

**ВЫБОР ФАНТОМА ДЛЯ ГАРАНТИИ КАЧЕСТВА СИСТЕМ
ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**
**CHOICE OF PHANTOM FOR QUALITY ASSURANCE OF COMPUTERIZED
PLANNING SYSTEMS FOR RADIATION TREATMENT OF CANCER**

Н. В. Срибная, В. Ф. Малишевский
N. Sribnaya, V. Malishevskiy

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

г.Минск, Республика Беларусь

nikol.sribnaya94@gmail.com

Belarusian State University, ISEU BSU, Minsk, Republic of Belarus

Лучевая терапия относится к области высоких технологий, точность которой так же обеспечивает гарантирование качества системы планирования. При проведении испытаний огромную роль играет выбор фантома. Выделяют фантомы для измерений на КТ, антропоморфные и пластинчатые. Для калибровки КТ у фантома должны быть вставки из материалов с сертифицированной плотностью. Антропоморфную схему можно создавать при наличии сменных пластин, выполненных из материала, эквивалентного органам человека. Фантомы различаются по многим характеристикам, таким как форма, материал и т.д. При выборе фантома для проведения гарантирования качества в полном объёме, он должен обладать возможностями калибровки КТ, создания антропоморфной геометрии, проведения измерений в неоднородной среде, моделирование кривизны поверхности. Фантом с характеристиками CIRS модель 002LFC оптимально подходит для проведения испытаний.

Radiation therapy belongs to the field of high technology, the accuracy of which also guarantees the quality of the planning system. In carrying out tests of the quality assurance of the planning system, the choice of the phantom plays a huge role. There are phantoms for CT-calibration, with anthropomorphic geometry and laminar. For calibration, the CT phantom has to inserts consisting materials with certified density. Phantom has the ability for modeling anthropomorphic geometry if it has replaceable plates made of material equivalent to human organs. Phantoms differ by material, shape and etc. For quality assurance of planning, system phantom should have the ability for calibration CT, modeling anthropomorphic geometry, take measurements in a non-uniform environment, modeling of curvature of a surface. The characteristics of phantom CIRS 002LFC is optimally suited for testing.

Ключевые слова: дозиметрия, фантом, гарантирование качества, лучевая терапия, ввод в эксплуатацию, система дозиметрического планирования.

Key words: dosimetry, phantom, quality assurance, radiation treatment of cancer, commissioning, computerized planning system.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-262-265>

Лучевая терапия является одной из наиболее эффективных способов лечения опухолей головы, шеи, шейки матки, мочевого пузыря, простаты, молочной железы и кожи. Она относится к области высоких технологий, потенциал которой реализуется только через детальное планирование облучения и тщательного выполнения всех регламентов в процессе всего лечения [1].

Гарантия качества компьютерной системы дозиметрического планирования является обязательной процедурой при её эксплуатации. Она обеспечивает точность подведения лечебной дозы к опухоли и минимизирует шанс возникновения случайной ошибки на всех этапах подготовки, планирования и проведения лечения [2].

Ввод в клиническую эксплуатацию является одной из наиболее важных частей всей программы гарантирования качества для систем дозиметрического планирования и включает в себя: тестирование функций системы, проверку способности алгоритмов расчета доз воспроизводить расчеты для измеренных доз и документальное оформление различных возможностей системы.

При вводе в эксплуатацию существуют анатомические и дозиметрические тесты. Анатомические тесты связаны с созданием анатомической модели и планирования облучения. Дозиметрические тесты проводятся для охвата широкого диапазона методик облучения, применяемых в клинической практике. Целью всех этих испытаний является подтверждение точности и корректности лечения пациента. Во время проведения испытаний проверяются показатели системы дозиметрического планирования для типовых традиционных и конформных методик лучевой терапии, включая сравнение результатов расчета и измеренных значений для фантома и проверки расчета значений МЕ/время [3].

Огромную роль играет выбор фантома для проведения испытаний при вводе в клиническую эксплуатацию: проверки анатомии и входных данных, проведения дозиметрических тестов. К важнейшим проверочным процедурам относятся проверка передачи КТ-изображений, передача анатомических данных пациентов.

Цель данной работы: выявить основные характеристики фантомов и выдвинуть к ним требования, необходимые для проведения испытаний по вводу в клиническую эксплуатацию.

Существует несколько категорий фантомов для проведения тестов:

- фантом для проведения измерений на КТ,
- антропоморфный фантом,
- пластиначатый фантом.

Фантом для проведения измерений на КТ применяется в проверке пересчета КТ-чисел в значения относительной электронной плотности, оценки геометрии пучка, цифровой реконструкции снимков, многоплоскостной реконструкции. Наличие вставок из материалов с сертифицированной плотностью дают возможность использовать фантом для калибровки КТ. На рисунке 1 представлено КТ-изображение фантома с вставками с сертифицированной плотностью, эквивалентной кости и лёгким.

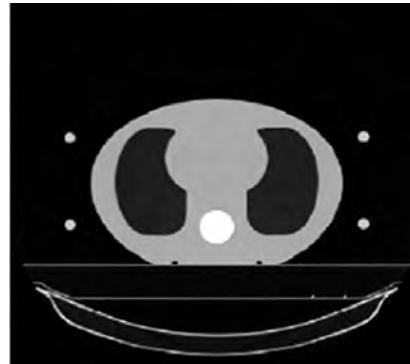


Рисунок 1 – КТ-изображение фантома со вставками с сертифицированной плотностью

Возможность антропоморфной схемы необходима для проверки цифровой реконструкции снимков (DRR) и внутренних контуров. Антропоморфную схему фантома можно создать при наличии в нём сменных пластин, выполненных из материала, эквивалентного кости, лёгких, жировой ткани, мышц. Фантом с возможностью создания антропоморфной схемы изображен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Фантом «Quasar» (компания «Modus Medical Devices») с возможностью создания антропоморфной схемы [3]

Пластиначатый фантом изготавливается из водоэквивалентного либо тканеэквивалентного материала и дает возможность проведения плёночной дозиметрии. Такой фантом используется для проверки поправок на неоднородность геометрии.

На современном рынке предлагается широкий выбор фантомов для проведения различных тестов. Основными отличительными характеристиками фантомов являются:

- форма корпуса,
- материал корпуса,
- количество точек для установки ионизационных камер,
- возможность установки ионизационных камер в точках структур, по плотности идентичных органам человека (кости, лёгкие, мягкие ткани),
- количество вставок с сертифицированной электронной плотностью,
- возможность моделирования наклонного падения,
- наличие неоднородностей, которые моделируют жировые ткани, лёгкие и кости человека,
- положение плёнки.

Фантом может иметь форму грудной клетки человека, брюшной части тела или форму цилиндра, куба. Материал корпуса может быть выполнен из материалов RW3, твердая вода, плексиглас, виртуальная вода. Количество точек для ионизационных камер, как правило, вариируется от нескольких до 20. Твердотельный фантом имеет ограничения в отношении количества возможных точек измерения для ионизационных камер, поэтому местоположение точек измерения в фантоме, а также возможность их размещения в структурах, по плотности идентичных

органам человека, является важным моментом при проведении тестов. Наличие неоднородностей, для имитации туловища человека позволяют проводить проверку дозы.

Ввиду огромного разнообразия фантомов доступных на данный момент к использованию, возникает необходимость в сравнении наиболее распространенных моделей фантомов и выдвижении оптимального соотношения характеристик моделей для проведения гарантии качества системы дозиметрического планирования и ввода её в эксплуатацию.

В таблице приведены характеристики наиболее распространённых моделей фантомов, которые предложены на современном рынке и используются в клиниках для проведения различных тестов. Это модель 002LF (компании «CIRS»), фантом «Easybody» (компании «Euromechanics Medical GmbH»), «Quasar» (компания «Modus Medical Devices»), «91235» (компании «Standart Imaging»), модель «TomoTherapy Cheese» (компании «Gammex RMI»).

Ввиду того, что характеристики представленных фантомов различны, они обладают своими достоинствами и недостатками, которые необходимо принимать во внимание при выборе модели для проведения тестов.

Фантом «TomoTherapy Cheese» имеет достаточные возможности для установки ионизационных камер, однако обеспечивает проверку расчетов только в однородной среде.

Модель «Standart Imaging 91235» так же обладает достаточными возможностями для размещения ионизационных камер и плёнок для проверочных измерений доз, однако конструкция фантома не позволяет моделировать кривизну поверхности для входа пучка. Кроме того, измерения в областях кости и лёгких не возможна.

У фантома «Quasar» область плёночных измерений ограничивается только фронтальной и сагиттальной плоскостью. Так же, у данной модели не имеется возможности для установки адаптера с фиксированным расположением материалов.

Фантом «Easybody» имеет широкие возможности в измерении и с ионизационными камерами, и с плёнками, однако держатели ионизационных камер данной модели выполнены лишь из материала RW3, что не позволяет проводить измерения в местах неоднородностей.

Таблица – Сравнение характеристик фантомом разных моделей

Модель фантома	CIRS 002LFC	Easybody	Quasar	Standart Imaging 91235	TomoTherapy Cheese
Материал корпуса	Твердая вода	RW3	Плексиглас	Виртуальная вода	Твердая вода
Форма корпуса	Грудная клетка	Брюшная часть	Грудная клетка	Грудная клетка	Цилиндр
Возможность калибровки КТ	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть
Количество вставок с сертифицированной электронной плотностью	4	4	5	-	12
Возможность антропоморфной схемы	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет
Количество ионизационных камер, которые можно установить в корпусе	10	2	6	16	20
Моделирование наклонного падения	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть

У модели «CIRS 002LFC» число точек измерения для ионизационных камер достаточно. Плёночные измерения предоставляют всю необходимую информацию. Держатели ионизационных камер выполнены из материалов, эквивалентных лёгким и костям, что позволяет проводить измерения в этих областях.

Фантом, моделирующий грудную клетку, включая неоднородности, которые обусловлены лёгкими и костями, лучше всего подходит для проведения испытаний. Принимая во внимание все вышеперечисленное, фантом с характеристиками CIRS модель 002LFC оптимально подходит для проведения испытаний для ввода в клиническую эксплуатацию системы дозиметрического планирования лучевой терапии. Форма фантома грудной клетки позволяет моделировать наклонную поверхность и дает возможность включать дозиметры в области неоднородностей, эквивалентных лёгким или кости.

Для ввода в клиническую эксплуатацию системы планирования, которая может использоваться в белорусских больницах, требуется фантом с минимальной ограниченной функциональностью и простотой в обращении, который должен обладать возможностью обеспечивать выполнение всех дозиметрических и анатомических сценариев.

Поэтому можно сделать вывод, что при выборе фантома для проведения гарантии качества систем планирования в полном объёме, он должен обладать следующими возможностями:

1. Калибровка КТ (наличие у модели вставок из материалов с сертифицированной плотностью).
2. Антропоморфная геометрия, которая осуществляется с помощью сменных пластин, выполненных из материала, эквивалентного кости, лёгких, жировой ткани, мышц. Антропоморфные фантомы с послойной структурой подходят для плёночных дозиметрических измерений в однородных и неоднородных областях.
3. Проведение измерений в неоднородной среде (установка ионизационных камер в точках структур, по плотности идентичных органам человека (кости, легкие, мягкие ткани)).

4. Моделирование кривизны поверхности для входа пучка (например, форма фантома, моделирующая грудную клетку человека)
5. Наличие меток для укладки.
6. Низкая подверженность ошибкам процесса юстирования и укладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климанов, В. А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии. Часть 1/ В.А. Климанов// Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. – С.13-14.
2. Andreo, P. Commissioning and quality assurance of computerized planning systems for radiation treatment of cancer. Technical reports series no.430/ P. Andreo, Cramb J., Fraass B.A// Vienna : International Atomic Energy Agency, 2004. – Р.1-6.
3. Корф, Г. // Ввод в клиническую эксплуатацию систем дозиметрического планирования лучевой терапии: проведение испытаний для типовых методик дистанционного облучения/Г. Корф, Д. Миллер, Г. Иббот// Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2016. – С. 5,6, 39-47.

МЕТОД ОФЭКТ/КТ В ПРАКТИКЕ РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКИ

SPECT/CT METHOD IN PRACTICE OF RADIONUCLIDE DIAGNOSTICS

Т. С. Чикова¹, Д. В. Шпак²
T. Cyikova¹, D. Shpak²

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

²Учреждение здравоохранения «Минский городской клинический онкологический диспансер»,
 г. Минск, Республика Беларусь
 chts@tut.by

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

²Public Health Institution, «Minsk City Clinical Oncologic Dispensary», Minsk, Republic of Belarus

Радионуклидная диагностика является высокочувствительным диагностическим методом ядерной медицины, позволяющим получать одновременно анатомо-топографическую и функциональную информацию о состоянии больного. Рассмотрена роль визуализации новообразований в радионуклидной диагностике онкологических заболеваний. Проанализированы предпосылки создания гибридных систем для получения лучевых мультимодальных изображений при диагностике рака. Показаны диагностические возможности методики ОФЭКТ/КТ, охарактеризованы ее преимущества в сравнении с методиками ПЭТ/КТ и ПЭТ/МРТ. Подробно изложены принципы реализации технологии ОФЭКТ/КТ в практике радионуклидной диагностики в Минском городском клиническом онкологическом диспансере с применением гибридной системы ОФЭКТ/КТ Symbia Intevo 16/6/2.

Radionuclide diagnostics is a highly sensitive diagnostic method of nuclear medicine, allowing you to simultaneously receive anatomical and topographic and functional information about the patient's condition. The role of visualization of neoplasms in the radionuclide diagnosis of cancer is considered. The preconditions of the co-construction of hybrid systems for obtaining multimodal radiation images in the diagnosis of cancer are analyzed. The diagnostic capabilities of the SPECT/CT method are shown, its advantages are characterized in comparison with the PET/CT and PET/MRI methods. The principles of SPECT/CT technology implementation in the practice of radionuclide diagnostics in the Minsk City Clinical Oncology Dispensary using the SPECT / CT hybrid system Symbia Intevo 16/6/2 are described in detail.

Ключевые слова: онкология, визуализация изображения, компьютерная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, мультимодальное изображение, сканирование.

Keywords: oncology, image visualization, computed tomography, single- photon emission computed tomography, multimodal imaging, scanning.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-265-268>

Во многих странах мира отмечается значительное ежегодное возрастание количества больных с раковыми заболеваниями. Своевременное обнаружение таких патологий зачастую гарантирует пациенту полное выздоровление и продолжительную жизнь. Кроме того, точность диагностики заболевания является залогом правильности выбора методики и эффективности его дальнейшего лечения. Современные высокоточные методы выявления онкологических заболеваний успешно решают эти задачи.