

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ НА ПАРАМЕТРЫ ДОСТАВЛЯЕМОГО ИМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТРЕХМЕРНОГО ДОЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

THE EFFECT OF POSITIONING ACCURACY OF CANCER PATIENTS ON THE PARAMETERS OF THE INDIVIDUAL THREE-DIMENSIONAL DOSE DISTRIBUTION DELIVERED TO THEM

Г. В. Бельков¹, М. Н. Петкевич²
G. Bel'kov¹, M. Piatkevich²

¹ Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь

² РНПЦ им. Н.Н. Александрова, аг. Лесной, Республика Беларусь
g.belkov@inbox.ru

¹ Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

² N. N. Alexandrov national cancer centre of Belarus, Lesnoy, Republic of Belarus

Для корректного применения высокотехнологичных методов лучевой терапии необходимо использовать жесткие требования к технико-дозиметрическим параметрам радиотерапевтического оборудования, точности настройки и калибровки его геометрических, механических и радиационных параметров. Для определения величин возможной ошибки в позиционировании пациента в ходе лучевого лечения, авторами рассмотрена конструкция и характеристики типовых РТС, разработана модель «среднего» тела пациента, позволяющая изменять нагрузку на ТП РТС с шагом 1 кг. Определены параметры положения ТП для основных видов локализаций лучевой терапии злокачественных новообразований. Экспериментально установлены численные величины отклонения ТП в изоцентре радиационного поля от предписанного горизонтального положения при нагрузке на нее от 40 до 180 кг для ТП используемых в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова.

For the correct application of high-tech methods of radiation therapy, it is necessary to use strict requirements for the technical and dosimetric parameters of radiotherapy equipment, the accuracy of adjustment and calibration of its geometric, mechanical and radiation parameters. To determine the values of possible errors in patient positioning during radiation treatment, the authors considered the design and characteristics of typical RTS, developed a model of the patient's «average» body, which allows changing the load on the TP RTS with a step of 1 kg. The parameters of the TP position were determined for the main types of localizations of radiation therapy for malignant neoplasms. Numerical values of deviations of the radiation beam isocenter from the treatment couch prescribed horizontal position were experimentally established for a load on it from 40 to 180 kg for treatment couch used for patients' treatments in N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus.

Ключевые слова: линейный ускоритель, радиотерапевтический стол, фантом, величина отклонения.

Keywords: linear accelerator, treatment couch, phantom, patient treatment position.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-17-20>

В настоящее время все современные коммерческие медицинские линейные ускорители электронов (далее – ЛУЭ) оснащены системой позиционирования пациентов, в состав которой входит радиотерапевтический стол (далее – РТС), органы управления положениями РТС, индикаторы положений РТС, электронный блок обработки сигналов, система автоматической настройки параметров РТС, система аварийного отключения ЛУЭ и др. механизмы и устройства в зависимости от поколения и назначения ЛУЭ [1].

РТС состоит из терапевтической поверхности (далее – ТП) с 2 и более направлениями движений для укладки пациента и крепления фиксирующих устройств, подъемного механизма, поворотной платформы и разъемов для подключения необходимых периферийных устройств. ТП представляет собой цельную панель из углеродного волокна без металлических вставок, грузоподъемностью до 227 кг, толщиной от 5 до 7,5 см. Такая конструкция РТС позволяет воспроизводить стабильное положение пациента от сеанса к сеансу для реализации современных методов лучевой терапии, при которых требуется высокая точность [2].

При облучении онкологических пациентов, параметры их расположения на поверхности РТС выбираются индивидуально для каждого клинического случая с учетом характеристик плана лучевой терапии. Тем не менее, установлено, что при изменении продольного положения РТС для пациентов, имеющих избыточный вес, имеет место отклонение ТП от горизонтального положения (*n*) [3,4]. На рисунке 1 показано положение пациента на РТС

при облучении опухолей, расположенных в области малого таза. В таких случаях ТП выдвигается в крайнее продольное положение или близкое к нему.

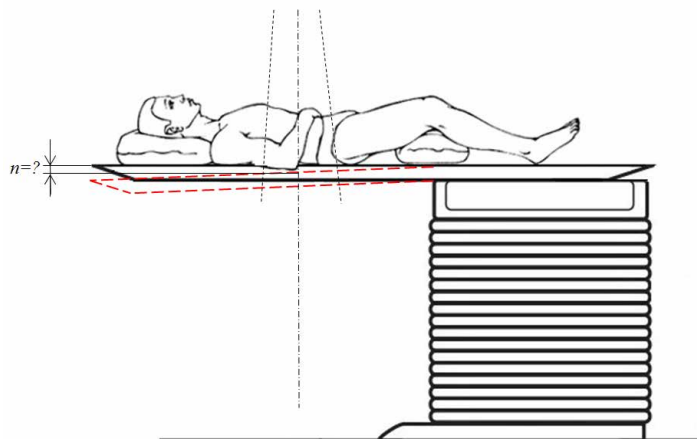


Рис. 1 – Отклонение ТП РТС от горизонтального положения при облучении опухолей малого таза (n)

Для проведения измерений отклонения ТП от горизонтального положения, авторами был разработан фантом, который представляет собой модель тела человека, и состоит из пластиковых блоков прямоугольной формы массой 1 кг. Такая конструкция фантома предоставляет возможность изменять и распределять нагрузку на ТП РТС, что позволяет имитировать пациентов разного веса. Для проведения эксперимента авторами предложен фантом длиной 170 см (средний рост человека, проживающего в Республике Беларусь) [5] и массой от 40 до 180 кг. (шаг изменения массы – 10 кг.).

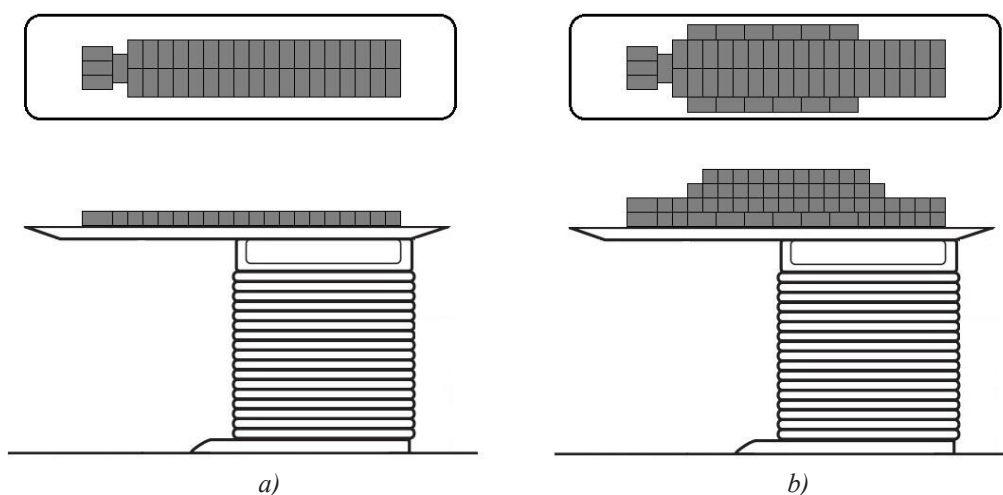


Рис. 2 – Примеры распределения эталонных масс по ТП РТС: а) фантом массой 40 кг., б) фантом массой 140 кг

На основании анализа более 300 клинических случаев пациентов прошедших курс лучевой терапии в РНПЦ ОМР им Н.Н. Александрова авторами были установлены геометрические параметры всех осей перемещений РТС для фантома, симулирующего тело пациента и его типовое расположение для трех групп больных (опухоли головного мозга, опухоли грудной клетки и опухоли малого таза) при их облучении (таблица 1). С использованием полученных значений положения изоцентра мишени облучения проведены измерения отклонений в положении осуществления лучевой терапии пациента в изоцентре вращения и радиационного пучка ЛУЭ для двух РТС фирмы Varian «Exact IGRT» и «Exact couch». ТП РТС «Exact IGRT» сконструирована без использования опорных рельс, толщина ТП имеет значения от 5 до 7,5 см (изменяется по длине стола). ТП РТС «Exact couch» имеет постоянную толщину 2,2 см, усиление ТП реализовано с помощью опорных рельсов.

Таблица 1 – Средние значения параметров РТС для опухолей головного мозга, грудной клетки и малого таза

Параметр Parameters	Опухоли головного мозга Brain tumor	Опухоли грудной клетки Tumors of the chest	Опухоли малого таза Pelvic Tumors
Поперечное перемещение, см	12,1±1,2	22,80±3,2	12,20±1,3
Продольное перемещение, см	107,4±7,8	130,7±4,6	144,06±5,2
Вертикальное перемещение, мм	995,2±2,7	990,60±1,5	998,40±0,8

В результате измерений была установлена практически линейная зависимость величины отклонения ТП РТС для обоих исследуемых поверхностей от веса тела пациента. В ходе анализа полученных данных выявлено, что наибольшее отклонение от горизонтального положения ТП возникает при позиции стола, определенной для опухолей малого таза и достигает 9 мм при максимальной измеренной нагрузке 180 кг на РТС «Exact couch» и 8,5 мм на РТС «Exact IGRT». Превышение допустимого отклонения 5 мм установлено при нагрузке свыше 100 кг для обоих РТС. В положении ТП для опухолей грудной клетки максимальное отклонение составляет 8,2 и 7,8 мм при нагрузке 180 кг на РТС «Exact couch» и «Exact IGRT» соответственно. Превышение допустимого отклонения 5 мм выявлено при нагрузке свыше 110 кг для «Exact couch» и 117 кг для РТС «Exact IGRT». Наименьшее влияние на горизонтальность ТП оказывает нагрузка в положении для опухолей головного мозга и составляет 5,5 мм и 6,2 мм при массе фантома 180 кг. Превышение допустимого отклонения 5 мм наблюдалось при нагрузке свыше 150 и 160 кг для РТС «Exact IGRT» и «Exact couch» соответственно. Результаты измерений приведены на рисунках 3 и 4.

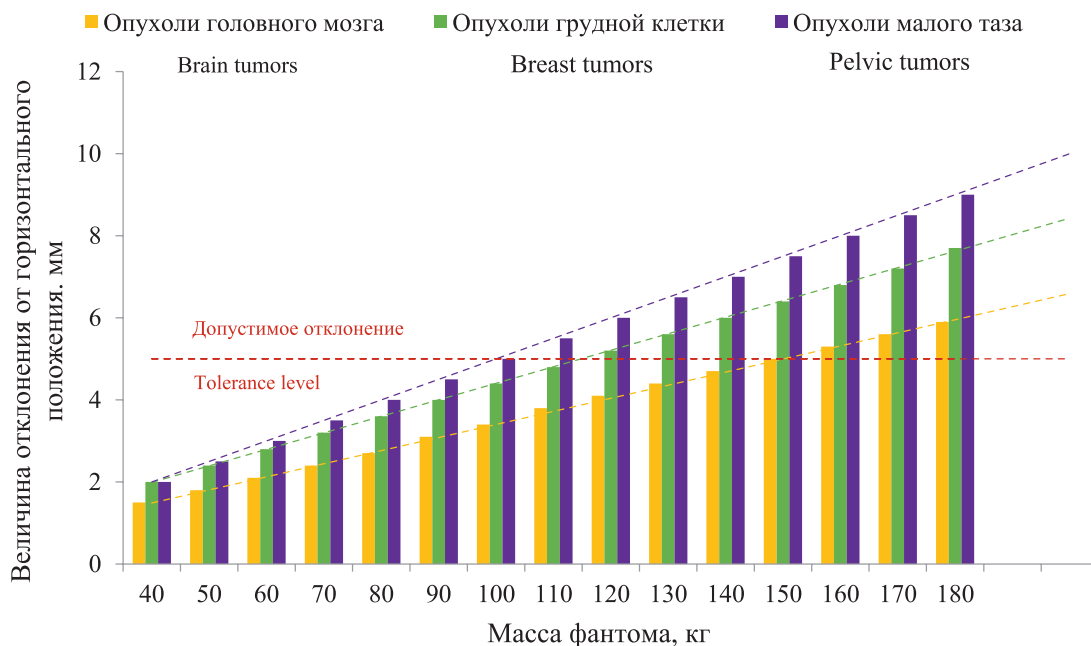


Рис. 3 – Величина отклонения ТП РТС «Exact IGRT» от горизонтального положения в зависимости от нагрузки

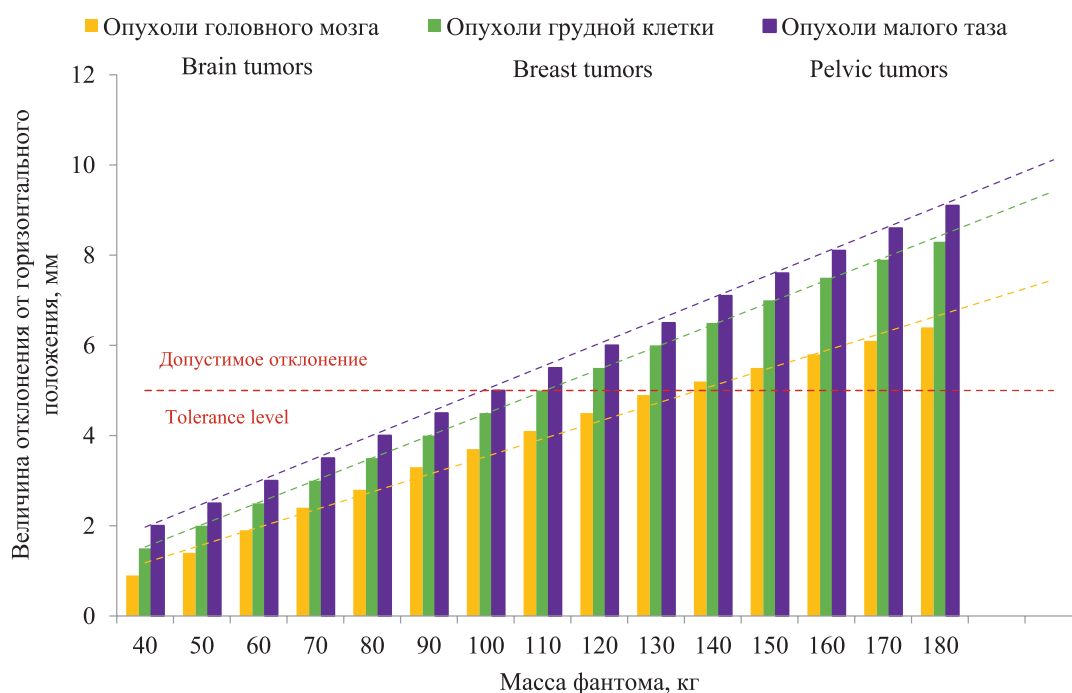


Рис. 4 – Величина отклонения ТП РТС «Exact couch» от горизонтального положения в зависимости от нагрузки

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tepper, J.* Clinical radiation oncology. 5th Edition / J. Tepper, R. Foote, J. Michalski. – Elsevier, 2020. – P. 2300.
2. *Климанов, В.А.* Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Часть 1. Радиобиологические основы лучевой терапии. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование дистанционной лучевой терапии пучками тормозного и гамма-излучения / В.А. Климанов. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. – 400 с.
3. *Towns P.* Practical issues in treating heavy patients on a LINAC treatment couch / Towns P. // Journal of applied clinical medical physics. – 2005. – Vol. 6, № 1. – P. 45 – 56.
4. *Тарутин, И.Г.* Применение линейных ускорителей электронов в высокотехнологичной лучевой терапии / И.Г. Тарутин, Е.В. Титович. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 175 с.
5. *Океанов, А.И.* Рак в Беларуси: цифры и факты. Анализ данных Белорусского канцер-регистра за 2009 – 2018 гг. / А.И. Океанов, П.И. Моисеева, Л.Ф. Левина, А.А. Евмененко, Т.Б. Ипатий, Суконко О.Г. – Минск: Национальная библиотека Беларуси. – 2019.

СИНТЕЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО НУКЛЕОЗИДА 8-БРОМАДЕНОЗИНА И ЕГО ФОСФОЛИПИДНОГО ПРОИЗВОДНОГО SYNTHESIS OF THE MODIFIED NUCLEOSIDE 8-BROMADENOSINE AND ITS PHOSPHOLIPID DERIVATIVE

**Л. Л. Биричевская¹, М. А. Винтер¹, А. К. Дорошевич²,
М. А. Ханчевский², Е. И. Квасюк², А. И. Зинченко^{1,2}
L. L. Birichevskaya¹, M. A. Vinter¹, A. A. Doroshevich²,
M. A. Khanchevski², E. I. Kvasyuk², A. I. Zinchenko^{1,2}**

¹Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

г. Минск, Республика Беларусь

l.birichevskaya@mbio.bas-net.by

¹*Institute of Microbiology of the NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus*

²*Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Модифицированный нуклеозид 8-бромаденозин обладает высокой реакционной способностью и может служить базовым соединением для синтеза большого числа пуриновых антиметаболитов, потенциально обладающих терапевтическими свойствами в отношении ряда опухолевых и вирусных заболеваний. В данной работе 8-бромаденозин получен простым и экологичным способом путем обработки исходного нуклеозида аденозина водным раствором брома. С помощью реакции ферментативного трансфосфатидилирования впервые осуществлен синтез фосфолипидного производного указанного нуклеозида – 5'-(1,2-димиристоилфосфатидил)-8-бромаденозина. Новое соединение предположительно может являться нетоксичным предшественником биологически активной формы лекарственных антиметаболитов.

Modified nucleoside 8-bromoadenosine possessing high reactive capacity may serve as a basic compound for the synthesis of a large number of purine antimetabolites showing potentially therapeutic activities toward several tumor and viral diseases. In this study, 8-bromoadenosine was produced by a simple eco-friendly procedure following the treatment of nucleoside precursor adenosine with aqueous bromine solution. In the course of enzymatic transphosphatidylation reaction, the first synthesis of phospholipid derivative of the above-mentioned nucleoside – 5'-(1,2-dimyristoyl phosphatidyl)-8-bromoadenosine was accomplished. Novel compounds may presumably act as non-toxic progenitors of bioactive antimetabolites to be used in drug formulas.

Ключевые слова: фосфолипаза D, ферментативное трансфосфатидилирование, 8-бромаденозин, фосфатидил-нуклеозид.

Keywords: phospholipase D, enzymatic transphosphatidylation, 8-bromoadenosine, phosphatidyl nucleoside.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-20-23>

Введение. Интерес к 8-галогенпроизводным пуриновых нуклеозидов и, в частности, к 8-бромаденозину, обусловлен широкими возможностями для их использования в качестве биологически активных антиметаболитов в терапии опухолевых и вирусных заболеваний. Высокая реакционная способность атома брома к реакциям нуклеофильного замещения позволяет использовать 8-бромаденозин в качестве исходного соединения для