

Ziółkowska Ewa<sup>1</sup>, Wiśniewski Tomasz<sup>1</sup>,  
Białas Mieszko<sup>1</sup>, Balcerzak Marek<sup>2</sup>,  
Woźniak-Wiśniewska Anita<sup>3</sup>,  
Sinkiewicz Władysław<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Radiotherapy Department of Oncology  
Center in Bydgoszcz

<sup>2</sup> Cardiology and Cardiosurgery Clinic 10<sup>th</sup>  
Military Clinical Hospital in Bydgoszcz

<sup>3</sup> The 2<sup>nd</sup> Chair of Cardiology Collegium  
Medicum in Bydgoszcz Nicolaus Copernicus

Address for correspondence/  
Adres do korespondencji:  
Ewa Ziółkowska, MD, PhD  
Radiotherapy Department  
of Oncology Center,  
I. Romanowskiej 2 St.  
85-796 Bydgoszcz,  
tel. +48 52 3743374  
e-mail: ziolkowskae@co.bydgoszcz.pl

Received: 06.09.2012

Accepted: 17.09.2012

Published: 30.09.2012

## STATISTIC STATYSTYKA

Word count Liczba słów 2013/1148

Tables Tabele 1

Figures Ryciny 1

References Piśmiennictwo 12

## Radiation therapy with Implanted Cardiac Pacemaker or Implantable Cardioverter Defibrillator: proposed precautions

### Radioterapia pacjentów z stymulatorem serca lub kardiowerterem defibrylatorem: zasady bezpiecznego stosowania

Original article/Artykuł oryginalny

#### Summary

**Introduction.** Continuous rise in the number of patients with cardiac devices as pacemakers or cardioverter-defibrillators subjected to radiotherapy is observed. The serious damage can occur during irradiation patient with cardiac pacemaker. Still is lack of detailed guidelines about radiotherapy to patients with this devices.

**Material and methods.** According to recommendations of the American Association of Medical Physicists and the accessible literature the algorithm of safely irradiation patients with cardiac pacemaker was created. These rules were applied at 41 patients administered to the Center of Oncology in Bydgoszcz in years 2009-2011.

**Results.** Among 41 patients enrolled to the study 19 persons (47%) was treated with radical intention, and 17 patients (41%) received the palliative radiotherapy. Five patients (12%) were disqualified from the radiotherapy. A most frequent kind of the cardiac device was the pacemaker (35 persons - 85%), instead 5 persons had implantable cardiac defibrillator. One patient had cardiac resynchronization therapy device. Most often the pacemaker was placed near irradiated field (19 persons - 47%), but 10 patients had pacemaker in irradiated field. From this reason one patient demanded dislocations of the pacemaker to the right subclavicular region. The pacemaker was found far from irradiated field in 12 cases (29%). The average dose received by the pulse generator was 1,43 Gy ( range: 0-22 Gy). Radiation therapy was safely delivered in all of 36 patients without any untoward effects. At 6 months of median follow-up, all patients were well with no malfunction of the pacemaker

**Conclusions.** Close liaison with the cardiologist and radiation oncologist is essential to ensure patient safety. The presented recommendations makes possible the treatment safely in this group of patients.

**Key word:** Cardioverter-defibrillator, pacemaker, radiotherapy

#### Streszczenie

**Wstęp.** W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzrost zachorowalności na choroby serca i tym samym rośnie liczba pacjentów, którzy wymagają wszczęcia stymulatorów serca. Napromienianie chorego z stymulatorem niesie ryzyko poważnych powikłań. Nadal brakuje szczegółowych zaleceń dotyczących postępowania z takimi pacjentami.

**Material i metody.** Opierając się na zaleceniach Amerykańskiego Stowarzyszenia Fizyków Medycznych oraz dostępnym piśmiennictwie, stworzono algorytm postępowania z pacjentami posiadającymi stymulator serca i wymagającymi radioterapii. Zasady te zastosowano, u 41 pacjentów leczonych w Centrum Onkologii w Bydgoszczy w latach 2009-2011.

**Wyniki.** Wśród 41 pacjentów objętych oceną powikłań, 19 osób (47%) było leczonych w sposób radykalny, a 17 chorych (41%) zakwalifikowano do radioterapii paliatywnej. Pięciu pacjentów (12%) zdyskwalifikowano od napromieniania. Najczęstszym rodzajem rozrusznika serca był stymulator ( 35 osób - 85%), natomiast 5 osób miało kardiowerter-defibrylator. U jednego chorego zidentyfikowano resynchronizator serca. Najczęściej rozrusznik serca był zlokalizowany w pobliżu pola napromienianego (19 osób – 47%), natomiast u 10 chorych znajdował się w polu napromienianym. Z tego powodu jeden pacjent wymagał przemieszczenia stymulatora do prawej okolicy podobojczykowej. U 12 osób (29%) stymulator znajdował się z dala od pola napromienianego. Średnia dawka otrzymana przez generator impulsów wyniosła 1,43 Gy (zakres: 0-22 Gy). U wszystkich 36 pacjentów, którzy otrzymali radioterapię nie zaobserwowano zaburzeń w pracy stymulatora serca zarówno podczas radioterapii, jak i w okresie 6 miesięcy od zakończenia leczenia.

**Wnioski.** Napromienianie pacjentów z stymulatorem serca wymaga współpracy pomiędzy radioterapeutą i kardiologiem. Ścisłe przestrzeganie zaprezentowanych zaleceń umożliwia bezpieczne przeprowadzenia leczenia w tej grupie pacjentów.

**Słowa kluczowe:** Kardiowerter-defibrylator, stymulator, radioterapia

## INTRODUCTION

In recent years, increased incidence of heart diseases has been reported; consequently, there has been a growing number of patients requiring implantable cardiac pacemakers (ICP) and implantable cardioverter-defibrillators (ICD). In Poland, over 100,000 persons live with implanted cardiostimulators. In 2008, over 27,000 ICPs and nearly 4,000 ICDs were implanted [1]. Increased incidence of malignant neoplasms requires a wider application of radiotherapy, also for patients burdened with cardiac diseases. The survival time of patients suffering from malignant neoplasms is lengthening, therefore the population of patients with cardiac stimulators is becoming increasingly more present in oncological treatment. The location of artificial cardiostimulators poses a problem in radiotherapy of lymphomas, neoplasms of mammary glands, in the area of the head and neck, of the thyroid and oesophagus [2]. Also during irradiation of neoplasms located in body areas that are remote from the stimulator, caution is necessary and conditions for safe application of ionizing radiation must be created. The effect of ionizing radiation on the functioning of cardiostimulators is difficult to estimate. Disturbances are most probably due to ionization of metal parts in electronic systems. New generations of pacemakers are characterized by a more complicated structure and more sensitive electronic systems, which results in their being more susceptible to the effect of ionizing radiation [3,4].

The aim of the study was to evaluate the possibilities of safe irradiation of patients with cardiostimulators on the basis of the author's own method of monitoring of that patient group during radiotherapy.

## MATERIAL AND METHODS

The qualification of patients for radiotherapy and the process of irradiation was carried out in compliance with the recommendations of the American Association of Physicists in Medicine of 1989, updated in 1994, which had been modified on the basis of the author's own experience [5]. A summary of the implemented principles of safe irradiation of patients with cardiostimulators has been presented in Fig.1.

In order to prepare the patients for irradiation, additional procedures associated with the implanted pacemaker had to be implemented. For each patient, the type of the cardiac pacemaker was determined (a stimulator, a cardioverter-defibrillator or a cardiac resynchronizer) due to varying levels of the appliances' sensitivity to radiotherapy. Also, the time and place of implantation (the hospital, the surgeon) and the position of the stimulator in relation to the irradiated area was determined. Detailed information on the implanted appliance is provided in its booklet, obligatory for every patient. Each patient obtained consultation by a cardiologist who assessed the current condition of the stimulator and stated whether the patient's cardiac function directly depended on the functioning of the stimulator. In the case of cardioverter-

## WSTĘP

W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzrost zachorowalności na choroby serca i tym samym rośnie liczba pacjentów, którzy wymagają wszczepiania stymulatorów (ICP - implantable cardiac pacemakers) i implantowanych kardiowerterów-defibrylatorów (ICDs - implantable cardioverter-defibrillators). W Polsce żyje ponad 100 000 osób z wszczepionym kardiostymulatorem. W 2008 roku implantowano ponad 27 000 ICP oraz prawie 4 000 ICD [1]. Wzrost zachorowalności na nowotwory złośliwe powoduje konieczność szerszego stosowania radioterapii, również u pacjentów obciążonych kardiologicznie. Obecnie czas przeżycia chorych na nowotwory złośliwe wydłuża się, więc populacja pacjentów z symulatorem serca jest coraz częściej obserwowana w leczeniu onkologicznym. Ze względu na lokalizację sztuczne stymulatory serca stanowią problem w radioterapii chłoniaków, nowotworów gruczołu piersiowego, płuc, regionu głowy i szyi, tarczycy oraz przełyku [2]. Również w przypadku napromieniania nowotworów zlokalizowanych w odległych od stymulatora okolicach ciała należy zachować ostrożność i stworzyć określone warunki bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego. Wpływ promieniowania jonizującego na pracę stymulatorów serca jest trudny do oszacowania. Zaburzenia powstają prawdopodobnie na skutek jonizacji metalowych elementów w układach elektronicznych. Nowsze generacje rozruszników cechują się bardziej skomplikowaną budową i wykorzystaniem delikatniejszych układów elektronicznych, co skutkuje ich większą wrażliwością na promieniowanie jonizujące [3,4].

Celem badania była ocena możliwości bezpiecznego napromieniania chorych z stymulatorem serca w oparciu o własną metodę monitorowania tej grupy pacjentów w trakcie radioterapii.

## MATERIAŁ I METODY

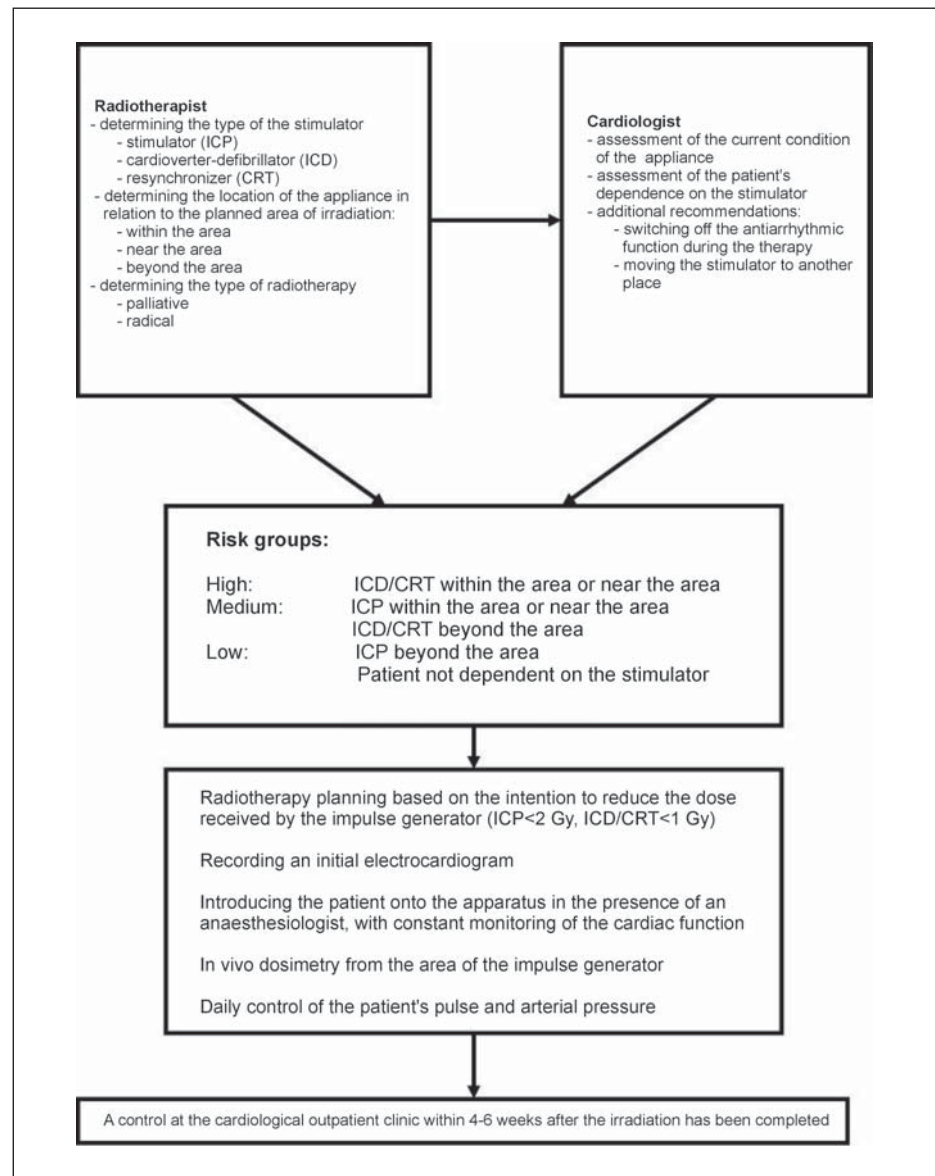
Kwalifikację pacjentów do radioterapii oraz realizację procesu napromieniania prowadzono w oparciu o zalecenia American Association of Physicists in Medicine z 1989 roku, uaktualnione w 1994 roku, które zmodyfikowano na podstawie doświadczeń własnych [5]. Podsumowanie wdrożonych zasad bezpiecznego napromieniania pacjentów z stymulatorem serca zawarto w rycinie 1.

Przygotowanie chorych do napromieniania wymagało wdrożenia dodatkowych procedur związanych z wszczepionym rozrusznikiem serca. U każdego pacjenta określono typ rozrusznika serca (stymulator, kardiowerter-defibrylator czy resynchronizator serca), z uwagi na zróżnicowany poziom wrażliwości tych urządzeń na radioterapię. Ustalono czas i miejsce wszczepienia stymulatora (szpital, lekarz) oraz określono położenie stymulatora w stosunku do napromienianego pola. Szczegółowych informacji na temat wszczepionego urządzenia dostarcza książeczka stymulatora, którą każdy pacjent zobowiązany jest posiadać. U każdego chorego przeprowadzono konsultację kardiologiczną, w której lekarz

defibrillators, the need to switch off its antiarrhythmic function was considered. The next stage of the preparation was to calculate, basing on the treatment schedule, the total dose from the whole course of radiotherapy received by the stimulator. The intention was that the planned doses should not exceed 2 Gy for an ICP or 1 Gy for an ICD. Each patient had his pulse and arterial blood pressure measured before and after each radiotherapeutic session. The patients who were dependent on the function of the stimulator had also an electrocardiogram recorded before the beginning of the treatment. Each patient was introduced onto the therapeutic apparatus in the presence of the attending physician (a radiologist) and a resuscitation team (a specialist anaesthesiologist and a nurse anaesthetist). During irradiation, the patient's cardiac function was monitored so that any disturbances in the functioning of the stimulator could be detected. At

specjalista ocenił aktualny stan stymulatora i zawarł informację, czy praca serca pacjenta jest bezpośrednio zależna od działania stymulatora. W przypadku kardiovertera-defibrylatora rozważono konieczność wyłączenia funkcji przeciwartrytmicznej urządzenia. Kolejny etap przygotowania polegał na obliczeniu sumarycznej dawki z całego kursu radioterapii na rozrusznik na podstawie planu leczenia. Dążono, aby planowane dawki nie przekraczały 2 Gy dla ICP lub 1 Gy dla ICD. Każdy pacjent przed i po seansie radioterapii miał zbadane tętno i ciśnienie tętnicze krwi. Chorzy zależni od pracy stymulatora mieli także wykonany elektrokardiogram przed rozpoczęciem leczenia. Wprowadzenie pacjenta na aparat terapeutyczny odbywało się w obecności lekarza prowadzącego (radioterapeuty) oraz zespołu reanimacyjnego (specjalisty anestezjologa i pielęgniarki anestezjologicznej). Podczas napromieniania prowadzono monitorowa-

**Fig. 1.** The recommendation of radiotherapy to patients with cardiac pacemaker



the first radiotherapeutic session the dose received by the stimulator was measured and compared with the dose estimated before the treatment. Each patient was informed of the possibility of a delayed damage to the stimulator after the radiotherapy so that he could immediately receive medical care should there occur any symptoms of stimulator disfunction. Also, all the patients were advised to come for control to the cardiological outpatient clinic within 4-6 weeks after the radiotherapy had been completed. Radiotherapeutic control after the treatment did not differ from the standards adopted for oncological patients without cardiostimulating systems.

## RESULTS

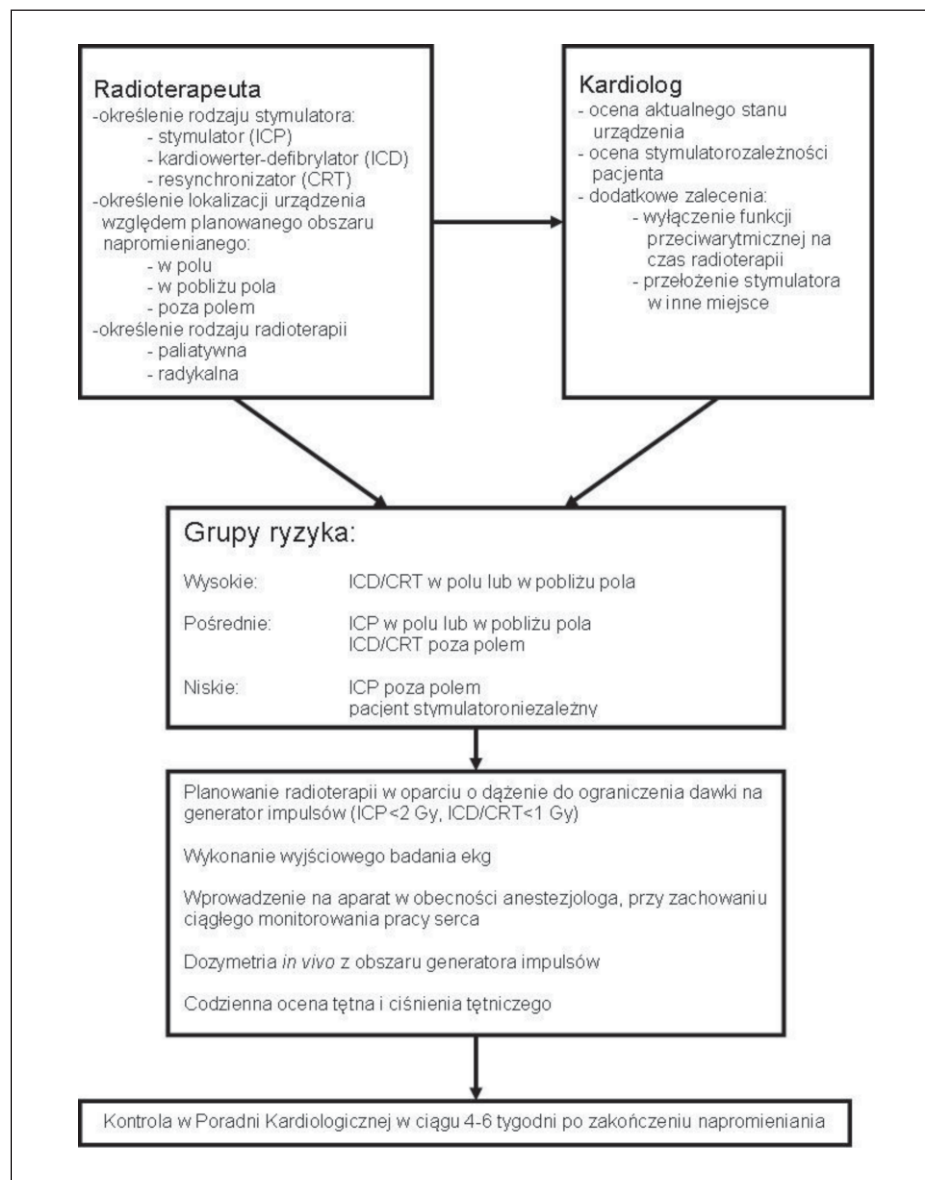
The study included 41 patients treated at the Department of Radiotherapy of the 1st Oncological Centre in Bydgoszcz (Poland) in the period from 02.01.2009 till 31.12.2011. The average age of the test group was 72.3

nie czynności serca, w celu wychwycenia jakichkolwiek zakłóceń w pracy stymulatora. W trakcie pierwszego seansu radioterapii dokonano pomiaru dawki, jaką otrzymał stymulator i porównano ją z dawką oszacowaną przed leczeniem. Każdego pacjenta informowano o możliwości odroczonego uszkodzenia stymulatora po radioterapii, aby mógł natychmiast skorzystać z opieki lekarskiej w przypadku objawów dysfunkcji urządzenia. Ponadto wszystkim pacjentom zalecono wizytę w Poradni Kardiologicznej w ciągu 4-6 tygodni po zakończonej radioterapii. Kontrola radioterapeutyczna chorego po leczeniu nie odbiegała od standardu przyjętego dla pacjentów onkologicznych bez układu stymulującego serce.

## WYNIKI

Do badania włączono 41 pacjentów leczonych w Oddziale Radioterapii I centrum Onkologii w Bydgoszczy w okresie od 2.01.2009r. do 31.12.2011r. Średnia wieku

**Ryc. 1.** Standardy napromieniania pacjentów ze stymulatorem serca (opracowanie własne)



(ranging from 51 to 84). 66% of the patients (27 out of 41) were men. The basic characteristics of the test group have been presented in Table 1.

A considerable percentage (29%) of the patients covered by the analysis had a pacemaker located beyond the irradiated area. Those were mostly patients with neoplasms within the pelvis or the abdominal cavity. In those cases the treatment was planned in the standard manner, the only modification being *in vivo* dose measurement at the area of the impulse generator during the first radiotherapeutic session and later once every week.

grupy badanej wynosiła 72,3 lat (zakres od 51 do 84 lat). Wśród chorych 66% (27 z 41) stanowili mężczyźni. Podstawowe cechy badanej grupy przedstawiono w tabeli 1.

Znaczna część pacjentów objętych analizą (29%) posiadała rozrusznik umieszczony poza napromienianym polem. Byli to głównie chorzy z nowotworem w obrębie miednicy lub jamy brzusznej. W tych przypadkach planowanie leczenia odbywało się w sposób standardowy, a modyfikację stanowił jedynie pomiar dawki *in vivo* na okolicę generatora impulsów przy pierwszym seansie radioterapii i następnie jeden raz w tygodniu.

Tab. 1. Characteristics of patients

Parameter	Value
<b>Age (years)</b>	
– average (range)	72,3 (51 - 84)
<b>Sex, n (%)</b>	
– women	14 (34)
– men	27 (66)
<b>Stimulator's distance from the irradiated area, n (%)</b>	
– beyond the area	12 (29)
– near the area	19 (47)
– within the area	10 (24)
<b>Procedure, n (%)</b>	
– radical	19 (47)
– palliative	17 (41)
– did not receive treatment	5 (12)
<b>Dose received by the generator (Gy)</b>	
– average (range)	1,43 (0 - 22)
<b>Type of radiation, n (%)</b>	
– photons 6 MV	20 (55)
– photons 15 MV	14 (39)
– electrons	2 (6)
<b>Type of pacemaker, n (%)</b>	
– stimulator	35 (85)
– cardioverter	5 (12)
– resynchronizer	1 (3)

Tab. 1. Charakterystyka pacjentów

Cecha	Wartość
<b>Wiek (lata)</b>	
– średnia (zakres)	72,3 (51 - 84)
<b>Płeć, n (%)</b>	
– kobiety	14 (34)
– mężczyźni	27 (66)
<b>Odległość stymulatora od pola napromienianego, n (%)</b>	
– poza polem	12 (29)
– w pobliżu	19 (47)
– w polu	10 (24)
<b>Procedura, n (%)</b>	
– radykalna	19 (47)
– paliatywna	17 (41)
– nie otrzymał leczenia	5 (12)
<b>Dawka otrzymana przez generator (Gy)</b>	
– średnia (zakres)	1,43 (0 - 22)
<b>Rodzaj promieniowania, n (%)</b>	
– fotony 6MV	20 (55)
– fotony 15 MV	14 (39)
– elektrony	2 (6)
<b>Rodzaj rozrusznika, n (%)</b>	
– stymulator	35 (85)
– kardiowerter	5 (12)
– resynchronizator	1 (3)

If the tumour was located in the area of chest, head or neck, there was a risk that the heart stimulating system might be included in the irradiated field (47% of patients from the analysed group). An adequate selection of head angles as well as the use of wedges and a multileaf colimator was in most cases sufficient to obtain a dose < 2 Gy for the impulse generator. When planning radical treatment based on computed tomography, the radiotherapist marked the impulse generator and electrodes as separate structures (if they were well visualised in the tomography scans for treatment planning). That helped the medical physicist to plan the radiotherapy in the correct way and allowed to determine the dose which the cardiostimulator would receive. What was sought was the maximum protection for the impulse generator. The electrodes of the cardiac stimulating system, however, had no dose limit. Sometimes they came into the irradiated field and received doses of over 10 Gy.

Unfortunately, in 10 cases the stimulator was located within the irradiated field. For 5 patients the radiotherapy was discarded due to the palliative character of the treatment and the patients' short predicted survival time. Another important fact was that a change of location of the stimulator is a difficult procedure, burdened with a number of complications. To date, our centre has no possibility of conducting radiotherapy with a substitute external stimulator kept away from the radiation, which is recommended when the original appliance is going to receive a considerable radiation dose. That is why in the case of one patient requiring a radical therapy it proved necessary to change the location of the stimulator before the oncological treatment could begin. In the remaining cases efforts were made to minimize the dose received by the cardiostimulator by means of highly specialist techniques of treatment planning and implementing (intensity-modulated radiation therapy - IMRT, image guided radiation therapy - IGRT).

Most patients in the group under study had cardiac stimulators (ICP - 85%) that, according to recommendations of cardiologists, did not require modifications of their functioning. Of 5 patients after an implantation of a cardioverter-defibrillator, though, in 2 cases it was necessary to switch off the antiarrhythmic function during radiotherapeutic sessions.

The most frequently used type of radiation was photon radiation with energy of 6MV. The energy was used obligatorily in all the patients with an implanted ICD. In 2 cases electron radiation was applied due to the closeness of the irradiated field to the impulse generator.

None of the patients from the study group subject to radiotherapy suffered any disturbances of the cardiac stimulating system in the course of the oncological treatment and within 6 months after its completion. The estimated average dose received by a cardiostimulator in patients undergoing radical treatment in the area of chest or head and neck was 1.43 Gy (range: 0-22 Gy). The doses measured *in vivo* were close to the planned doses.

W przypadku lokalizacji nowotworu w obrębie klatki piersiowej lub obszaru głowy i szyi istniało ryzyko, że układ stymulujący serca znajdzie się w polu napromienianym (47% pacjentów z analizowanej grupy). Dobór odpowiednich kątów głowicy, wykorzystanie klinów i kolimatora wielolistkowego w większości przypadków było wystarczające, aby osiągnąć dawkę < 2Gy na generator impulsów. W trakcie planowania leczenia radykalnego, opartego o tomografię komputerową, lekarz radioterapeuta rysował jako osobne struktury, generator impulsów oraz elektrody (w przypadku dobrego ich uwidocznienia na skanach tomografii do planowania leczenia). Ułatwiała to fizykowi medycznemu odpowiednie zaplanowanie radioterapii oraz pozwalało na określenie dawki jaką otrzyma układ stymulujący serce.

Dążono do maksymalnej ochrony generatora impulsów. Natomiast w przypadku elektrod układu stymulującego serca nie stosowano limitu dawki. Niejednokrotnie elektrody znajdowały się w polu napromienianym otrzymując dawkę przekraczającą 10 Gy.

Niestety w 10 przypadkach stymulator serca znajdował się w polu napromienianym. U 5 osób odstąpiono od napromieniania z uwagi na charakter paliatywny leczenia i krótki spodziewany okres przeżycia tych chorych. Nie bez znaczenia był również fakt, że zmiana położenia stymulatora jest procedurą skomplikowaną i obciążoną szeregiem powikłań. Do chwili obecnej nasz ośrodek nie posiada możliwości zastosowania radioterapii z zapasowym zewnętrznym stymulatorem utrzymanym z dala od promieniowania, która jest zalecana w sytuacjach, gdy urządzenie otrzyma znaczącą dawkę promieniowania. Z tego powodu, u jednego pacjenta wymagającego radykalnej terapii wystąpiła konieczność zmiany położenia stymulatora przed rozpoczęciem leczenia onkologicznego. W pozostałych przypadkach dążono do minimalizacji dawki otrzymanej na rozrusznik serca poprzez zastosowanie wysokospecjalistycznych technik planowania i realizacji leczenia (IMRT, ang. *intensity-modulated radiation therapy*; IGRT, ang. *image guided radiation therapy*).

Większość pacjentów z badanej grupy posiadała stymulatory serca (ICP - 85 %), które według zaleceń kardiologów nie wymagały modyfikacji swoich funkcji. Natomiast spośród 5 osób po implantacji kardiowertera-defibrylatora, u 2 pacjentów konieczne było wyłączenie funkcji przeciwaritmicznej podczas seansu radioterapii.

Najczęstszym rodzajem użytego promieniowania były fotony o energii 6MV. Energię tę stosowano obligatoryjnie u wszystkich pacjentów z wszczepionym ICD. W 2 przypadkach zastosowano promieniowanie elektronowe z uwagi na bliskość okolicy napromienianej i generatora impulsów.

Żaden z pacjentów objętych analizą, u którego zastosowano radioterapię nie doznał zaburzeń ze strony układu stymulującego pracę serca podczas przebiegu leczenia onkologicznego oraz w ciągu 6 miesięcy od zakończenia leczenia. Średnia szacowana dawka na układ stymulujący serce u pacjentów leczonych radykalnie w obszarze klatki piersiowej oraz rejonie głowy i szyi wynosiła 1,43 Gy (zakres: 0-22 Gy). Dawki zmierzone *in vivo* były zbliżone do dawek planowanych.

## DISCUSSION

Until recently, it was believed that patients with a heart pacemaker do not pose a significant problem in radiotherapy as the cases were quite rare. However, the constant increase of incidence of malignant neoplasms that occurs nowadays creates the necessity to apply radiotherapy ever more widely, also in cardiologically burdened patients [1]. The use of radiotherapy in the case of patients with implanted ICPs or ICDs is a significant issue in oncological practice. Patients with cardiostimulators require strict qualification, precise preparation before being introduced onto a therapeutic apparatus, and monitoring in the course of the treatment by specialists: an oncologist as well as a cardiologist and an anaesthesiologist [6]. An oncologist-radiotherapist who qualifies patients with cardiostimulators for treatment with radiative energy should act with greater caution and the decision of radiotherapy should be carefully considered by both the patient and the physician. On the other hand, the choice of a correct therapeutic strategy, tailored to a particular clinical case, and the development of guidelines for the treatment of patients with cardiostimulators allows a safe implementation of radiotherapy in that group of patients [1]. Every new generation of the appliances or even a change in their software has an effect on their sensitivity and modifies their reaction to ionizing radiation. It is necessary to distinguish the group of patients with cardioverter-defibrillators due to the tenfold higher sensitivity of those appliances to radiation [7,8]. Patients with ICDs may be treated only with the energy of 6 MV because of an increased rate of disturbances in the functioning of the appliance at energy values exceeding 10 MV [9,10]. Whenever the cardiostimulator is located near the irradiated area, 3-dimensional planning based on computed tomography is recommended. If the patient has been qualified for palliative treatment, virtual simulation should also be conducted. This will allow to estimate the dose received by the cardiostimulator and, if need be, to modify the treatment plan or the irradiation technique. In the case of patients qualified to the high risk group with an intention of radical treatment the dose received by the impulse generator should be limited to the level below 1 Gy. During a radiotherapeutic session the antiarrhythmic function should be switched off [10]. If the estimated dose for the impulse generator is going to be considerably high, the appliance should be moved beyond the irradiated area. The procedure of removing the stimulator and implanting it on the other side of the chest is very complicated, therefore a decision of that sort should be taken collectively by an oncologist and a cardiologist [11]. If a cardioverter-defibrillator is located in the irradiated area in patients undergoing palliative treatment and with estimated survival time shorter than one year, radiotherapy should be discarded and other methods of treatment or symptom alleviation should be suggested [1]. Patients from the medium risk group should be irradiated according to the rules presented in Fig.1. A small percentage of patients from the low risk group may not require strict

## OMÓWIENIE

Dotychczas uważano, iż pacjenci z rozrusznikiem serca nie stanowią istotnego problemu w radioterapii, ponieważ sytuacja dotycząca napromieniania takich chorych zdarzała się rzadko. Jednak obserwowany ciągły wzrost zachorowalności na nowotwory złośliwe powoduje konieczność szerszego stosowania radioterapii, również u pacjentów obciążonych kardiologicznie [1]. Stosowanie radioterapii u chorych z wszczepionymi ICPs lub ICDs stanowi istotne zagadnienie terapeutyczne w praktyce lekarza onkologa. Pacjenci z stymulatorem serca wymagają ścisłej kwalifikacji, precyzyjnego przygotowania do wprowadzenia na aparat terapeutyczny i monitorowania podczas leczenia przez specjalistę zarówno onkologa, kardiologa jak i anesteziologa [6]. Onkolog radioterapeuta kwalifikujący do leczenia energią promienistą pacjenta z rozrusznikiem serca, powinien wykazać większą ostrożność, a decyzja o radioterapii powinna być staranie przemyślana tak przez pacjenta jak i przez lekarza. Z drugiej zaś strony wybór prawidłowej strategii leczenia, dostosowanej do konkretnej sytuacji klinicznej oraz wypracowanie wytycznych odnośnie leczenia chorych z stymulatorami serca pozwala na bezpieczne wdrożenie radioterapii w tej grupie pacjentów [1]. Każda kolejna generacja tych urządzeń, a nawet zmiana oprogramowania wywiera wpływ na wrażliwość tych aparatów i modyfikuje reakcję na promieniowanie jonizujące. Istotne jest wyodrębnienie grupy chorych z kardiowerterem – defibrylatorem z uwagi na 10-krotnie większą promieniowrażliwość tych urządzeń [7,8]. Z tego powodu należy również, u pacjentów z wszczepionym ICD stosować wyłącznie energię 6MV z uwagi na wzrost częstości zaburzeń pracy kardiowertera przy energiach powyżej 10 MV [9, 10]. W każdym przypadku lokalizacji stymulatora serca w pobliżu okolicy napromienianej należy dążyć do planowania trójwymiarowego, opartego o tomografię komputerową. Gdy pacjent jest zakwalifikowany do leczenia paliatywnego, to powinno się również zastosować symulację wirtualną. Umożliwi to oszacowanie dawki na rozrusznik serca i ewentualną modyfikację planów leczenia lub techniki napromieniania. W przypadku pacjentów zakwalifikowanych do grupy wysokiego ryzyka z intencją leczenia radykalnego, należy dążyć do ograniczenia dawki na generator impulsów poniżej 1 Gy. W trakcie seansu radioterapii powinna być wyłączona funkcja przeciwartmiczna [10]. Gdy szacowana dawka na generator impulsów będzie znacząca, należy przenieść urządzenie poza pole napromieniania. Z uwagi na skomplikowaną procedurę usunięcia stymulatora i implantacji urządzenia po drugiej stronie klatki piersiowej, decyzja o tym zabiegu powinna być podjęta wspólnie przez onkologa i kardiologa [11]. W przypadku obecności kardiowertera-defibrylatora w polu napromienianym u pacjentów leczonych paliatywnie, z szacowanym czasem przeżycia poniżej jednego roku należy odstąpić od radioterapii i zaproponować inne metody leczenia onkologicznego lub leczenie objawowe [1]. Pacjenci z grupy pośredniego ryzyka powinni być napromieniani przy za-

monitoring of their cardiac function or the presence of an anaesthesiologist when they are introduced onto the apparatus but it will be possible to formulate more detailed recommendations for them only after a longer period of observation and after an analysis of the data collected from the cardiostimulators of patients undergoing radiotherapy. It must also be remembered that locating the stimulator away from the irradiated area does not reduce the risk of temporary disturbances of its functioning occurring in the course of an irradiation session [12].

## CONCLUSIONS

1. The presence of a cardiac pacemaker in oncological patients should not restrict their antineoplastic treatment. Radiotherapy planning for those patients requires just stricter precautions and more frequent monitoring in order to minimize the risk of cardiac rhythm disorders in patients with ICPs and ICDs.
2. Technological progress leading to ever more complicated generations of cardiac pacemakers results in their increased sensitivity to ionizing radiation. The problem appears to be significant in the light of the constantly increasing number of pacemaker implantations in Poland and, simultaneously, constantly increasing incidence of malignant neoplasms.
3. A co-operation between cardiological and oncological centres should become a standard for a combined therapy in the case of oncological patients with cardiac stimulators. It is highly probable that radiotherapists and cardiologists will ever more often take collective decisions as to whether those patients may undergo radiotherapy.

chowaniu zasad zaprezentowanych w rycinie 1. Nieliczna grupa chorych należąca do grupy niskiego ryzyka prawdopodobnie nie wymaga ścisłego monitorowania czynności serca oraz obecności anestesjologa przy wprowadzeniu na aparat, jednakże szczegółowe zalecenia dla tych pacjentów będą możliwe po dłuższym okresie obserwacji oraz analizie danych odczytanych z stymulatorów pacjentów poddanych radioterapii. Trzeba również pamiętać, że obecność stymulatora z dala od pola napromienianego nie zmniejsza ryzyka wystąpienia przejściowych zaburzeń pracy tego urządzenia podczas seansu napromieniania [12].

## WNIOSKI

1. Obecność rozrusznika serca u chorych onkologicznych nie powinna ograniczać leczenia przeciwnowotworowego. Planując radioterapię należy jedynie podjąć większe środki ostrożności i częściej monitorować takich pacjentów, aby zminimalizować ryzyko wystąpienia zaburzeń rytmu serca u chorych z ICP i ICD.
2. Postęp techniki prowadzący do coraz bardziej skomplikowanych generacji rozruszników serca wiąże się ze wzrostem wrażliwości tych urządzeń na promieniowanie jonizujące. Problem ten wydaje się istotny z uwagi na ciągły wzrost implantacji rozruszników serca w naszym kraju i jednoczesny wzrost zapadalności na nowotwory złośliwe.
3. Współpraca między ośrodkami kardiologicznymi i onkologicznymi powinna być standardem skojarzonej terapii w przypadku pacjentów onkologicznych z rozrusznikiem serca. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że coraz częściej radioterapeuta wspólnie z kardiologiem będą podejmować decyzje, czy można napromieniać takiego chorego.



## References/Piśmiennictwo:

1. Chudzik M, Cygankiewicz I, Lewek J i wsp.: Zastosowanie radioterapii u chorych z implantowanym stymulatorem lub defibrylatorem serca – punkt widzenia kardiologa. W: Postępowanie w powikłaniach sercowo-naczyniowych w raku piersi. Opolski G, Krzakowski M (red). Warszawa: Medical education; 2010,s. 185-203.
2. Sundar S, Symonds RP, Deehan C. Radiotherapy to patients with artificial cardiac pacemakers. *Cancer Treat Rev* 2005; 31: 474–486.
3. Ziółkowska E, Wiśniewski T, Zarzycka M i wsp.: Zastosowanie radioterapii u chorych ze stymulatorem serca Część I. Budowa i zastosowanie stymulatorów serca. *Wspolcz Onkol* 2008; 12(9): 395-399.
4. Solan AN, Solan MJ, Bednarz G i wsp.: Treatment of patient with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators during radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 3: 897-904.
5. Marbach JR, Sontag MR, Van Dyk J i wsp.: Management of radiation oncology patients with implanted cardiac pacemakers: report of AAPM Task Group No. 34. *American Association of Physicists in Medicine. Med Phys* 1994; 21(1): 85–90.
6. Ziółkowska E, Zarzycka M, Wiśniewski T i wsp.: Zastosowanie radioterapii u chorych ze stymulatorem serca Część II. Standardy napromieniania pacjentów ze stymulatorem serca – przegląd literatury. *Wspolcz Onkol* 2008; 12(9): 400-405.
7. Woźniak-Wiśniewska A, Sinkiewicz W, Ziółkowska E i wsp.: Radioterapia pacjenta ze stymulatorem serca. *Polski Przegląd Kardiologiczny* 2009; 11(4): 287-291.
8. Hurkmans CW, Scheepers E, Springorum BGF i wsp.: Influence of radiotherapy on the latest generation of implantable cardioverter-defibrillators *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 63(1): 282-289
9. Gelblum DY, Amols H. Implanted cardiac defibrillator care in radiation oncology patient population. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009; 73: 1525-1531.
10. Crossley GH, Poole JE, Rozner MA i wsp.: The Heart Rhythm Society (HRS)/American Society of Anesthesiologists (ASA) Expert Consensus Statement on the perioperative management of patients with implantable defibrillators, pacemakers and arrhythmia monitors: facilities and patient management this document was developed as a joint project with the American Society of Anesthesiologists (ASA), and in collaboration with the American Heart Association (AHA), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). *Heart Rhythm* 2011; 8(7): 1114-54.
11. Opolski G, Krzakowski M, Szmit S i wsp.: Rekomendacje Krajowego Zespołu Nadzoru Kardiologicznego i Onkologicznego dotyczące bezpieczeństwa kardiologicznego u chorych na raka piersi. Zapobieganie i postępowanie w powikłaniach sercowo-naczyniowych w raku piersi. *Kardiol Pol* 2011; 69, 5: 520–530.
12. Soejima T, Yoden E, Nishimura Y i wsp.: Radiation therapy in patients with implanted cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators: a prospective survey in Japan. *J Radiat Res* 2011;52(4):516-21.