

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ ОПРОМІНЕННЯ НА ГЛИБОКІЙ ЗАТРИМЦІ ДИХАННЯ (DIBH) ПІД ЧАС СТЕРЕОТАКТИЧНОЇ РАДІОТЕРАПІЇ (SBRT)

Вступ. Сучасна променева терапія широко використовує новітні технічні засоби для покращення якості і точності опромінення злоякісних новоутворень. За останні роки стереотактична радіотерапія пухлин легень та черевної порожнини починає застосовуватись більш активно. Причиною цього є впровадження нових пристроїв для синхронізації опромінення з диханням пацієнта. Мета роботи розглянути та оцінити застосування нових технічних засобів у променевій терапії у лікуванні пацієнтів методикою SBRT.

Методи. Для топометричної підготовки використовувався комп'ютерний томограф. Як додаткові діагностичні матеріали використовувались зображення МРТ. Планування радіологічних планів лікування виконувалося за допомогою плануючої системи Monaco (Elekta Solutions AB).

Результати. Кожен пацієнт проходив КТ-топометричну підготовку, під час якої виконувалося сканування та визначення глибини затримки вдиху. Після підготовки пацієнта проводиться КТ-сканування, далі – процедура оконтурювання органів ризику та мішені. Під час лікування пухлин легень зміщення CTV (клінічного обсягу лікування), викликане диханням, можна знівелювати кількома способами. Зазвичай використовують рішення, засноване на отриманні 4D-КТ. Методи IGRT передбачають активний контроль дихання (ABC) разом з контролем дихання за методикою DIBH.

Висновки. Нові технічні засоби для контролю за положенням та диханням пацієнтів дозволяють зменшити об'єм опромінення та відмовитися від використання додаткових структур для опромінення (ITV), що надає можливість зменшити дозове навантаження на критичні органи, та дозволяє використовувати методику лікування SBRT з більшою безпекою для пацієнта.

Ключові слова: променева терапія, глибока затримка дихання (DIBH), стереотактична радіотерапія (SBRT).

Вступ

Стереотактична радіотерапія (SBRT) – це метод променевої терапії, що використовує високоточні поля для доставки дози радіації під час лікування пухлин у різних частинах тіла, окрім головного мозку. (Videtic, & Stephans 2010, p. 1). Вона також відома як стереотактична аблятивна променева терапія (SABR). Ця методика є високоефективним методом лікування пухлин легень, особливо на ранніх стадіях недрібноклітинного раку легень (NSCLC). Зазвичай таке лікування проводиться в одну або кілька фракцій (від 1 до 5 сеансів), що підвищує ефективність лікування. SBRT не потребує хірургічного втручання, що знижує ризик інфекцій і скорочує час відновлення пацієнта. Зі свого боку застосування методики глибокої затримки дихання (DIBH) у поєднанні з SBRT

© Мамчур Віталій, 2024

дозволяє зменшити рухливість пухлини та навколишніх органів, покращуючи точність доставки радіації. Використання DIBN дозволяє уникнути опромінення здорових тканин, таких як серце і легені, які можуть зміщуватися під час нормального дихання.

Методи

Лікування проводилось в Медичному центрі "Клініка Мануфактура" ТОВ "Асклепійон". Для топометричної підготовки використовувався комп'ютерний томограф. Як додаткові діагностичні матеріали використовувались зображення МРТ. Планування радіологічних планів лікування виконувалося за допомогою плануючої системи Monaco (Elekta Solutions AB). Безпосередньо опромінення проводилось на медичному лінійному прискорювачі Elekta Infinity (Elekta Solutions AB) з використанням фотонного випромінювання з енергією 6 MeV без вирівнювального фільтра (FFF) та методикою доставки дози VMAT. Для контролю за диханням та зміщенням положення пацієнта використовувалась система оптичного спостереження за поверхнею тіла Catalyst+ та Sentinel (C-RAD Positioning AB). Для інформування пацієнта про глибину вдиху використовувались смарт-окуляри та різнокольорові світлові індикатори в середині процедурного кабінету.

Для оцінювання застосування технічних засобів у процесі лікування з глибокою затримкою дихання були вибрані 4 пацієнти: двоє з діагнозом аденокарцинома лівої легені (приписана доза опромінення 50 Гр за 5 сеансів), один із діагнозом гепатоцелюлярна карцинома печінки, метастаз у легені (приписана доза опромінення 60 Гр за 3 сеансів), один із діагнозом карцинома підшлункової залози (приписана доза опромінення 24 Гр за 3 сеансів).

Результати

У процесі підготовки до лікування кожен пацієнт проходив КТ-топометричну підготовку, під час якої виконувалося сканування та визначення глибини затримки вдиху. Для візуалізації дихання кожен пацієнт міг використовувати смарт-окуляри, де за допомогою передачі зображення від оптичної системи спостереження міг бачити амплітуду свого дихання (рис. 1 та 2).

Після інструктажу та підготовки пацієнта проводиться КТ-сканування, далі – процедура оконтурювання органів ризику та мішені. Після визначення положення та дози для опромінення пухлини медичні фізики здійснюють планування. Під час процесу визначається найбільш оптимальний метод доставки дози та виконується оптимізація дозового навантаження на органи ризику.

У процесі лікування пухлин легенів зміщення CTV (клінічного обсягу лікування), викликане диханням, можна знівелювати кількома способами. Найчастіше використовують рішення, засноване на отриманні 4D-КТ. Пацієнти повинні бути скановані протягом кількох циклів дихання, використовуючи зовнішній маркер, для визначення положення пухлини і легенів протягом різних фаз дихального циклу. Потім можна редагувати фази дихання для створення внутрішнього цільового об'єму (ITV) рис. 3. Крім того, слід враховувати рух органів під час лікування за допомогою променевої терапії з контролем

зображення (IGRT). Методи IGRT передбачають активний контроль дихання (ABC) у поєднанні з контролем дихання за методикою DIBH.



Рис. 1. Смарт-окуляри для візуалізації дихання пацієнта

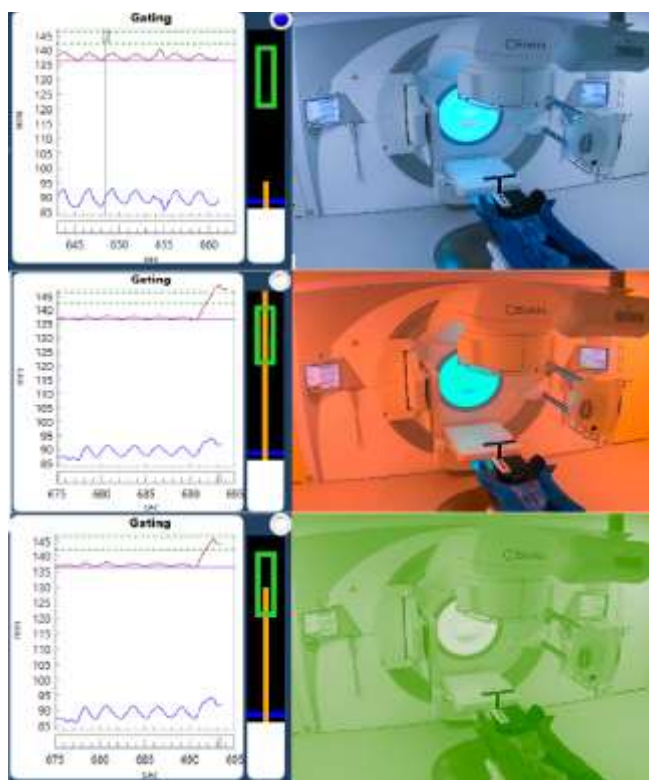


Рис. 2. Анімація амплітуди дихання (зліва), яку бачить пацієнт, і зміна освітлення у процедурному кабінеті (справа) відповідно до амплітуди дихання

Процедура опромінення проводиться з використанням оптичної системи позиціонування та контролю за диханням. Це дозволяє контролювати зміщення пацієнта з точністю до 1 мм (рис. 3). Вихід рентгенівського випромінювання синхронізовано з диханням пацієнта та розпочинається як тільки амплітуда дихання доходить до зеленого прямокутника (рис. 3).

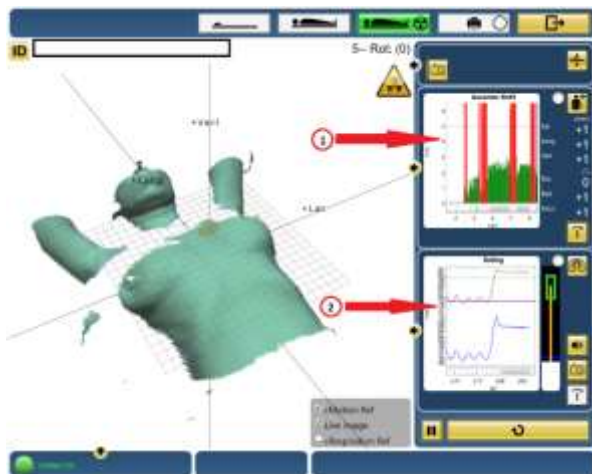
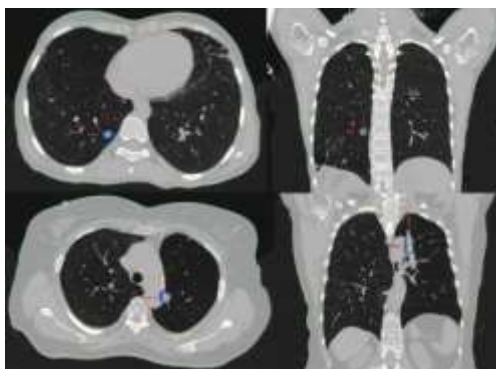


Рис. 3. Інтерфейс програмного забезпечення Catalyst+ з ділянкою контролю за положенням (1) та контролю за диханням (2) пацієнта

Розміри прямокутника визначаються методикою лікування та можливостями систем спостереження за диханням. Для методики SBRT і системи C-RAD це ± 1 мм (Nguyen et al., 2023, p. 2). Використання такої системи контролю за положенням пацієнта дозволяє відмовитись від використання ITV, що значно зменшує обсяг опромінення (рис. 4). У свою чергу, це дозволяє зменшити дозове навантаження на органи ризику, уникнути значних побічних наслідків після лікування.



**Рис. 4. Розподіл 95 % приписаної дози лікування навколо РТВ.
Планування опромінення проводиться без використання додаткового обсягу лікування – ITV**

Дискусія і висновки

Нові технічні засоби для контролю за положенням та диханням пацієнтів дозволяють зменшити обсяг опромінення та відмовитися від використання додаткових структур для опромінення (ITV), що надає можливість зменшити дозове навантаження на критичні органи та дозволяє використовувати методику лікування SBRT з більшою безпекою для пацієнта.

Подяки, джерела фінансування. Висловлюю подяку директорці ТОВ "Асклепійон" (Медичного центру "Клініка Мануфактура") Кореньковій Ользі Вячеславівні за надане обладнання та дозвіл використання матеріалів дослідження.

Список використаних джерел

Nguyen, D., Reinoso, R., Farah, J., Yossi, S., Lorchel, F., Passerat, V., Louet, E., Pouchard, I., Khodri, M., & Barbet, N. (2023, May 13). Reproducibility of surface-based deep inspiration breath-hold technique for lung stereotactic body radiotherapy on a closed-bore gantry linac. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 26, 100418 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37252251/>

Videtic, G.M., & Stephans, K.L. (2010). The Role of Stereotactic Body Radiotherapy in the Management of Non-Small Cell Lung Cancer: An Emerging Standard for the Medically Inoperable Patient? *Current oncology reports*, 12, 235–241. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11912-010-0108-1>

Reference

Nguyen, D., Reinoso, R., Farah, J., Yossi, S., Lorchel, F., Passerat, V., Louet, E., Pouchard, I., Khodri, M., & Barbet, N. (2023, May 13). Reproducibility of surface-based deep inspiration breath-hold technique for lung stereotactic body radiotherapy on a closed-bore gantry linac. *Physics and Imaging in Radiation Oncology*, 26, 100418 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37252251/>

Videtic, G.M., & Stephans, K.L. (2010). The Role of Stereotactic Body Radiotherapy in the Management of Non-Small Cell Lung Cancer: An Emerging Standard for the Medically Inoperable Patient? *Current oncology reports*, 12, 235–241. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11912-010-0108-1>

Отримано редакцією збірника / Received: 31.07.24

Прорецензовано / Revised: 23.08.24

Схвалено до друку / Accepted: 23.10.24

Vitalii MAMCHUR, Leading Engineer-Radiologist

e-mail: mamchurvitas@gmail.com

Medical center "Manufactura Clinic" Asklepion LCC, Kyiv, Ukraine

ADVANTAGES OF USING DEEP INSPIRATION BREATH HOLD (DIBH) RADIATION METHODS DURING STEREOTACTIC RADIOTHERAPY (SBRT)

Introduction. *Tumor motion is one of the main challenge of lung stereotactic body. The purpose of the presented work is to show the need to use additional methods of controlling the patient's breathing amplitude in order to refuse the use of additional volumes of treatment.*

Methods. *Four patients were treated by the SBRT technique using a linear accelerator under the control of the C-RAD optical positioning system. The linear accelerator carried out irradiation using the VMAT technique as soon as the amplitude of the patient's breath fell within the predetermined gap of ± 1 mm.*

Results. *The use of the Deep-inspiration breath-hold (DIBH) treatment method made it possible to abandon the use of additional volumes of irradiation, which reduced the dose load on healthy tissues.*

Conclusions. *Lung SBRT in DIBH with C-RAD optical system proved reproducibility of the position with a very small gap, which made it possible to abandon additional treatment volumes (ITV) and reduce the lung dose.*

Keywords: *deep-inspiration breath-hold, Lung stereotactic body radiotherapy.*

Автор В. Мамчур заявляє про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The author V. Mamchur declares no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.