

КОРЕКЦІЯ ПЛАНОВАНОГО ОБ'ЄМУ МІШЕНІ З УРАХУВАННЯМ РУХУ ПУХЛИНИ ПІД ЧАС АКТІВ ДИХАННЯ

Васильєв Л.Л.

ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», м. Харків

РЕЗЮМЕ. Під час проведення топоетричної підготовки до радіотерапії хворих на рак легенів дуже важливо враховувати зсув пухлини, пов'язаний із дихальними рухами, для зниження додаткового променевого навантаження на здорові тканини. За відсутності спеціального технічного оснащення для визначення рухливості мішені, пов'язаної з дихальним актом, пропонується метод рентгеноскопії, що дозволяє досить точно зареєструвати амплітуду зсуву об'єкта і скласти адекватний план опромінення. Метою даної роботи є оцінка можливості застосування рентгеноскопії для врахування амплітуди руху пухлини в дихальному акті та формування планованого об'єму мішені під час планування опромінення. Дане дослідження показало важливу роль врахування зміщення пухлини під час дихання у створенні індивідуалізованого плану лікування в пацієнтів із периферичними пухлинами легень. Оцінка зміщення об'єму під час дихання на звичайному рентгенапараті з функцією рентгеноскопії показала достатню точність реєстрації, що дає незаперечну перевагу перед іншими високовартісними методами.

Ключові слова: променева терапія, пухлина легені, топоетрична підготовка, вибір об'ємів опромінення.

За даними Національного канцер-реєстру, захворюваність на рак легенів в Україні становить 12,6 випадку на 100 тис. жіночого і 64,5-чоловічого населення. [3]. Дана патологія посідає перше місце в онкологічній захворюваності чоловіків віком від 30 до 74 років. Питома вага хворих на РЛ, що не прожили 1 року з моменту встановлення діагнозу, становить по Україні 63,3%. Незважаючи на те, що практично всі хворі на рак легені потребують променевого лікування, проблема стандартизації технології радіотерапії до цього часу не вирішена.

Прагнення до підвищення ефективності променевої терапії взагалі і раку легенів зокрема полягає в пошуку методів і засобів, що забезпечують селективне посилення, пошкодження пухлинної тканини і зниження радіоуразнення нормальних тканин, тобто в розширенні терапевтичного інтервалу [1].

Незважаючи на значний прогрес в отриманні точного відтворення сеансів опромінення, врахування руху пухлини і навколишніх органів під час дихання пацієнта залишається однією з найважливіших проблем при плануванні сучасної радіотерапії раку легені.

Під час опромінення пухлин легенів, як правило, захоплюється досить великий об'єм тканин, при цьому необхідно враховувати той факт, що легенева тканина має високу радіочутливість. Контроль за токсичністю іонізуючого випромінювання можливий під час дотримання принципу визначення адекватно-

го об'єму опромінення в разі мінімальної можливості впливу на здорові тканини. Амплітуда руху пухлини під час сеансу променевої терапії може досягати 2-3 см, що має велике клінічне значення. Основним способом контролю за зміщенням пухлини є так звані інвазивні методи, коли спеціальний маркер імплантується в пухлину або в прилеглі тканини. Однак широке використання цих методів у радіотерапії обмежене насамперед через високу вартість обладнання, а також можливість ускладнень у вигляді пневмотораксу під час спроби імплантації маркера [2, 4] або його зміщення [5]. Таким чином, даний метод має серйозні обмеження застосування. Іншим методом, що враховує дихальну екскурсію, є застосування спеціальних дистанційних пристроїв, що відстежують рухи грудної або черевної стінки. Останнє ґрунтується на результатах досліджень, автори яких доводять, що рух поверхні черевної стінки корелює з рухами діафрагми [6]. Водночас, інші дослідження заперечують цей взаємозв'язок, посиляючись на істотний вплив індивідуальних анатомічних особливостей пацієнта [7]. На наш погляд, прийнятним із точки зору доступності та простоти є метод оцінки руху пухлини за допомогою рентгеноскопії. Він може застосовуватися для всіх пацієнтів, у яких пухлина чітко візуалізується під час рентгенографії. Дане дослідження проводилося під контролем та дозволу комітету з біоетики.

Мета роботи — оцінити можливість застосування рентгеноскопії для врахування амплітуди руху пухлини в дихальному акті та формування планованого об'єму мішені під час планування опромінення.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У цьому дослідженні за допомогою рентгеноскопії проводився аналіз зміщення пухлини під час дихання з подальшим формуванням планованого об'єму опромінення. Було включено 42 пацієнтів (37 чоловіків і 5 жінок) з периферичним раком легень віком від 46 до 65 років, які проходили підготовку до опромінення в ДУ «Інститут медичної радіології імені С.П. Григор'єва НАМН України». Пухлина візуалізувалася під час рентгенографії. Як опорне зображення кожному пацієнту була виконана комп'ютерна томографія (КТ) (на томографі Toshiba Aquilion 64, Японія) на столі з плоскою декою в позі укладання із затримкою дихання на вдиху. Сканування органів грудної клітки отримували від рівня перснеподібного хряща до верхньої межі L_2 хребця з кроком 3 мм. Такий підхід дозволяє точніше визначити об'єм опромінення і створення верифікаційних цифрових рентгенограм високої якості для реконструкції. У плануючу систему (Varian Eclipse, США) були внесені отримані зображення, окреслені мішені, критичні органи та опорні точки [8, 9]. Далі на рентген-симуляторі (Varian Acuity, США) оцінювався рух пухлини в усіх напрямках у прямій і бічній проекціях без затримки дихання.

Застосування спеціалізованого рентген-симулятора не потребувало внесення корекції в отримані зображення (геометричне спотворення) [10].

Кожне дослідження містило 30 послідовних знімків, виконаних зі швидкістю 6 кадрів на секунду на 4 дихальних циклах. Далі пухлина була оконтурена на кожному отриманому знімку вручну лікарем-топометристом на плануючій системі. За отриманими результатами вносились коригування в обраний об'єм опромінення. У кожного досліджуваного з отриманих даних про положення і зміщення пухлини був сформований планований об'єм опромінення. Далі розраховувався план опромінення та формувались цифрові реконструйовані рентгенограми для подальшої верифікації полів опромінення. Статистичний аналіз проводився у програмі Statistica (StatSoft).

РЕЗУЛЬТАТИ

Пухлини у вибраних пацієнтів розташовувалися у верхній частці лівої легені (ВЧ ЛЛ) 9 пацієнтів, у нижній частці лівої легені (НЧ ЛЛ) 7 пацієнтів, у верхній частці правої легені (ВЧ ПЛ) 17 пацієнтів, середній частці (СЧ) 5 пацієнтів та у нижній частці правої легені (НЧ ПЛ) 4 пацієнтів (рис. 1).

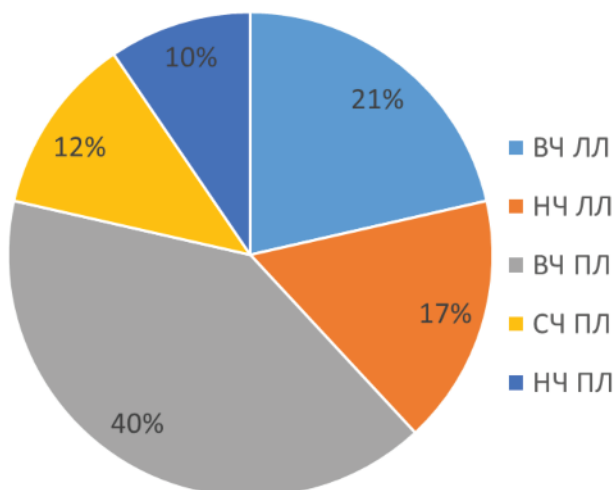


Рис. 1. Розподіл кількості хворих із різними локалізаціями пухлин у відсотках

У 2 пацієнтів не вдалося візуалізувати пухлину в латеральній проекції через накладення на тінь серця та хребта, тому вони були виключені з дослідження. У табл. 1 наведено результати контролю руху пухлини в трьох напрямках від початкового положення, обраного на опорному КТ-наборі зображень, залежно від розміщення пухлини. У краніокаудальному напрямку зміщення становило в середньому 7,81 мм (1,44); у латеральному — 4,95 мм (0,75); у напрямку спереду назад — 4,17 мм (0,42) (дані подано у вигляді $M(m)$, де M — середнє вибіркоче, m — помилка середнього).

У табл. 2 представлено середні відхилення пухлини залежно від її розташування. З даної таблиці можна зробити висновок, що основний внесок у загальне зміщення робить зсув по краніокаудальному напрямку для будь-якої локалізації пухлини, який перевищує зсув за іншими координатами в 1,5-3,8 рази (в середньому — в 1,58 ($p < 0,05$)).

Найбільша зміщеність спостерігалася в пацієнтів із певним об'ємом пухлини в нижній частці (20 мм — у передній і 13 мм — у бічній проекції). У табл. 3 представлені мінімальні та

Результати контролю руху пухлини в трьох напрямках

№	Положення	Зміщення, мм			№	Положення	Зміщення, мм		
		Л	СН	КК			Л	СН	КК
1	ВЧ ЛЛ	9	4	7	22	ВЧ ПЛ	4	2	4
2	НЧ ЛЛ	8	7	17	23	НЧ ЛЛ	10	6	12
3	ВЧ ЛЛ	5	1	9	24	ВЧ ПЛ	7	3	6
4	ВЧ ПЛ	4	2	5	25	ВЧ ПЛ	5	1	5
5	СЧ	3	2	3	26	ВЧ ПЛ	6	4	6
6	ВЧ ПЛ	5	3	7	27	ВЧ ПЛ	3	2	4
7	НЧ ЛЛ	8	9	12	28	ВЧ ПЛ	4	6	8
8	ВЧ ПЛ	3	3	8	29	ВЧ ЛЛ	6	4	7
9	НЧ ЛЛ	8	6	14	30	ВЧ ПЛ	3	5	6
10	ВЧ ПЛ	3	4	8	31	ВЧ ПЛ	4	3	4
11	СЧ	2	2	0	32	НЧ ПЛ	8	11	20
12	ВЧ ПЛ	4	2	4	33	ВЧ ПЛ	5	4	7
13	ВЧ ЛЛ	3	4	3	34	ВЧ ПЛ	4	6	4
14	СЧ	0	2	2	35	НЧ ПЛ	4	7	3
15	ВЧ ЛЛ	2	2	19	36	ВЧ ПЛ	3	2	6
16	НЧ ЛЛ	13	5	20	37	ВЧ ПЛ	4	7	6
17	НЧ ПЛ	11	12	19	38	НЧ ПЛ	4	6	11
18	ВЧ ПЛ	4	1	3	39	НЧ ПЛ	8	6	11
19	СЧ	1	5	18	40	ВЧ ПЛ	2	1	2
20	ВЧ ПЛ	7	3	4	41	СЧ	1	3	4
21	ВЧ ЛЛ	5	5	3	42	НЧ ЛЛ	5	2	7

Примітка: Л — латеральне зміщення, СН — спереду назад, КК — краніокаудально.

Середні відхилення пухлини (мм)

	Кіль- кість	Л	СН	КК
ЛЛ НЧ	7,00	9,00	6,71	14,43
ЛЛ ВЧ	9,00	4,44	3,22	7,56
ПЛ НЧ	4,00	7,75	8,75	15,25
ПЛ СЧ	5,00	1,40	2,80	5,40
ПЛ ВЧ	17,00	4,31	3,25	5,00
Взагали	42,00	4,95	4,17	7,81

Примітка: Л — латеральне зміщення, СН — спереду назад, КК — краніокаудально.

Мінімальні та максимальні значення корекції об'ємів опромінення

Розташування	min Л	max Л	min СН	max СН	min КК	max КК
ЛЛ НЧ	5	13	2	12	7	20
ЛЛ ВЧ	2	9	1	6	3	19
ПЛ НЧ	4	11	6	12	11	20
ПЛ СЧ	0	3	2	5	0	18
ПЛ ВЧ	2	7	1	7,75	2	11

Примітка: Min Л – мінімальне латеральне зміщення, min СН – мінімальне спереду назад, min КК – мінімальне краніокаудальне, max Л – максимальне латеральне зміщення, max СН – мінімальне спереду назад, max КК – мінімальне краніокаудальне.

максимальні значення корекції об'єму опромінення залежно від розташування пухлини у трьох напрямках.

Як показало дане дослідження, найбільш значуще відхилення спостерігається у краніокаудальному напрямку.

Кожному пацієнту був сформований планований об'єм опромінення з урахуванням виміряного зміщення пухлини (рис. 2). Таким чином, у результаті проведеного аналізу було встановлено, що врахування руху пухлини за допомогою рентгеноскопії дає переваги під час створення адекватного плану опромінення та зниження радіотоксичності.

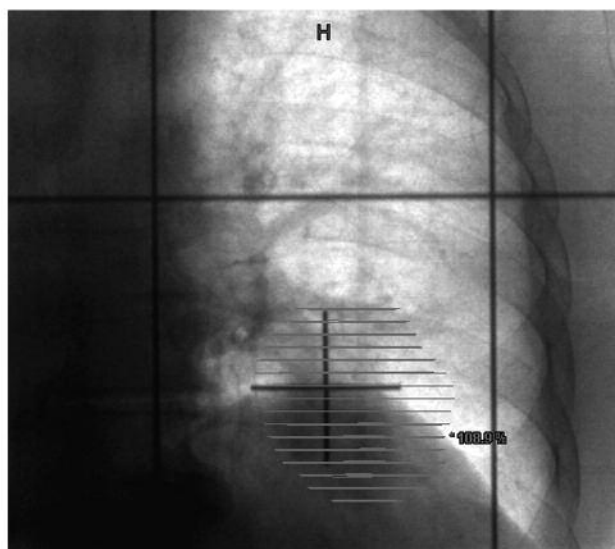


Рис. 2. Результат корекції планованого об'єму опромінення з урахуванням руху пухлини

ВИСНОВКИ

Дане дослідження показало важливу роль урахування зміщення пухлини під час дихання у створенні індивідуалізованого плану лікування в пацієнтів із периферичними пухлинами легень. Оцінка зміщення об'єму під час дихання на звичайному рентгенапараті з функцією рентгеноскопії показала достатню точність реєстрації, що дає незаперечну перевагу перед іншими високовартісними методами. Отримані результати дають підстави стверджувати про перспективність розвитку цього методу в напрямку стандартизації технології топометричної підготовки до променевої терапії пухлин легень різних локалізацій та зменшення побічних ефектів радіотерапії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аникеева О.Ю. Стереотаксическая конформная лучевая терапия с использованием активного контроля дыхания при лечении немелкоклеточного рака легкого // Сибирский онкологический журнал. — 2012. — Т. 53, № 5. — С. 48-51
2. Пилипенко М.І. Які крайки і як мають бути додані до об'єму планованої мішені // Український радіологічний журнал. — 2010. — С. 453-459.
3. Рак в Україні, 2014-2015. Захворюваність, смертність, показник діяльності онкологічної служби // Бюлетень Національного онкологічного реєстру України 2016. Видання № 17. — К., 2016. — 38 с.
4. Assessment of lung tumor motion and setup uncertainties using implanted ducials / C. Nel-

son, G. Starkschall, P. Balter (et al.) // *International Journal of Radiation Oncology. Physics.* — 2007. — № 67.

5. Correlation of lung tumormotion with external surrogate indicators of respiration / J. Hoisak, K. Sixel, R. Tirona (et al.) // *PCF Cheung and JP Pignol.* — 2004. — С. 1298-1306.

6. CT-guided transthoracic fine needle aspiration of pulmonary lesions: accuracy and complications / S. Arslan, A. Yilmaz (et al.) // *Medical Science Monitor.* — 2002. — No 8.

7. CT-guided transthoracic needle aspiration biopsy of pulmonary nodules: needle size and

pneumothorax rate / P. Geraghty, S. Kee, G. McFarlane (et al.) // *Radiology.* — 2003.

8. ICRU Report 50: Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy // Bethesda MD, International Commission on Radiation Units and Measurements. — 1993.

9. Respiration-correlated spiral CT: a method of measuring respiratory-induced anatomic motion for radiation treatment planning / E. Ford, G. Mageras, E. Yorke (et al.) // *Medical Physics.* — 2003. — № 30. — С. 88-97.

10. Varian. Acuity Reference guide. — 2008. — С. 11-13.

КОРРЕКЦИЯ ПЛАНИРУЕМОГО ОБЪЕМА МИШЕНИ С УЧЕТОМ ДВИЖЕНИЯ ОПУХОЛИ ВО ВРЕМЯ АКТОВ ДЫХАНИЯ

Васильев Л.Л.

ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева НАМН Украины», г. Харьков

РЕЗЮМЕ. При проведении топометрической подготовки к радиотерапии больных раком легких очень важно учитывать смещение опухоли, связанное с дыхательными движениями, для снижения дополнительной лучевой нагрузки на здоровые ткани. При отсутствии специального технического оснащения для определения подвижности мишени, связанной с дыхательным актом, предлагается метод рентгеноскопии, позволяющий достаточно точно зарегистрировать амплитуду смещения объекта и составить адекватный план облучения. Целью данной работы является оценка возможности применения рентгеноскопии для учета амплитуды движения опухоли в дыхательном акте и формирования планируемого объема мишени при планировании облучения. Данное исследование показало важную роль учета смещения опухоли при дыхании в создании индивидуализированного плана лечения у пациентов с периферическими опухолями легких. Оценка смещение объема при дыхании на обычном рентгеновском аппарате с функцией рентгеноскопии показала достаточную точность регистрации, что дает неоспоримое преимущество перед другими дорогими методами.

Ключевые слова: лучевая терапия, опухоль легкого, топометрическая подготовка, выбор объемов облучения.

CORRECTIONS OF PLANNING TUMOR VOLUME TAKING INTO ACCOUNT TUMOR MOTION DURING BREATHING ACTS

Vasyliiev L.

SI "Institute of Medical Radiology S.P. Grigoriev National Academy of Medical Sciences of Ukraine"

SUMMARY. It is very important to take into account the tumor movement connected with respiration during topometric preparation of patients with lung cancer in order to decrease additional dosimetric cost. Roentgenoscopy methods proposed for movement detection because of the absence of specialized equipment. is methods allows to register movement amplitude exactly and to compose adequate plan of radiation exposure. The aim of this study is to evaluate the possibility of using fluoroscopy for accounting tumor's motion during respiratory act and forming of planning target volume. This study showed an important role of tumor motion during respiratory act in creation of individualized treatment plan for patients with peripheral lung tumors. Estimation of target volume motion during respiration using fluoroscopy showed sufficient registration accuracy which gives a distinct advantage over other expensive methods.

Keywords: radiation therapy, lung tumor, topometric preparations, planning of radiation dose.