

А.Курзюкова, А.Одложиликова, М.Сэши, Д.Постишил, П.Шлампа

ВЛИЯНИЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ НА ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ КАРДИОУСТРОЙСТВА ПРИ ФРАКЦИОННОМ ОБЛУЧЕНИИ ДО 200 Гр

Аннотация. В Онкологическом центре им. Масарика (Чехия) 24 имплантируемых электронных кардиоустройства (ИЭК) разных фирм были подвержены фракционному облучению на установке LINAC-2100CD пучком фотонов с энергией 18 МэВ до общей дозы 200 Гр. При этом у 10 из 18 электронных кардиостимуляторов (ЭКС) и у 1 из 6 имплантируемого кардиовертер-дефибрилляторов (ИКД) были обнаружены неисправности разных типов. Не все из нарушений удалось устранить с помощью перепрограммирования. Полученные данные необходимы для выбора оптимальной стратегии лечения методом лучевой терапии онкологических пациентов с имплантированными кардиоустройствами.

Ключевые слова: кардиостимулятор, ICD, PM, лучевая терапия.

Abstract. In Masaryk Memorial Cancer Institute 24 cardiac implantable electric devices (CIEDs) from different manufacturers were irradiated up to 200 Gy on LINAC-2100CD. In this case, 10 of 16 pacemakers (PMs) and 1 of 6 implantable cardioverter-defibrillators (ICDs) have different types of malfunctions. Not all of them were able to operate after reprogramming. The data obtained is important for radiotherapy planning for cancer patients with cardiac implantable electric devices.

Keywords: pacemaker, ICD, radiation therapy.

Введение

В лечебной практике, облучение онкологических пациентов с имплантируемыми электронными кардиоустройствами (ИЭК) относится к наиболее сложному случаю, как с точки зрения выбора стратегии лечения, так и с точки зрения топометрического планирования лучевой терапии. К сожалению, число таких пациентов, увеличивается с каждым годом, что делает необходимым проведение тестирований электронных устройств с целью изучения возможных типов неисправностей и определения безопасной дозы, получаемой пациентами с ИЭК. Известно, что вторичные нейтроны, которые возникают в результате ядерных реакций при прохождении излучения с энергией кванта, выше потенциала ионизации (10 МэВ) через вещество, являются основной причиной сбоев в работе имплантируемых электронных устройств [1]. Но исследований, связанных с облучением ИЭК, особенно при высоких дозах, которые могут быть связаны

с проведением у пациента повторных облучений, не достаточно [2]. Поэтому, целью данной работы, является облучение ИКД и ЭКС до 200 Гр и определение потенциально опасных неисправностей и значений доз, связанных с ними.

Методика исследования

В Онкологическом центре им. Масарика были протестированы 24 имплантируемых электронных кардиоустройства: 18 кардиостимуляторов и 6 кардиовертер-дефибрилляторов, полученных post-mortem способом в институте судебной медицины университетской больницы им. Св. Анны, г. Брно. Облучение проводилось на линейном ускорителе LINAC-2100CD фирмы VARIAN.

В первой части эксперимента, облучение проводилось по 2 Гр на фракцию до общей дозы 80 Гр, что соответствует максимальной величине дозы, которую получают пациенты при одной серии облучения в Онкологическом центре им. Масарика. Поэтому, этот диапазон, требует особого внимания при облучении пациентов с ИЭК. Во второй части эксперимента облучение проводилось по 10 Гр на фракцию до общей дозы 200 Гр, где удалось уже более наглядно увидеть потенциально возможные неисправности. И поскольку иногда бывают случаи, когда необходимо проведение повторного облучения (вплоть до нескольких дополнительных серий облучения), данный диапазон, так же интересен для исследования влияния излучения на кардиостимуляторы.

Результаты исследования

В ходе первой части эксперимента, при облучении до 80 Гр 19 (5 ИКД и 14 ЭКС) устройств функционировали без сбоев, а у 5 (1 ИКД и 4 ЭКС), неоднократно, были зарегистрированы сбои в работе разного типа. При этом, были зарегистрированные неисправности и дозы, связанные с ними, представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Неисправности, возникшие при облучении до 80 Гр

Название ошибки	Тип ошибки	Описание	Количество ЭКС с неисправностями (и доза, при которой произошел сбой)	Количество ИКД с неисправностями (и доза, при которой произошел сбой)
ERI	Обратимые	Преждевременное истощение батареи. Данный тип неисправностей может быть также вызван и временем работы устройства. Такое нарушение не угрожает жизни пациента и может быть устранено с помощью перепрограммирования устройства. При такой неисправности ЭКС способен функционировать еще 2 месяца.	1 (10 Гр)	1 (40 Гр)

Backup VVI	Обратимые	Переход устройства в исходный режим с возможностью восстановления требуемого режима. Такое нарушение не угрожает жизни пациента и может быть устранено с помощью перепрограммирования устройства.	1 (20 Гр) 1 (30 Гр)	0
SW fault	Не всегда обратимые	Не удалось ни прочитать данные, ни перепрограммировать, ни вернуть в первоначальный основной режим.	1 (20 Гр)	0
Error in PM	Не всегда обратимые	Ошибка коммуникации – данные считывались, но была обнаружена ошибка, и не удалось перепрограммировать в требуемый режим.	1 (30 Гр)	0
Backup	Не всегда обратимые	Аналог Backup VVI, только не удалось перепрограммировать в требуемый режим.	1 (80 Гр)	0

Анализируя полученные данные, можем сделать вывод о том, что уже при небольших значениях доз облучения могут возникать неисправности разных типов. Большинство из них поддаются перепрограммированию, что делает возможным проведение лучевой терапии у пациентов с ИЭК.

Но наиболее интересным для нас диапазоном в данной работе, является диапазон облучения до 200 Гр. В данном случае, у 10 из 18 ЭКС и у 1 из 6 ИКД, были обнаружены неисправности разных типов. Все обнаруженные неисправности представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Неисправности, возникшие при облучении до 200 Гр

Название ошибки	Тип ошибки	Количество ЭКС с неисправностями при облучении до 200 Гр (и доза, при которой произошел сбой)	Количество ИКД с неисправностями при облучении до 200 Гр (и доза, при которой произошел сбой)
ERI	Обратимые	1 (10 Гр)	1 (40 Гр)
Backup VVI	Обратимые	1 (20 Гр) 1 (30 Гр) 1 (90 Гр) 1 (100 Гр) 1 (110 Гр) 1 (170 Гр)	0
SW fault	Не всегда обратимые	1 (20 Гр)	0
Error in PM	Не всегда обратимые	1 (30 Гр)	0
Backup	Не всегда обратимые	1 (80 Гр)	0

Анализируя полученные данные при облучении до 200 Гр, можно сделать вывод о том, что с увеличением дозы, стало больше ошибок типа backup VVV: в течение эксперимента 6 ЭКС неоднократно показывали данную неисправность. Такое нарушение не угрожает жизни пациента и

может быть устранено с помощью перепрограммирования устройства. У ИКД такого сбоя в работе не было обнаружено.

Выводы

В ходе работы, был обнаружен целый ряд неисправностей, таких как ERI, Backup VVI, SW fault, Error in PM, Backup, которые могут возникнуть при лучевой терапии. Причем все основные сбои были связаны с невозможностью проконтролировать состояние ЭКС после облучения, в то время как само устройство, функционировало нормально. При этом частота сбоев в устройствах увеличивается с ростом дозы. Можно отметить, что ИКД продемонстрировали наибольшую стойкость к излучению по сравнению с ЭКС. Также было подтверждено, что вторичное нейтронное излучение, оказывает большее влияние на функционирование имплантируемых электронных устройств, чем общая доза облучения пациента. Это необходимо учитывать при выборе техники облучения и методов топометрического планирования у пациентов с ИЭК. При использовании современных медицинских установок типа TrueBeam, энергия пучка составляет 6 или 10 МэВ, что заведомо исключает возникновение вторичных нейтронов в головке ускорителя. Кроме того, целесообразно использовать более современную технику планирования VMAT (RapidArc) с функцией Jaw Tracking, при которой изменяется не только положение многопластинчатого коллиматора, но и положение диафрагм при вращении гантри, тем самым уменьшая уровень трансмиссионного излучения. С помощью этой техники, опытный физик может добиться минимальной дозы, попадающей на ИЭК при облучении опухоли, расположенной даже очень близко к устройству. Далее, для более точного определения дозы, попадающей на ИЭК, рассчитанной в системе планирования, необходимо исключить артефакты на снимках компьютерной томографии, возникающие вследствие имплантации кардиостимулятора в биологическую ткань.

Информация о радиационной стойкости ЭКС и о типах возможных неисправностей при лучевой терапии является основой дальнейшей работы материаловедов для защиты электронных составляющих ИЭК от излучения.

Библиография

1. Hashimoto et al., Influence of secondary neutrons induced by proton radiotherapy for cancer patients with implantable cardioverter defibrillators, Radiation Oncology, 7:10, 2012.
2. Hurkmans, Joost L Kneijens, Bing S Oei, Ad JJ Maas, GJ Uiterwaa, Arnoud J van der Borden, Marleen MJ Ploegmaker and Lieselot van Erven, Management of radiation oncology patients with a pacemaker or ICD: A new comprehensive practical guideline in The Netherlands, Radiation Oncology, 7:198, 2012.