

ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИМПЛАНТАЦИИ КАРДИОСТИМУЛЯТОРА

М. С. БОБКОВ^{1,2}, В. М. БЛИНЦОВ^{1,2}

¹ Тульский областной клинический онкологический диспансер, Тула

² Тульский государственный университет, медицинский институт, Тула

Более 60 тысяч пациентов ежегодно получают имплантаты, работа которых направлена на нормализацию функционирования сердечно-сосудистой системы (CIED). Имплантируемые электронные устройства предотвращают развитие жизнеугрожающих состояний со стороны сердечно-сосудистой системы, однако проведение лучевой терапии у данной группы больных сопряжено с высоким риском возникновения нежелательных явлений, в том числе фатальных. Стратификация пациентов с установленными CIED в группы в зависимости от потенциального риска повреждения устройства помогает не только отслеживать состояние их здоровья, но также эффективно управлять возможными рисками. Таким образом достигается максимальная безопасность лучевой терапии для данной группы пациентов.

Ключевые слова: рак молочной железы, злокачественные опухоли, лучевая терапия, кардиостимулятор, CIED, онкология.

Установка кардиостимулятора может быть показана при брадиаритмиях, таких как блокада сердца, синдром слабости синусового узла, фибрилляция предсердий и гипертрофическая кардиомиопатия. При этом клиническая картина может варьировать от бессимптомных форм до повторяющихся обмороков.

К 2022 г. около 60 тысячам пациентам ежегодно имплантировали кардиостимулятор (включая их замену), и их число продолжает неуклонно расти.

Имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор является наиболее эффективным методом предотвращения внезапной сердечной смерти из-за фибрилляции желудочков или желудочковой тахикардии и показан пациентам с высоким риском наступления этого события. Кроме того, для лечения нарушений внутрижелудочковой проводимости была разработана ресинхронизация работы сердца путем бивентрикулярной электрокардиостимуляции [1].

Такого рода имплантируемые устройства для лечения заболеваний системы кровообращения в совокупности называются кардиоимплантируемыми электронными устройствами (CIED) [6].

Все CIED в основном состоят из двух частей: основного корпуса и проводника. Основной корпус содержит схему управления, состоящую из полупроводниковых элементов, и батарею, закрытую титановым корпусом. Проводник передает электрический сигнал от сердца к аппарату и посылает электрический стимул от аппарата к сердцу [8].

В ходе испытаний была выявлена уязвимость CIED перед воздействием ионизирующего излучения.

Существует два вида провоцируемых облучением неисправностей: ошибки в программном обеспечении и в самом аппарате. Программные ошибки включают сброс настроек, которые заменяются на резервную копию. Это происходит эпизодически, только во время облучения в случае превышения толерантных доз на зону имплантата, и приводит к нестабильной и неправильной работе CIED. Аппаратные ошибки приводят к необратимым повреждениям CIED и требуют его замены [2].

Прямое облучение полупроводника низкоэнергетическим ионизирующим излучением может привести к нарушениям в работе из-за возникающего фотоэффекта. При использовании ионизирующего излучения высоких энергий (≥ 10 МэВ) генерируемые вторичные нейтроны могут вызывать ядерную реакцию в полупроводниковом материале, главным образом с бором, даже вне поля облучения, и тогда тяжелые ионы, которые выделяются в результате ядерной реакции при захвате нейтронов бором, могут ионизироваться внутри материала. Это может привести к неправильной работе аппарата, порой необратимой [7].

Основной причиной неисправности CIED в связи с проведением высокоэнергетической

лучевой терапии являются заряженные частицы, образующиеся в результате реакции захвата нейтронов между вторичными нейтронами и ядрами в полупроводниковой цепи. Эти реакции могут возникать при использовании излучения высоких энергий ≥ 10 МэВ или пучков частиц (протонов и ионов углерода). В таких случаях требуется особая осторожность, поскольку даже при низких дозах могут возникать случайные отклонения в работе. В принципе, излучение с энергией ≤ 6 МэВ не влияет на фотоядерные реакции с образованием вторичных нейтронов. Тем не менее, могут возникать неисправности из-за неожиданного возникновения тока в результате электромагнитной индукции или фотоэффекта [8].

Сбой в работе CIED может вызвать аритмии, которые проявляются в виде учащенного сердцебиения, головокружения и потери сознания. В редких случаях эти явления могут быть опасными для жизни [3].

Предельно допустимая доза облучения CIED на сегодняшний день четко не определена. До августа 2018 года каждый производитель указывал пределы дозы для устройства в пределах $<1-5$ Гр, однако предельная доза варьируется в зависимости от производителя, модели и наличия или отсутствия различных функций самого аппарата. Многие производители не предусматривают прямое облучение основного корпуса [7, 8].

В 2019 г. Японским обществом радиационной онкологии были разработаны и предложены к использованию рекомендации по использованию радиотерапевтического воздействия у пациентов с имплантированными CIED.

В рекомендациях используются три уровня потенциально риска для пациента: низкий, средний и высокий, которые зачастую используются также и в рекомендациях других научных сообществ [4].

В зависимости от обстоятельств, в которых планируется проводить лечение пациента (таких как ресурсы стационара, наличие возможности оказания экстренной медицинской помощи и т.д.), пациенты могут быть отнесены к категории повышенного риска. Если потенциально опасное для жизни событие не может быть устранено в конкретном учреждении, пациента следует направить на лечение в соответствующее медицинское учреждение.

К категории низкого риска относят случаи, которые удовлетворяют следующим условиям [2]:

- энергия ионизирующего излучения <10 МВ или энергия электронов <20 МэВ;
- облучение грудной клетки не проводится;
- суммарная доза облучения CIED не превышает 2 Гр;

— желудочковой тахикардии в анамнезе не было.

К категории среднего риска относят случаи, которые не относятся к категории низкого или высокого риска.

Случай, отвечающий любому из следующих условий, классифицируется как случай высокого риска:

- энергия рентгеновского излучения ≥ 10 МВ;
- энергия облучения электронами ≥ 20 МэВ;
- протонная лучевая терапия;
- облучение пучком ионов углерода;
- суммарная доза облучения CIED составляет >10 Гр;
- фибрилляция желудочков в анамнезе.

В случаях, когда не проводится облучение грудной клетки, какие-либо сбои в работе CIED крайне маловероятны, поэтому они отнесены к группе низкого риска [1].

Лучи FFF (без сглаживающего фильтра) могут вызывать сбои в работе в зависимости от мощности дозы [6]. Лучи с высокой мощностью дозы могут вызывать перегрузку по току в цепи, что создает высокий потенциальный риск для CIED, даже если излучение не генерирует вторичные нейтроны. В клинической практике нет сообщений о нарушениях в работе конкретно из-за использования пучков FFF, но логично предположить, что высокая мощность дозы может вызвать фотоэлектронный ток, достаточный для возникновения неисправности. Поэтому считается, что использование пучка FFF сопряжено с высоким риском и требует дальнейшего изучения [2].

Радиоактивные зёрна, такие как Ir-192 и I-125 для брахитерапии, не генерируют вторичных нейтронов, и не сообщалось о каких-либо сбоях в работе CIED при их использовании [2, 5].

Пациентов из группы среднего риска следует еженедельно консультировать у кардиолога.

Пациентам из группы высокого риска рекомендуется обсудить с кардиологом вопрос о проверке работоспособности CIED после каждого сеанса лучевой терапии.

Также у пациентов из групп среднего и высокого риска необходимо выполнять контроль функции системы кровообращения с помощью электрокардиограммы или пульсоксиметра во время первого сеанса лучевой терапии и, при необходимости, во время последующих сеансов [1].

Таким образом, индивидуализация плана лечения у пациентов с имплантированными CIED и их чёткая стратификация в группы в зависимости от риска возникновения потенциальных нежелательных явлений помогает проводить им эффективное и безопасное лучевое лечение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ:

1. Brambatti M, Mathew R, Strang B et al. Management of patients with implantable cardioverter-defibrillators and pacemakers who require radiation therapy. *Heart Rhythm*. 2015;12:2148–54.
2. Croshaw R, Kim Y, Lappinen E et al. Avoiding mastectomy: Accelerated partial breast irradiation for breast cancer patients with pacemakers or defibrillators. *Ann Surg Oncol*. 2011;18: 3500–5.
3. Gauter-Fleckenstein, Israel CW, Dorenkamp M et al. DEGRO/DGK guideline for radiotherapy in patients with cardiac implantable electronic devices. *Strahlenther Onkol*. 2015;191: 393–404.
4. Hurkmans CW, Kneijens JL, Oei BS et al. Management of radiation oncology patients with a pacemaker or ICD: A new comprehensive practical guideline in the Netherlands. Dutch Society of Radiotherapy and Oncology (NARO). *Radiat Oncol*. 2012;7:198.
5. Indik JH, Gimbel JR, Abe H et al. 2017 HRS expert consensus statement on magnetic resonance imaging and radiation exposure in patients with cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm*. 2017;14: e97–e153.
6. Nakamura K, Aoyama T, Kaneda N et al. Effect of X-ray dose rates higher than 8 Gy/min on the functioning of cardiac implantable electronic devices. *Journal of Radiation Research*. 2020;61: 419–25.
7. Salerno F, Gomellini S, Caruso C et al. Management of radiation therapy patients with cardiac defibrillator or pacemaker. *Radiol Med*. 2016;121:515–20.
8. Zecchin M, Severgnini M, Fiorentino A et al. Management of patients with cardiac implantable electronic devices (CIED) undergoing radiotherapy: A consensus document from Associazione Italiana Aritmologia e Cardioritmo (AIA), Associazione Italiana Radioterapia Oncologica (AIRO), Associazione Italiana Fisica Medica (AIFM). *Int J Cardiol*. 2018;255: 175–83.

FEATURES OF EXTERNAL BEAM RADIATION THERAPY IN PATIENTS AFTER PACEMAKER IMPLANTATION

M. S. BOBKOV, V. M. BLINTSOV

More than 60 thousand patients receive implants annually, the work of which is aimed at normalizing the functioning of the cardiovascular system (CIED). Implantable electronic devices prevent the development of life-threatening conditions from the cardiovascular system, however, radiation therapy in this group of patients is associated with a high risk of adverse events, including fatal ones. Stratification of patients with CEEDS into groups depending on the risk of damage to the device helps not only to monitor their health status, but also to effectively manage possible risks. Thus, the maximum safety of radiation therapy is achieved for this group of patients.

Keywords: breast cancer, malignant tumors, radiation therapy, pacemaker, CEED, oncology.