

ВИРТУАЛЬНЫЙ ФАНТОМ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ БОЛЮСОВ

Чиркова И.Н.,

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Тумилович М.В. – д. т. н., доцент

Аннотация. Развитие методик в области лучевой терапии позволило улучшить качество лечения онкологических пациентов, минимизировать дозовые нагрузки на здоровые органы и ткани, увеличить точность в доставке дозы. Рак молочной железы имеет постоянный прирост по количеству пациентов. При лечении большая часть пациентов получают лучевую терапию наряду с другими видами лечения. Увеличение точности лучевого лечения достигается путем применения вспомогательных устройств в виде болюсов. Корректное расположение и фиксация болюса позволит уменьшить погрешность в доставке дозы. Для теоретической оценки величины погрешности была разработана методика применения виртуального фантома в компьютерной планирующей системе. Результатом данной работы было нахождение величины неопределенности и обоснование правильного применения болюсов при лечении пациентов.

Ключевые слова. Лучевая терапия, онкологические пациенты, доза, изодозное распределение, фантом, тканеэквивалентное вещество, рак молочной железы, болюс, компьютерный томограф, планирующая система, фиксирующее устройство, вспомогательные материалы.

Введение. Онкологические заболевания занимают одно из первых мест по количеству смертей в мире. Лучевая терапия — это вид лечения, при котором раковые структуры в организме пациента уничтожаются под действием ионизирующего излучения. Данный вид лечения как метод широко применим в современной медицине.

Лучевая терапия основана на подведении пациенту рассчитанной дозы ионизирующего излучения, под действием которой происходит повреждение ДНК клеток опухоли. Под воздействием излучения опухоль либо уменьшается, либо погибает. Лучевое лечение используется или отдельно, или в сочетании с другими методиками (химиотерапия, хирургия). Список локализаций, при лечении которых используется лучевая терапия широк: рак мозга, молочной железы, головы и шеи, шейки матки, предстательной железы, кожи и т.д. Развитие технологий и методик, таких как трехмерная конформная лучевая терапия, лучевая терапия с модуляцией интенсивности и лучевая терапия с визуальным контролем, лучевая терапия с синхронизацией по дыханию помогают с высокой точностью определить объем облучения и с максимальной эффективностью доставить рассчитанную дозу облучения, минимизируя воздействие на здоровые органы и ткани.

Основная часть. Рак молочной железы – в большинстве случаев агрессивное онкологическое заболевание. До недавнего времени основным способом лечения являлось хирургическое лечение (радикальная мастэктомия) при этом показатели смертности были велики. Улучшение ситуации наметилось только тогда, когда наряду с хирургическим лечением начали применять другие методики лечения, такие как химиотерапия и лучевое лечение.

Выбор методики лечения рака молочной железы на сегодняшний день зависит от индивидуальных особенностей пациента, типа опухоли и степени ее распространения. Лечение практически всегда является комбинированным и включает хирургическое

вмешательство, лучевую терапию и прием препаратов. В частности, лучевая терапия воздействует на остаточные микроскопические злокачественные клетки, которые могли остаться в ткани молочной железы и/или лимфатических узлах после других видов лечения, и тем самым снизить вероятность рецидива на грудной стенке.

Частным случаем в лучевой терапии рака молочной железы (после резекции органа либо при лечении расположенных близко к поверхности кожи опухолей) является применение во время сеансов лечения вспомогательных материалов в виде болюсов.

Боллюс – пластичный плотный нестерильный материал (например, плотный гель, парафин, силикон), который при облучении обладает свойствами кожи по своим плотностным характеристикам и предназначен для моделирования тканей человека (кожи) для изменения попадающей радиационной дозы ионизирующего излучения или глубины ее проникновения. Основными локализациями, где в лучевой терапии применяется боллюс, являются молочная железа (в том числе после резекции), а также в практике описаны случаи лечения вульвы, полового члена, локализаций в области голова-шея. Боллюс применяется с целью достижения оптимального изодозного распределения в области облучения. Применение боллюса обусловлено наличием риска возникновения рецидива в поверхностной области облучения. Толщина кожи в объеме облучения составляет в толщине примерно 0,5- 5 мм, дерма находится на глубине 4-5 мм. Именно эти структуры по статистике страдают от недобора дозы при лечении пациентов без применения боллюса. Контур поверхности грудной стенки после резекции молочной железы, а также сама поверхность молочной железы не всегда позволяет расположить боллюс без возникновения в некоторых местах зазора между ним и кожей пациентки. Такие воздушные полости могут снижать поверхностную дозу и дозу в коже пациента, тем самым повышая вероятность рецидива в области облучения. Согласно международным рекомендациям, максимальное значение неопределенности в доставке дозы к облучаемой мишени не должно превышать 5%. Одна из существенных неопределенностей вносится при некорректном позиционировании боллюса на тело пациента.

Группой медицинских физиков на базе ГУ «РНЦ ОМР им. Н.Н. Александрова» были проведены исследования по выявлению погрешности в доставке дозы при некорректном расположении вспомогательных материалов в виде боллюса.

В основе метода оценки неопределенности в доставке дозы лежит применение антропоморфного фантома Catphan. Этот фантом представляет собой устройство в виде цилиндра из плотного тканеэквивалентного материала, тело фантома набрано из отдельных слоев толщиной 1 см с вставками материалов различных плотностей.

С использованием компьютерного томографа Aquilion Lightning производства компании Canon была получена томограмма фантома с шагом 2,5 мм, реконструированная до толщины среза в 1,25 мм.

Полученная томограмма была импортирована в компьютерную систему планирования облучения (КСПО) Eclipse версии 13.7 (Varian Medical Systems, Palo Alto, California). Антропоморфность фантома позволяет изображать на нем целевые объемы (в данном случае PTV- Planning Target Volume или планируемый объем мишени), как в соответствии с международными рекомендациями по оконтуриванию, так и согласно национальным локальным протоколам и требованиям. В виртуальную модель фантома также была включена такая структурная модель как боллюс, оконтуриванная с использованием соответствующего программного модуля КСПО Eclipse (рис. 1).

Полученный набор структур можно использовать для создания дозиметрических планов облучения любой методикой из применяемых в практике в отделениях лучевой терапии. Далее были созданы планы облучения фантома с боллюсом используя различные методики расчета. При этом расположение лечебных полей при каждой методике расчета оставалось неизменным. При помощи программного модуля менялось положение боллюса, создавая погрешность его укладки путем искусственно созданного зазора между боллюсом и поверхностью фантома с шагом от 0 до 10 мм с шагом 1 мм. Доставленную дозу и

изодозовое распределение оценивали в выбранных контрольных точках для каждой выбранной методики расчета.

Заключение. Таким образом, виртуальная модель антропоморфного фантома позволила выявить и оценить величину погрешности в доставляемых дозах онкологическим пациентам, возникающих вследствие некорректного расположения и крепления вспомогательных устройств в виде болюса. По результатам проведенных теоретических исследований можно сделать вывод о том, что применение болюсов улучшает дозовое покрытие мишени, расположенной на поверхности либо близко к поверхности кожи. С увеличением «зазора» между поверхностью и болюсом дозное покрытие линейно ухудшается. Качественная фиксация положения болюса позволяет свести к минимуму значение неопределенности в доставке дозы. Для этого, с целью увеличения качества в доставке предписанной дозы при проведении сеансов лучевой терапии, необходимо разработать методику плотной фиксации болюса на теле пациента от сеанса к сеансу.

Список использованных источников

1. Fraas B., Hunt M., Kutcher G. et al. *AAPM Task Group 53: Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning* // *Med. Phys.* 2008. Vol. 25. P. 1773–1829
2. Bentzen S.M., Constine L.S., Deasy J.O. et al. *Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC): an introduction to the scientific issues* // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2010. Vol. 76. № 3. Suppl. S3–S9.
3. Emami B. *Tolerance of normal tissue to therapeutic radiation* // *Rep. Radiother. Oncol.* 2013. Vol. 1. № 1. P. 123–127.

UDC 656.073.7

VIRTUAL PHANTOM OF THE HUMAN BODY AS A WAY TO ASSESS THE AMOUNT OF UNCERTAINTY IN THE TREATMENT OF ONCOLOGY PATIENTS USING AUXILIARY MATERIALS IN THE FORM OF BOLUSES

Chirkova I.N.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tumilovich M.V. – Dr. of Sci., assistant professor

Annotation. The main aspects of the construction of the logistics chain, as well as the types of reporting provided by drivers in the logistics of cargo transportation were identified. The advantages of using the analytical panel for analytical information about cargo transportation indicators are determined.

Keywords: supply chain, analytical panel, cargo transportation, logistics.