

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 радиоэлектроники,
Минск, Республика Беларусь*

Тумилович М.В. – д-р техн. наук, 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, тканезквивалентное вещество, рак молочной железы, болюс, компьютерный томограф, планирующая система, фиксирующее устройство, вспомогательные материалы

Введение

При лучевом лечении рака молочной железы, в частности при облучении грудной стенки после резекции органа, а также при подведении терапевтической дозы к опухолям, расположенным близко к поверхности кожи, в большинстве случаев прибегают к использованию при лечении вспомогательных материалов в виде болюсов.

В данной статье автором предложен теоретический метод расчета величины неопределенности, возникшей при некорректной фиксации болюса с помощью дозиметрического оборудования в виде антропоморфного фантома, а также программного обеспечения для расчета доз, которыми оснащены отделения лучевой терапии ведущих онкологических клиник.

Основная часть

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, лечение с модуляцией интенсивности и терапия с визуальным контролем, а также лечение с синхронизацией по дыханию помогают с высокой точностью определить объем облучения и с максимальной эффективностью доставить рассчитанную дозу облучения к органу-мишени, минимизируя при этом воздействие на здоровые органы и ткани.

Рак молочной железы – агрессивное онкологическое заболевание. До недавнего времени основным способом лечения являлось хирургическое вмешательство (радикальная мастэктомия). При этом, показатели смертности от этого заболевания 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 снижает 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.

Болюс – 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 дозы ионизирующего излучения или глубины ее проникновения. Основными локализациями, где в лучевой терапии применяется болюс, являются молочная железа (в том числе после резекции), а также в практике описаны случаи лечения вульвы, полового члена, локализаций в области голова-шея. Болюс применяется с целью достижения оптимального изодозного распределения в области лечения. Применение болюса 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 болюса. При лечении рака молочной железы контур поверхности грудной стенки после резекции органа, а также сама поверхность молочной железы не всегда позволяет расположить болюс 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 болюса на тело пациента.

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

В основе метода оценки неопределенности в доставке дозы лежит применение антропоморфного фантома Catphan. Этот фантом представляет собой устройство в виде цилиндра из плотного тканезквивалентного 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 болюс, оконтуриванная с использованием соответствующего программного модуля КСПО Eclipse (рисунок 1).

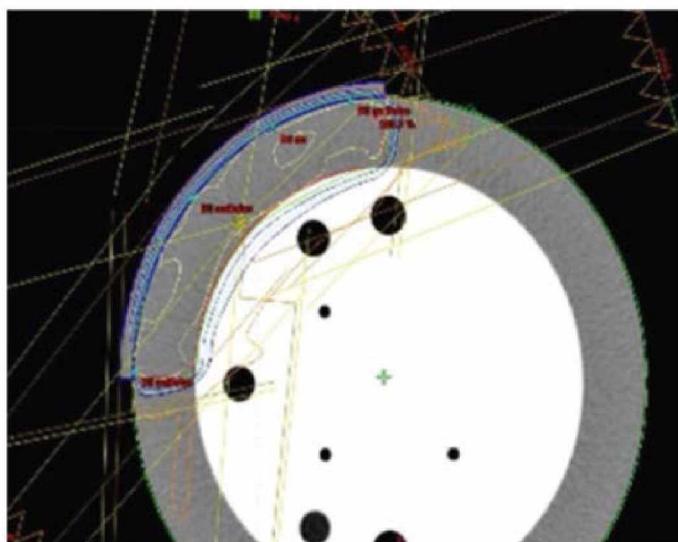


Рисунок 1 – Компьютерная томограмма фантома Catphan с болюсом

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 болюсом используя различные методики расчета. При этом расположение лечебных полей при каждой методике расчета оставалось неизменным. При помощи программного модуля менялось положение болюса, создавая погрешность его укладки путем искусственно созданного зазора между болюсом и поверхностью фантома с шагом от 0 до 10 мм с шагом 1 мм. Доставленную дозу и изодозное распределение оценивали в выбранных контрольных точках для каждой выбранной методики расчета.

Заключение

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 дозовое 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

Материалы 60-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 2024

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.