

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК ДОСТАВКИ ДОЗЫ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МОЛОЧНОЙ
ЖЕЛЕЗЫ НА ЛУЧЕВУЮ НАГРУЗКУ ЛЕГКИХ**

С.А. Кадочникова, Я.Н. Сутыгина, Е.С. Сухих

Научный руководитель: доцент ОЯТЦ, к.ф.-м.н. Е.С. Сухих

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: s.kadochnikova07@gmail.com

**EFFECT OF VARIOUS DOSE DELIVERY METHODS ON THE RADIATION LOAD OF THE LUNGS
DURING IRRADIATION OF BREAST CANCER**

S.A. Kadochnikova, Ya.N. Sutygina, E.S. Sukhikh

Scientific Supervisor: associate professor of the nuclear fuel cycle department, PhD, E.S. Sukhikh

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: s.kadochnikova07@gmail.com

***Abstract.** To date, there are several methods of dose delivery. One of the widely used methods is 3DCRT. This method allows to achieve a better dose distribution than with conventional radiation therapy. For the treatment of breast cancer, sequential or integrated dose regimens are often used. Dose escalation can be provided by both photon beams and electron beams. The purpose of the study is to compare various methods of dose delivery with a radiation load on lungs during irradiation of the breast.*

Введение. На сегодняшний день существует несколько методик доставки дозы. Одной из широко используемых методик является 3D-конформная лучевая терапия. Данная методика позволяет добиться лучшего дозового распределения, чем в конвенциональной лучевой терапии за счет повторения формы мишени, которое обеспечивается мультилепестковым коллиматором. Для лечения рака молочной железы часто используют режимы последовательной или интегрированной эскалации дозы. Эти режимы позволяют дооблучить мишень, не переоблучая лимфатические узлы. Эскалация дозы может обеспечиваться как фотонными пучками, так и электронными. Целью исследования является сравнение различных методик доставки дозы на лучевую нагрузку легких при облучении молочной железы.

Материалы и методы исследования. В рамках данного исследования использовались данные трех пациентов с диагнозом «рак молочной железы второй стадии». Для всех пациентов составлены предписания к проведению дистанционной лучевой терапии в режиме последовательной эскалации дозы как фотон-фотонными пучками, так и фотон-электронными пучками.

Дозиметрическое планирование осуществлялось на базе системы дозиметрического планирования *XiO* в Томском онкологическом диспансере с использованием моделей фотонных и электронных пучков линейного ускорителя Elekta Synergy. Трехмерная дозиметрическая оценка проводилась с помощью гистограмм доза-объем (ГДО) для мишени и органов риска. Оценка дозиметрических планов облучения проводилась с помощью рекомендаций QUANTEC, для прогнозирования лучевых повреждений и подбора оптимальных распределений доз для каждого пациента [1]. Для каждого случая проводилась оценка конформности (*CI*) и гомогенности (*HI*) дозового распределения с помощью соответствующих

коэффициентов [2]. Идеальными считаются значения: $CI = 1$ и $HI = 0$. При $HI = 0$ дозовое распределение полностью однородно [3,4].

Для исследования было выделено две области PTV_1 (первичная опухоль) с суммарной очаговой дозой (СОД), равной 66,0 Гр и PTV_2 (молочная железа, подключичные, подмышечные лимфатические узлы) с СОД = 50,0 Гр.

При облучении области PTV_2 применялись тангенциальные поля с добавочными полями с использованием фотонных пучков с энергией 6 МэВ. При облучении области PTV_1 для фотон-фотонной эскалации дозы применялись три конформных поля с энергией фотонов 6 МэВ, а для фотон-электронной эскалации дозы – одно электронное поле с центральной осью, перпендикулярной к PTV_1 . Для того, чтобы PTV_1 был покрыт 90% изодозной линией, рекомендуется выбирать энергию электронов от 6 до 20 МэВ в соответствии с глубиной залегания PTV_1 .

При последовательной эскалации дозы на первом этапе проведения лучевой терапии рака молочной железы суммарная доза составила 50 Гр, 25 фракций по 2 Гр, на втором этапе суммарная доза 16 Гр, 8 фракций по 2 Гр.

Проверка реализации данных методов выполнялась при помощи дозиметрического оборудования (детекторного массива MatriXX и твердотельного фантома SP34).

Результаты. На первом этапе облучение проводилось двумя тангенциальными полями (рис. 1).

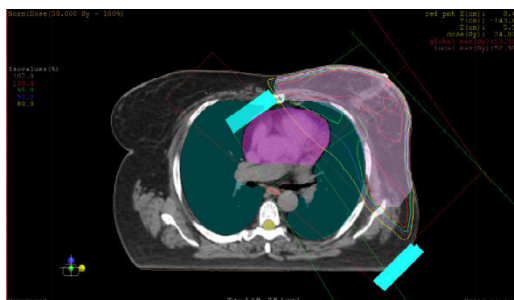


Рис. 1. Расположение пучков и распределение дозы на первом этапе лечения

На втором этапе также использовались два тангенциальных поля и одно добавочное, перпендикулярное области облучения (рис. 2).

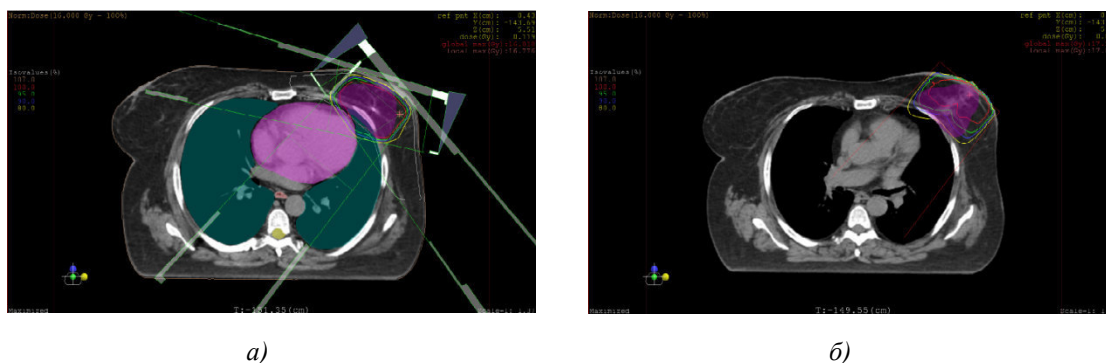


Рис. 2. Расположение пучков и распределение дозы на втором этапе лечения:

а) эскалация дозы фотонными пучками; б) эскалация дозы электронными пучками

В таблице 1 приведены коэффициенты конформности и гомогенности для фотон-фотонной и фотон-электронной эскалации дозы.

Таблица 1

Сравнение фотонного и электронного буста

Параметр	фотон-фотон		фотон-электрон	
	PTV_1	PTV_2	PTV_1	PTV_2
CI	0,969	0,937	0,801	0,937
HI	0,085	0,102	0,175	0,102

В таблицах 2 и 3 приведены значения объемов легкого, которые покрыла доза 5, 10, 20 и 30 Гр.

Таблица 2

Сравнение лучевой нагрузки на левое легкое при фотонной и электронной эскалации дозы

Параметр	фотон-фотон	фотон-электрон
V_5 (%)	40,9	40
V_{10} (%)	37,2	37
V_{20} (%)	23	22,9
V_{30} (%)	18	17,8

Заключение. В ходе данной работы сравнивались два вида последовательной эскалации дозы – фотон-фотонными пучками и фотон-электронными. Толерантные уровни критических органов проходят по требованиям QUANTEC: на объединенный объем правого и левого легкого приходится не более 30 Гр на 20% объема, на сердце не более 25 Гр на 10% объема.

Фотон-электронное облучение, благодаря особенности глубинного распределения, приводит к уменьшению дозы более глубоких тканей. Однако, лучевая терапия с фотон-электронными пучками уступает облучению фотон-фотонными пучками с точки зрения охвата мишени. Только поверхностные опухоли с глубиной залегания не более 4 см могут быть оптимально покрыты (не менее 90% объема облучения 90% дозой от предписанной дозы) с помощью облучения фотон-электронными пучками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сутыгина Я.Н., Синягина М.А., Сухих Е.С., Сухих Л.Г., Татарченко А.С. Сравнительный дозиметрический анализ лучевой терапии рака молочной железы при последовательной и интегрированной эскалации дозы фотон-фотонными и электрон-фотонными пучками // Конгресс российского общества рентгенологов и радиологов: Сборник тезисов. – Москва, 2018. – С. 153-154.
2. Ashraf M., Janardhan N. et al Dosimetric comparison of 3DCRT versus IMRT in whole breast irradiation of early stage breast cancer // International Journal of Cancer Therapy and Oncology. – 2014. – № 3.
3. The International Commission on Radiation Units and Measurements Report 83 // Journal of the ICRU. – 2010. – Vol 10 №1.
4. Shin-Hyung Park and Jae-Chul Kim Comparison of Electron and X-Ray Beams for Tumor Bed Boost Irradiation in Breast-Conserving Treatment // Journal of Breast Cancer. – 2013. – №3. – С. 300-307.