний об'єм пухлини) — це пальпований або такий, що візуалізується інструментально об'єм пухлини. Макроскопічний об'єм може складатися з первинної пухлини, метастазів в лімфатичних вузлах або інших метастазів. Зазвичай він відповідає тій частині пухлини, де концентрація пухлинних клітин найбільша. Якщо пухлина була видалена хірургічно, визначити цей об'єм неможливо;
- CTV (Clinical Target Volume) — клінічний об'єм мішені — включає усі об'єми, в яких необхідно ліквідувати макроскопічні і/або мікроскопічні

прояви злоякісної пухлини: макроскопічний об'єм пухлини і тканини, в яких є вірогідність мікроскопічної пухлинної інвазії (часто товщина такої області складає 1 см). При плануванні післяопераційних курсів ПТ задається тільки CTV.

Під час планування ПТ визначаються — PTV та критичні органи.

- PTV (Planning Target Volume) — планований об'єм мішені — включає клінічний об'єм з додаванням (для надійності) додаткового відступу, що пов'язано з можливою зміною положення органів при диханні хворого, рухливістю певних органів (шлунок та ін.), особливостями устаткування (зокрема, відсутністю можливості жорсткої фіксації хворого) і з урахуванням погрешностей при укладанні пацієнта. Це геометричне поняття визначається для того, щоб, взявши до уваги сумарний ефект усіх можливих геометричних неточностей, вибрати найбільш відповідні розміри і конфігурацію полів опромінення і бути упевненим в тому, що призначена доза дійсно поглинулася в об'ємі клінічної мішені.

Як результат планування мають бути описані два об'єми: Treated volume та Irradiated volume.

- TV (Treated Volume) — терапевтичний об'єм — об'єм що піддається лікувальній дії, одержуючий дозу, важливу для терапевтичного ефекту (радикального або паліативного) — визначається як об'єм, обмежений ізодозовою кривою, вибраною променевим терапевтом як найбільш відповідній для досягнення мети лікування. У ідеалі TV має бути ідентичний PTV.

- IV (Irradiated Volume) — опромінюваний об'єм — об'єм тканин, до якого підводиться доза, яка може вплинути на толерантність нормальних тканин. Розрахунок дозного розподілу в об'ємі тканин, що піддаються опроміненню, потрібний для визначення дози, що отримується в процесі лікування здоровими тканинами, що оточують пухлину, і критичними органами. Вибір параметрів опромінення проводиться з урахуванням рівнів толерантності навколишніх нормальних тканин.

Таким чином, GTV і CTV — клінічний об'єм мішені — чисто анатомо-клінічна концепція, а PTV — геометрична концепція.

Додатковим критерієм оцінки якості плану опромінення є використання гістограм доза-об'єм (DVH — Dose Volume Histogram). DVH є графіком розподілу дози в опромінюваному об'ємі. Для ідеального розподілу дози по відношенню до планованого об'єму мішені гістограма доза-об'єм має форму прямокутника. За допомогою гістограм можна визначити наступні характеристики дозових розподілів: стандартні відхилення дози на пухлину, мінімальні і максимальні дози, середні дози, медіанні дози на критичні органи. Проводиться розрахунок декількох планів опромінення, будуються гістограми доза-об'єм для кожного плану: PTV і кожного критичного органу. На основі аналізу DVH вибирається оптимальний план із створених. При цьому оптимальним вважається той план, для якого доза на пухлину максимальна (на PTV повинна припасти не менше 95% дози), а на критичні органи мінімальна.

Для порівняння двовимірного плану опромінення з тривимірним необхідно відтворити двовимірний 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 двовимірному плануванні. Слід зауважити, що при цьому кут коліматора залишається фіксованим, не використовуються формувальні блоки і клиновидні фільтри. Розраховуються гістограми доза-об'єм для пухлини і життєво важливих органів, розташованих поблизу пухлини, для тривимірною і двовимірною 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].

Таким чином, для забезпечення якості ДПТ необхідно виконання важливих задач передпроменевої підготовки онкологічних хворих:

- виявлення розмірів патологічних новоутворень та анатомічних структур, що є предметом інтересу а також їх взаємне розташування у зоні інтересу;
- комп'ютерне планування опромінення, отриманого за рахунок використання плануєної системи з метою його верифікації;
- визначення геометричних вимог опромінення, розмірів поля, кутів оберту коліматора, стола, розташування захисних блоків і т.п.

Проведення передпроменевої підготовки хворих із використанням 2D та 3D планування показує, що об'ємне планування дозволяє отримати перевагу по запланованому об'єму мішені (PTV) при збереженні тієї самої дози, на оточуючі здорові тканини чи її зменшення. У зв'язку з цим необхідно подальше дослідження і накопичення клінічного матеріалу по використанню об'ємного планування, особливо при проведенні променевого лікування на сучасному обладнанні.

#### ЛИТЕРАТУРА:

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 в 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. Важенин, 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 информации об объемном строении облучаемого организма для планирования лучевой терапии злокачественных опухолей / Л.Я. Клеппер, В.А. 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.А. 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.

**РЕЗЮМЕ.** В статье приведены основные шаги повышения эффективности лучевой терапии (ЛТ) у онкологических больных. От выбора рационального плана лучевого лечения и точности его отображения во время каждого сеанса облучения на 25 % зависит успех проведения курса ЛТ. Для решения основного задания ЛТ — подведения к опухоли тумороцидной дозы при минимально возможной нагрузке на окружающие здоровые ткани — необходим индивидуализированный подход к реализации всех звеньев технологической цепи: выбор метода дистанционной лучевой терапии, 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, тумороцидная доза.

**SUMMARY.** The article describes the basic steps improve radiation therapy (RT) in cancer patients. The choice of a rational plan for radiation therapy and accuracy of its display during each exposure by 25% to the success of radiotherapy. In order to solve the main task RT — summing up the dose to the tumor tumorsidnoy at the lowest possible pressure on the surrounding healthy tissue — requires an individualized approach to the implementation of all parts of the technological chain: choice of external beam radiotherapy, conducting qualitative before radiotherapy topometricheskoy patient preparation, plan, calculation of exposure, summing up to a maximum dose to the biological target. In today's radiology clinic for quality before radiotherapy training necessary to use a simulator, CT scanner, the computer system of 2D or 3D volumetric planning target irradiation, that is — the source of the tumor.

**Key words:** before radiotherapy topometricheskaya training, target irradiation, tumor center, external beam radiation therapy, tumorsidnaya dose.