

Старенький В. П.,

д. мед. н., ДУ Інститут медичної радіології
ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харків, Україна

Стадник Л. Л.,

к. т. н., ДУ Інститут медичної радіології
ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харків, Україна

Шальопа О. Ю.,

мол. наук. співроб. ДУ Інститут медичної радіології
ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харків, Україна

Васильєв Л. Л.,

лікар-рентгенолог, ДУ Інститут медичної радіології
ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харків, Україна

Карвасарська В. В.,

лікар-променевиї терапевт, ДУ Інститут медичної радіології
ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харків, Україна

Самофалов І. О.,

інженер-фізик ДУ Інститут медичної радіології
ім. С. П. Григор'єва НАМН України, Харків, Україна

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДОЗИМЕТРИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ РАДІОТЕРАПІЇ НА ЛІНІЙНОМУ ПРИСКОРЮВАЧІ ШЛЯХОМ ФАНТОМНИХ ВИМІРЮВАНЬ ДОЗНИХ РОЗПОДІЛІВ

У статті представлено результати перевірки точності розрахунку віртуального дозного розподілу всередині фантомного об'єкта здорової людини, який не містить елементів, що моделюють пухлину, при опроміненні на лінійному прискорювачі електронів. Завдання верифікації дозиметричного планування та відпуску дози є актуальним для всіх провідних радіологічних центрів, які проводять спільні дослідження, направлені на удосконалення дозиметричних протоколів радіотерапії в умовах її стрімкого технологічного оновлення. Дослідження здійснювались на радіотерапевтичному комплексі Varian та комплексі термолюмінесцентної дозиметрії Інституту медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України. Результати порівняльного аналізу даних щодо розподілу доз у антропоморфного фантому свідчать про те, що відхилення доз, виміряних за допомогою ТЛД, відносно значень, розрахованих системою планування Eclipse, складає не більше 3 %, що відповідає існуючим вимогам (похибка відпуску дози – не більше 5 %).

Ключові слова: променева терапія; лінійний прискорювач; антропоморфний тканино-еквівалентний фантом; дозиметричне планування; термолюмінесцентна дозиметрія (ТЛД).

Вступ. Одним із найбільш важливих чинників гарантування якості променевої терапії є її дозиметричне забезпечення. Основними завданнями клінічної дозиметрії є не тільки контроль радіаційних характеристик джерел опромінення, але й забезпечення систем планування радіотерапії достовірними дозиметричними даними, які безпосередньо впливають на точність відпуску дози під час опромінення [1; 2]. Постійне удосконалення технічних засобів та методів планування дистанційної радіотерапії проводиться, насамперед, з метою мінімізації тих негативних наслідків променевого лікування, які можуть виникати через недосконалість алгоритмів розрахунку індивідуальних дозних розподілів.

Завдання верифікації дозиметричного планування та відпуску дози є актуальним для всіх провідних радіологічних центрів, які проводять спільні дослідження, направлені на удосконалення дозиметричних протоколів радіотерапії в умовах її стрімкого технологічного оновлення [2]. Одним із шляхів об'єктивізації дозиметричних даних є експериментальні дослідження розподілу доз *in vivo* із застосуванням спеціалізованих антропоморфних дозиметричних фантомів [3].

Мета роботи – перевірка точності розрахунку віртуального дозного розподілу всередині фантомного об'єкта під час опромінення на лінійному прискорювачі електронів.

Матеріали та методи. Дослідження здійснювались на радіотерапевтичному комплексі Varian та комплексі термолюмінесцентної дозиметрії Інституту медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України.

Розрахунок віртуальних дозних розподілів випромінювання у фантомному об'єкті був проведений із застосуванням комп'ютерної 3D-плануючої системи Eclipse. Верифікація віртуального дозного розподілу in-vivo проводилась методом внутрішньофантомної термолюмінесцентної дозиметрії.

Для моделювання умов опромінення in vivo був застосований антропоморфний тканиноеквівалентний фантом людини, розміри якого відповідають «стандартним» розмірам тіла дорослого чоловіка зростом 170 см, вагою 70 кг. Фантом складається із набору пластин товщиною 2,4 см, які моделюють

поперечні зрізи тіла на відповідних рівнях. Кожна пластина містить блоки з тканиноеквівалентних пластмас, які імітують основні анатомічні структури тіла у перерізі. У кожній пластині в місцях розташування органів передбачено отвори для фіксації термолюмінесцентних (ТЛ) детекторів, які застосовуються для експериментальних дозиметричних вимірювань.

Для розрахунку віртуальних дозних розподілів випромінювання у фантомі попередньо була отримана інформація про його об'ємну будову та розподіл щільності його структур шляхом сканування на спіральному комп'ютерному томографі «Toshiba Aquilion 16». План опромінення був складений за алгоритмом лікування пухлини передміхурової залози, яка далі була розмічена на фантомі за допомогою ікс-променевого симулятора «Acuity» (рис. 1).

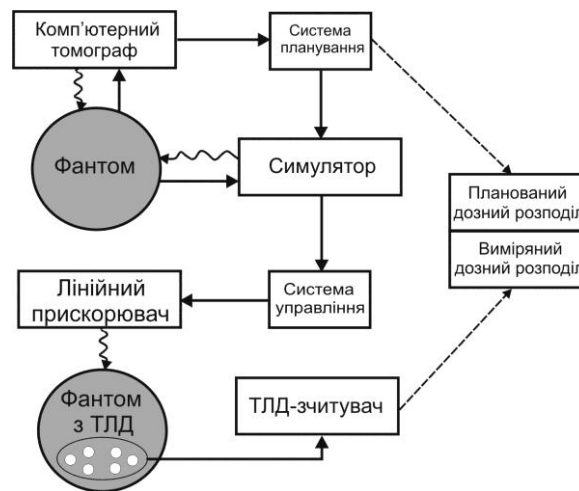


Рис. 1. Схема дослідження дозних розподілів випромінювання у фантомі

Експериментальна оцінка доз проводилась із застосуванням ТЛ-детекторів типу MTS-P діаметром 5 мм (Польща). Для проведення вимірювань ТЛ-детектори були відкалібровані по групах за показником чутливості. Була відібрана група ТЛ-детекторів, у якій розкид за чутливістю не перевищував $\pm 2\%$.

Калібрування ТЛ-дозиметрів за поглинутою дозою у воді було проведено безпосередньо на прискорювачі Сіпас 600С за стандартних умов опромінення (відстань «джерело – об'єкт» – 100 см, поле 10 x 10 см). Детектори розміщували на спеціальному штативі на глибині 10 см та опромінювали дозою 2 Гр. Дозу на глибині визначено за результатами попередньої клінічної дозиметрії із застосуванням дозиметра UNIDOS-E (іонізаційна камера 31010).

Для проведення внутрішньофантомної дозиметрії ТЛ-детектори були розміщені в 4 точках-отворах у

місці моделювання пухлини передміхурової залози (у пластинах 33 та 34 фантома, які відповідають області таза). Для фіксації детекторів у отворах застосовувались циліндричні заглушки.

Опромінення фантому проведено відповідно до плану – з двох прямих протилежних полів (спереду та ззаду) розмірами 7 x 7,5 см. Вимірювання доз, зафіксованих ТЛ-детекторами, проведено на ТЛД-комплексі за допомогою зчитувача PCL-3 (Франція).

Результати дослідження. За умовою експерименту досліджувався фантом здорової людини, який не містив елементів, що моделюють пухлину, отже, вибір об'єму опромінення був довільним. У табл. 1 наведено результати співставлення величин поглинутих доз, розрахованих за планом, з дозами, вимірними методом внутрішньофантомної ТЛД.

Таблиця 1

Глибинні дози в заданих точках фантому за результатами моделювання та внутрішньофантомної ТЛД

Шар фантома	Точка у фантомі	Планована доза в точці		Доза в точці, виміряна ТЛД		Відхилення Двим/Дплан
		Гр	% від макс. дози	Гр	% від макс. дози	
34	241	1,98	99	1,93	96,5	0,97
	242	1,98	99	1,94	97	0,98
33	228	1,92	96	1,87	93,5	0,97
	232	1,90	95	1,84	92	0,97

Висновки. Результати порівняльного аналізу даних щодо розподілу доз у контрольних точках 228, 232, 241, 242 антропоморфного фантому свідчать про те, що відхилення доз, виміряних за допомогою ТЛД,

відносно значень, розрахованих системою планування Eclipse, складає не більше 3 %, що відповідає існуючим вимогам (похибка відпуску дози – не більше 5 %).

ЛІТЕРАТУРА

1. Аспекты клинической дозиметрии / под ред. Р. В. Ставицкого. – М. : МНПИ, 2000.– 388 с.
2. Paliwal V. Advances in radiation therapy dosimetry / V. Paliwal, D. Tewatia // J Med Phys. – 2009; 34:108-16.
3. International Commission on Radiation Units and Measurements, Inc. Phantoms and computational models in therapy, diagnosis and protection, ICRU Report 48. Bethesda, MD: ICRU, 1992.

**В. П. Старенький, Л. Л. Стадник, А. Ю. Шальопа,
Л. Л. Васильев, В. В. Карвасарська, И. А. Самофалов,**

ГУ Институт медицинской радиологии им. С. П. Григорьева АМН Украины, г. Харьков, Украина

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАДИОТЕРАПИИ НА ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ПУТЕМ ФАНТОМНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДОЗНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

В работе обсуждаются проблемы верификации данных виртуального дозиметрического планирования путем их сравнения с результатами измерения распределения доз внутри антропоморфного фантома.

Ключевые слова: лучевая терапия; линейный ускоритель; антропоморфный тканеэквивалентный фантом; дозиметрическое планирование; термолюминесцентная дозиметрия (ТЛД).

**V. P. Starenkyi, L. L. Stadnik, O. Yu. Shalopa,
L. L. Vasyliiev, V. V. Karvasarska, I. O. Samofalov,**

*State Institution «Grigoriev Institute for Medical Radiology
of National Academy of Medical Science of Ukraine», Kharkiv, Ukraine*

QUALITY ASSURANCE OF DOSIMETRY PLANNING FOR RADIOTHERAPY ON A LINEAR ACCELERATOR BY IN-PHANTOM DOSE DISTRIBUTION MEASURING

This paper is devoted to discussion the problem of verification of the virtual dosimetry planning data by compare with the results of dose measuring inside the anthropomorphic phantom.

Keywords: radiotherapy; linear accelerator; anthropomorphic tissue-equivalent phantom; dosimetry planning; thermoluminescent dosimetry (TLD).

Рецензенти: **Кутлахмедов Ю. О.**, д. т. н., професор;
Іванкова В. С., д. мед. н., професор.

© Старенький В. П., Стадник Л. Л., Шальопа О. Ю.,
Васильев Л. Л., Карвасарська В. В.,
Самофалов І. О., 2014

Дата надходження статті до редколегії 28.11.2014