

Od kilku lat na całym świecie obserwuje się ciągły wzrost liczby pacjentów ze stymulatorami serca wymagających radioterapii. W dostępnym piśmiennictwie można znaleźć dużo publikacji oceniających wpływ promieniowania jonizującego na pracę stymulatorów zarówno *in vitro*, jak i *in vivo* oraz zalecenia dotyczące monitorowania chorych z rozrusznikiem serca poddawanych radioterapii. Nadal brak jest oficjalnych zaleceń postępowania towarzystw onkologicznych z takimi chorymi, z wyjątkiem ogólnych wytycznych sformułowanych przez *American Association of Physicists in Medicine*. Wiele ośrodków onkologicznych w Polsce napromienia omawianą grupę pacjentów, stosując własne standardy postępowania, które nie zawsze są zgodne z zaleceniami *American Association of Physicists in Medicine*. Celem pracy jest sformułowanie szczegółowych wytycznych bezpiecznego leczenia energią promienistą pacjentów ze stymulatorem serca na podstawie dostępnego piśmiennictwa.

Słowa kluczowe: kardiowerter-defibrylator, stymulator, radioterapia.

Zastosowanie radioterapii u chorych ze stymulatorem serca

Część II. Standardy napromieniania pacjentów ze stymulatorem serca – przegląd literatury

Irradiating patients with a cardiac pacemaker

Part II. Guidelines of safe treatment of patients with a pacemaker during radiation therapy – a review of the literature

Ewa Ziółkowska¹, Małgorzata Zarzycka¹, Tomasz Wiśniewski¹,
Wiesława Windorbska², Aleksandra Meller²

¹Oddział Radioterapii I, Centrum Onkologii im. F. Łukaszczyka w Bydgoszczy

²Zakład Teleradioterapii, Centrum Onkologii im. F. Łukaszczyka w Bydgoszczy

Wstęp

Ponad 2 mln ludzi (w tym ok. połowa w Stanach Zjednoczonych), od noworodków do stulatków, używa sztucznych rozruszników serca i ich liczba ciągle się zwiększa. Rośnie także populacja osób chorujących na nowotwory i w związku z tym od kilku lat na całym świecie obserwuje się ciągły wzrost liczby pacjentów ze stymulatorami serca, którzy są poddawani radioterapii. Celem pracy jest przegląd dostępnego piśmiennictwa i sformułowanie szczegółowych zaleceń dotyczących kwalifikacji, planowania leczenia oraz monitorowania pacjentów ze stymulatorem serca poddawanych radioterapii [1–3].

Omówienie dostępnych badań

Istnieje dużo publikacji, w których badacze oceniają działanie promieniowania jonizującego na pracę tych urządzeń, zarówno *in vitro*, jak i *in vivo*. Każda kolejna generacja stymulatorów, a nawet zmiana jego oprogramowania, wywiera wpływ na wrażliwość urządzenia i modyfikuje reakcję na promieniowanie jonizujące. Przy porównywaniu wyników badań napotykamy na problemy związane z szeregiem różnic pomiędzy tymi doświadczeniami (typy, generacja i producent stymulatorów, dawka napromieniania).

Celem usystematyzowania obecnej wiedzy w tab. 1. przedstawiono krótki przegląd dostępnego piśmiennictwa z uwzględnieniem liczby testowanych stymulatorów i dawki, przy której nastąpiło nieodwracalne uszkodzenie urządzenia.

W większości badań przedstawionych w tab. 1. napromieniano rozruszniki serca do momentu, w którym przestały być całkowicie sprawne. Kilku autorów w szczegółowych analizach podaje informacje o przejściowych zaburzeniach w działaniu stymulatorów, które występowały już przy niższych dawkach. Z klinicznego punktu widzenia powinno się dążyć do napromieniania pacjenta dawką bezpieczną, to znaczy taką, która w żaden sposób (nawet przejściowy) nie zaburza pracy stymulatora serca.

Opisywane w literaturze badania *in vitro* polegały na napromienianiu rozruszników serca z otwartego pola. Dzięki temu zaoszczędzono czas napromieniania oraz łatwiej można było oszacować dawkę otrzymaną przez urządzenie w porównaniu z sytuacją, gdyby znajdowało się ono w obszarze promieniowania rozproszonego. Zakładano, że jonizujące skutki promienio-

We observe a continuous rise of the number of patients with a cardiac pacemaker who are exposed to irradiation. There are a lot of publications in which researchers evaluate the influence of ionizing radiation on function of these devices, both *in vitro* and *in vivo*, and give recommendations about monitoring patients with pacemakers during radiation therapy. Still there is a lack of official recommendations of proceeding with such patients except general recommendations from the American Association of Physicists in Medicine. Many Polish centres of oncology irradiate these patients with their own procedures. The aim of the study is to give detailed guidelines of the safe treatment of patients with a pacemaker during radiation therapy on the basis of a review of the accessible literature.

Key words: cardioverter-defibrillator, pacemaker, radiotherapy.

Tabela 1. Streszczenie dostępnych badań na temat stymulatorów serca
Table 1. Summary of available pacemaker's investigations

Autor	Rok	Dawka (Gy)	Liczba stymulatorów uszkodzonych/liczba badanych
stara generacja			
Hildner	1969	100–460	0/2
Waltz	1975	>300	0/5
nowa generacja			
Marbach	1978	>70	4/4
Adamec	1982	10–70	9/13
Maxted	1984	39–60	3/19
Yenselaar	1987	<13 <70	1/23 5/23
Rodriguez	1991	<50 fotonów <70 elektronów	8/17 4/6
Anelli-Monti	1992	20–96 (kobalt)	6/8
Ngu	1993	70	0/4
Wilm	1993	90–300	19/20
Souliman	1994	16–64 (dwukomorowe) 25–70 (jednokomorowe)	3/3 8/15
<i>in vivo</i>			
Katzenberg	1982	<36	1/1
Pourhamidi	1983	15	1/1
Quertermous	1983	22,07	1/1
Lewin	1984	19,8	1/1
Lee	1986	<40	1/1
Brooks	1988	<35	1/1
Mueller-Runkel	1990	6,2	0/1
Ngu	1993	0,5	0/1
Raitt	1994	0,9	1/1
Nibhanupudy	2001	<2	0/1

wania rozproszonego wywołują taki sam efekt na tym samym poziomie dawki jak bezpośrednie napromienianie [4].

Pierwsza praca dotycząca wpływu radioterapii na pracę stymulatorów serca jest autorstwa Hildnera i pochodzi z 1969 r. W badaniu tym użyto stymulatora starej generacji i napromieniano go na bombie kobaltowej do dawki całkowitej 100 Gy w 10 frakcjach. Urządzenie było sprawdzane po każdej frakcji. Kolejny rozrusznik serca napromieniano do dawki całkowitej 460 Gy, nie obserwując w obu przypadkach jakichkolwiek zaburzeń pracy stymulatorów. Opierając się na tych doświadczeniach, Hildner napromieniał chorego na raka płuca do dawki całkowitej 35 Gy w ciągu 3 tyg. Guz był zlokalizowany w pobliżu stymulatora. Nie zanotowano żadnych dysfunkcji urządzenia ani w trakcie, ani po radioterapii. Podobne rezultaty uzyskał Waltz w 1975 r. [1, 5].

Z końcem lat 70. do produkcji weszły stymulatory nowej generacji z potencjalnie bardziej czuły elementami elektronicznymi. Marbach jako pierwszy przetestował 4 rozruszniki tego typu, korzystając z 6 różnych aparatów do radioterapii generujących zarówno promieniowanie fotonowe, jak i elektronowe. Poważne uszkodzenia wystąpiły przy dawkach całkowitych pomię-

dzy 70 a 120 Gy. Wszystkie urządzenia uległy uszkodzeniu podczas radioterapii na betatronie. Jedno urządzenie doznało przejściowych dysfunkcji z powodu zaburzeń w polu elektromagnetycznym wywołanych pracą przyspieszacza liniowego. Trzeba podkreślić, że nieprawidłowości w pracy tego stymulatora były przejściowe, a od tego czasu dokonat się postęp w produkcji aparatów do radioterapii – obecnie ryzyko wynikające z zaburzeń pola elektromagnetycznego jest bardzo niewielkie. Autor pracy twierdził, że wykonywanie elektrokardiogramu podczas leczenia jest wystarczające, bo radioterapia pacjentów ze stymulatorem serca jest stosunkowo bezpieczna [6]. Przeciwstawne wnioski sformułował Adamec, który zalecał unikanie napromieniania pacjentów z rozrusznikiem serca. Obawy te wynikały z doświadczenia, w którym 12 stymulatorów typu *na żądanie* i 13 programowalnych rozruszników serca poddano radioterapii. Zaobserwowano umiarkowane zaburzenia pracy urządzeń typu *na żądanie*, natomiast 9 z 13 stymulatorów programowalnych uległo całkowitemu zniszczeniu. Dawki otrzymane przez urządzenia były zawarte między 10 a 70 Gy, a więc w zakresie dawek terapeutycznych [7]. Rodriguez w swoim doświadczeniu użył 23 stymulatorów oraz 4 kardiowerterów, które poddał radioterapii z wykorzystaniem promieniowania fotonowego lub elektronowego. Po przeanalizowaniu eksperymentu nie zauważył on żadnych istotnych różnic w promieniowrażliwości urządzeń w zależności od wykorzystania pola elektronowego lub fotonowego [8]. Anelli-Monti i Wilms zaobserwowali w swoich doświadczeniach zniszczenie urządzenia przy dawkach powyżej 20–40 Gy, natomiast niewielkie zaburzenia pracy stymulatorów występowały już przy dawce poniżej 10 Gy otrzymanej przez urządzenie [1, 9]. Katzenberg w 1982 r. jako pierwszy opisał przypadek dysfunkcji stymulatora nowej generacji *in vivo* – stymulator otrzymał dawkę 30–36 Gy, ponieważ znajdował się w polu napromienianym podczas radioterapii uzupełniającej po operacji raka sutka prawego. Uszkodzenie rozrusznika polegało na wystąpieniu nieprawidłowego rytmu – 300/min – i wymagało wymiany aparatu na nowy [10]. Pourhamidi podczas radioterapii raka przetyku zaobserwował trwałe uszkodzenie stymulatora, który nie był w polu napromienianym i otrzymał szacunkową dawkę ok. 5 Gy [11]. Opisywano przypadki groźnych zaburzeń rytmu nawet kilka tygodni po radioterapii [12, 13]. Raitt opisał przypadek, gdzie w trakcie radioterapii tarczycy z pól neutronowych wystąpiła tachykardia przy dawce 0,9 Gy [14].

Najnowsze badania

Rozruszniki serca ulegają ciągłym modyfikacjom. Każda zmiana, nawet tylko oprogramowania, ma wpływ na promieniowrażliwość urządzenia. Trudno więc odnosić się do badań na stymulatorach, których obecnie się nie stosuje. Z tego powodu w tab. 1. pominięto celowo 2 najnowsze badania autorstwa Hurkmans i wsp., aby je bardziej szczegółowo przeanalizować.

Pierwsze z badań zatytułowane *Wpływ radioterapii na ostatnią generację stymulatorów serca* zostało opublikowane 12 czerwca 2005 r. Testom poddano 19 stymulatorów z 4 różnych fabryk (Medtronic, Yitatron, Guidant, St. Jude

Medical). Wszystkie urządzenia były nowe, aby stan zużycia nie fałszował wyników. Rozruszniki miały zaprogramowaną maksymalną częstotliwość pracy jako 120 uderzeń/min, minimalną częstotliwość pracy jako 60 uderzeń/min, czas trwania impulsu 0,5 ms, amplituda impulsów 2,5 V, próg pobudzenia był zaprogramowany na najbardziej wrażliwy, w przybliżeniu 0,18 mV. Urządzenia napromieniano w temperaturze pokojowej, wykorzystując promieniowanie fotonowe o energii 6MV generowane z przyspieszacza liniowego. Aby odzwierciedlić warunki, jakie panują *in vivo*, stymulatory umieszczono na szczycie kilkucentymetrowego bloku zbudowanego z substancji o parametrach fizykochemicznych zbliżonych do wody. Z tego samego materiału wykonano specjalną kieszeń, w której umieszczono stymulator, a na wierzch położono dodatkową warstwę materiału tkanopodobnego. W pierwszym etapie urządzenia napromieniano w 7 rosnących frakcjach (0,5; 1; 1; 2,5; 2,5; 2,5; 10 Gy) do dawki całkowitej 20 Gy. Następnie rozruszniki zostały poddane dokładnym badaniom. W drugim etapie stymulatory napromieniano ponownie do dawki całkowitej 120 Gy lub całkowitego zniszczenia urządzenia w zależności od tego co pojawiło się pierwsze. Większość zaobserwowanych zaburzeń działania występowało przy dawce >20 Gy, w tym 7 aparatów uległo awarii przy dawce 120 Gy. Osiem urządzeń wykazywało przerwy w pracy podczas napromieniania z otwartego pola. Pięć stymulatorów nie wykazywało żadnych zaburzeń w działaniu [15].

W drugim badaniu zatytułowanym *Wpływ radioterapii na ostatnią generację kardiowerterów-defibrylatorów* przetestowano 11 nowych urządzeń typu ICD z 4 różnych fabryk. Wszystkie urządzenia były wprowadzone na rynek po 2000 r. i w trakcie badania były ciągle dostępne w sprzedaży. Z jednej fabryki pobrano 5 kardiowerterów tego samego typu, aby sprawdzić potencjalne różnice w promieniowrażliwości w obrębie tego samego modelu. Pozostałe warunki doświadczenia były podobne jak w badaniu ze stymulatorami serca. Większość kardiowerterów nie zawiodła przy dawce <80 Gy. Cztery urządzenia utraciły natomiast swoje funkcje przy dawce <2,5 Gy (2 urządzenia przy dawce 1,5 Gy oraz po jednym urządzeniu przy dawce 0,5 Gy i 2,5 Gy). Wszystkie stymulatory pochodziły od jednego producenta, ale 5. stymulator zepsuł się dopiero po otrzymaniu dawki >120 Gy. Tylko 2 urządzenia przetrwały do dawki całkowitej 20 Gy bez zaburzeń funkcji [16]. Podsumowując wyżej opisane badania, można zauważyć wyższą wrażliwość na promieniowanie urządzeń typu ICD nad standardowymi stymulatorami serca [16]. Autorzy wykazali podobieństwo w skutkach między napromienianiem fotonami i elektronami (przy założeniu, że urządzenia były bezpośrednio w polu napromienianym) [8]. Udowodnili, że napromienianie za pomocą betatronu zawsze prowadzi do uszkodzenia stymulatora [6]. Zauważyli zależność uszkodzenia stymulatora od dawki frakcyjnej – szybsze uszkodzenie stymulatorów przy wyższych dawkach frakcyjnych [17]. Badacze dowiedli, że uszkodzenia zależą także od szybkości podawania dawki – wysokie ryzyko uszkodzeń, gdy 8 Gy/min, niskie ryzyko, gdy 0,2 Gy/min [4].

Zalecenia producentów

Solan i wsp. [2] w celu oceny i usystematyzowania wytycznych dotyczących stymulatorów (ang. *implantable cardiac pacemakers* – ICPs) i implantowanych kardiowerterów-defibrylatorów (ang. *implantable cardioverter-defibrillators* – ICDs) oparli się na przeglądzie rekomendacji dla pacjentów uzyskanych z 3 głównych fabryk produkujących stymulatory (Medtronic, Guidant i St. Jude Medical).

Lokalizacja urządzenia

Wszyscy 3 producenci byli zgodni tylko w jednej sprawie – że stymulator nie powinien być w polu napromienianym, a jeśli zachodzi taka konieczność, to należy go przemieścić lub zamontować nowy rozrusznik poza polem napromienianym. Tylko fabryka Medtronic określiła, w jakiej najmniejszej odległości powinno się znaleźć urządzenie od brzegów pola (1 cal, czyli >2,5 cm).

Dawka graniczna

Również Medtronic określił dopuszczalną dawkę promieniowania jonizującego na urządzenie, która nie może przekroczyć 5 Gy dla ICPs i 1–5 Gy dla ICDs. Według St. Jude Medical największa dopuszczalna dawka wynosiła 20–30 Gy. Guidant uważał, że jeżeli stymulator znajduje się poza polem napromienianym, to podlega wyłącznie działaniu promieniowania rozproszonego, które oddziałuje z materią w sposób losowy, więc nie można określić dawki progowej.

Ostona stymulatora

Guidant zalecał unikanie osłon otowianych nad generatorem impulsów podczas leczenia ze względu na potencjalne nasilenie promieniowania rozproszonego. W przeciwieństwie do tego St. Jude Medical zalecał osłanianie stymulatora przez osłony otowiane, żeby zminimalizować efekt rozproszenia promieniowania podczas radioterapii. Medtronic nie miał żadnych zaleceń dotyczących używania osłon bezpośrednio nad generatorem.

Badania kontrolne pacjentów

Zalecenia fabryk odnośnie do badania chorych przed radioterapią, podczas i po niej bardzo się różniły. Medtronic zalecał badanie pacjenta po każdym seansie radioterapii, tylko gdy dawka całkowita na urządzenie przekroczy 5 Gy. Guidant polecał konsultację między radioterapeutą i kardiologiem przed początkiem leczenia, aby określić indywidualną częstotliwość i zakres badań kontrolnych. Zarówno Guidant i St. Jude Medical zalecały sprawdzenie działania stymulatora przed rozpoczęciem leczenia i sugerowały wyodrębnienie pacjentów, którzy są zależni od działania rozrusznika, gdyż oni wymagają większej uwagi. St. Jude Medical sugerował, że powinni oni mieć ciągły monitoring elektrokardiograficzny podczas pierwszego seansu radioterapii i jeżeli wykryje się jakiegokolwiek nieprawidłowości w pracy rozrusznika, to powinno się czasowo zastosować magnes nad urządzeniem podczas kolejnych frakcji radioterapii.

Postępowanie w ośrodkach onkologicznych Ameryki Północnej

Solan i wsp. [2] wysłali kwestionariusze do 87 radioterapeutów ze Stanów Zjednoczonych i Kanady, aby określić sposób postępowania z pacjentami ze stymulatorami w różnych ośrodkach radioterapii.

Dziewięć ośrodków (12%) nie miało określonych zasad postępowania odnośnie do napromieniania chorych ze stymulatorami. Tylko w 11 ośrodkach określono zasady postępowania w formie zapisu. W przypadku 15 ośrodków (20%) uważano, że postępują zgodnie z zaleceniami Amerykańskiego Stowarzyszenia Fizyków Medycznych z roku 1994.

Pojedyncze ośrodki nie napromieniały chorych ze stymulatorami, chyba że uzyskały pisemne oświadczenie od kogoś, że napromienianie takiego chorego jest całkowicie bezpieczne. Z 75 ośrodków tylko 26 (35%) miało wskazówki odnośnie do monitorowania podczas radioterapii, jakkolwiek w przypadku 7 ośrodków nie były one dokładnie określone. Dwa ośrodki wymagały monitorowania tylko w przypadku, jeżeli urządzenie było w polu napromieniania. Siedem ośrodków określiło, że chory powinien być badany (puls i ciśnienie tętnicze) przed każdą sesją i po niej. Następnich 5 ośrodków monitorowało puls u pacjentów tylko przed 1. lub 2. frakcją lub jeżeli były takie zalecenia od kardiologa. Trzy ośrodki wymagały monitorowania elektrokardiograficznego podczas 1. leczenia, 3 podczas kilku pierwszych frakcji, 1 ośrodek przed 1. i 3. leczeniem napromienianiem, 1 podczas 1. i ostatniego seansu, inny podczas całego seansu, jeżeli chory ma założony stymulator na żądanie i 1 ośrodek wymagał elektrokardiogramu tylko, jeżeli aparat był w polu napromienianym. W przypadku tych wszystkich ośrodków pacjent był obserwowany przez technika lub leka-

Tabela 2. Praktyka kliniczna w postępowaniu z pacjentami z ICP lub ICD podczas radioterapii

Table 2. Clinical practice patterns for management of patients with ICP or ICD during RT

Praktyczne wskazówki	N (%)
nie mają własnej polityki	9 (12)
pisemne rekomendacje	11 (15)
postępowanie zgodne ze wskazówkami wydanymi przez <i>American Association of Physicists in Medicine</i>	15 (20)
nienapromienianie chorych na betatronie	16 (21)
przeniesienie stymulatora poza pole napromieniane	43 (58)
konsultacja kardiologiczna	28 (37)
kontakt z fabryką produkującą stymulator	25 (33)
oszacowanie dawki na sprzęt przed rozpoczęciem radioterapii	32 (43)
pomiar dawki otrzymanej przez urządzenie	15 (20)
określenie limitu dopuszczalnej dawki na urządzenie	23 (32)
ochronianie sprzętu podczas radioterapii	3 (4)
monitorowanie chorego podczas radioterapii	26 (35)

Tabela 3. Zalecenia AAPM z 1994 r.
Table 3. AAPM recommendations, 1994

AAPM TG-34 1994
Nie należy leczyć chorych na betatronie.
ICP nie powinien być umieszczony w bezpośrednim polu wiązki terapeutycznej.
Oszacować absorbowaną dawkę przez ICP przed radioterapią.
Jeżeli całkowita dawka na ICP może przekroczyć 2 Gy, funkcja ICP powinna być sprawdzona przed leczeniem i w miarę możliwości na początku każdego tygodnia leczenia.
Pacjent powinien być dokładnie obserwowany podczas pierwszej frakcji napromieniania w celu wychwycenia jakiegokolwiek zakłócenia w pracy stymulatora.

rza podczas seansu radioterapii. Siedemnaście ośrodków (m.in. te, które postępowaly zgodnie z zaleceniami AAPM – *American Association of Physicists in Medicine*) wymagały ścisłej obserwacji podczas 1. sesji, 1 ośrodek wymagał ścisłej obserwacji podczas całego leczenia.

Zalecenia

Pierwsze zalecenia odnośnie do leczenia chorych ze stymulatorami były określone w 1989 r. jako nieformalne ustalenia przez *American Association of Physicists in Medicine*. Uaktualnienie tych danych nastąpiło w 1994 r. [4].

Powyższe zalecenia są zbyt ogólnikowe i niestety nie zawierają żadnych wskazówek odnośnie do radioterapii pacjentów z kardiowerterem-defibrylatorem. Z tego względu na podstawie dostępnej literatury i doświadczeń wielu ośrodków poniżej przedstawiono propozycje szczegółowych wytycznych przeznaczonych dla lekarzy radioterapeutów leczących chorych pacjentów z ICP i ICD.

Prowadzenie chorego przed radioterapią

1. Zidentyfikowanie pacjenta z ICP/ICD: należy ustalić dane dotyczące miejsca wszczęcia stymulatora (szpital, lekarz) i anatomiczną lokalizację aparatu.
2. Należy określić położenie stymulatora w stosunku do napromienianego pola; w przypadku umiejscowienia urządzenia w polu należy zmienić jego miejsce. Jeżeli jest to niemożliwe, założyć nowy stymulator poza polem, a istniejący dezaktywować.
3. Należy obliczyć sumaryczną dawkę z całego kursu radioterapii na rozrusznik na podstawie planu leczenia (dawka na stymulator jest dawką na każdą część urządzenia i nie jest dawką uśrednioną na całą objętość urządzenia). W przypadku dawki >2 Gy dla ICP lub >1 Gy dla ICD należy zmienić położenie aparatu.
4. Należy potwierdzić bezwzględną konieczność stymulatora na okres leczenia promieniami (konsultacja kardiologiczna, w której kardiolog ocenia aktualny stan stymulatora i informuje, czy praca serca pacjenta jest bezpośrednio zależna od działania stymulatora; dostarcza instrukcję dezaktywacji dla ICD, jeżeli jest taka konieczność).

5. Należy zakwalifikować pacjenta do określonej grupy ryzyka zgodnie z następującym podziałem:

- I niskie – pacjenci niezależni od stymulatora:
 - stymulator nie jest bezpośrednio w polu napromienianym,
 - dawka promieniowania rozproszonego na stymulator <2 Gy;
- II średnie – pacjenci zależni od stymulatora:
 - stymulator nie jest bezpośrednio w polu napromienianym,
 - dawka promieniowania rozproszonego na stymulator <2 Gy;
- III wysokie – pacjenci zależni od stymulatora:
 - stymulator nie jest bezpośrednio w polu napromienianym,
 - dawka promieniowania rozproszonego na stymulator > 2 Gy.

Ryzyko wysokie występuje zawsze, gdy stymulator znajduje się bezpośrednio w polu napromienianym (niezależnie od dawki, jaką może otrzymać).

Większość pacjentów ma rozrusznik zlokalizowany poza napromienianym polem, dlatego radykalna zmiana przepisanej dawki nie jest konieczna – precyzyjne planowanie leczenia może zmniejszyć możliwą dawkę promieniowania na stymulator. Najczęściej zalecana strategia w planowaniu leczenia to:

- dobór odpowiednich kątów głowy,
- wykorzystanie MLC i klinów,
- ostony otwierane, gdy mimo wszystko stymulator znajduje się blisko granicy pola (<2,5 cm),
- wybór odpowiedniej jakości i energii promieniowania, np. zastąpienie fotonów elektronami przy zmianach położonych powierzchniowo,
- zastosowanie wysokospecjalistycznych technik planowania, takich jak IMRT,
- w sytuacjach, gdy urządzenie otrzyma znaczącą dawkę, zalecana jest radioterapia z zapasowym zewnętrznym stymulatorem utrzymanym z dala od promieniowania.

6. W przypadku pacjentów ze średnim i wysokim ryzykiem należy rozważyć alternatywne sposoby leczenia, tj. chemioterapię, chirurgię, hormonoterapię, jeżeli mają odpowiednią wartość leczniczą i są możliwe do zastosowania u danego chorego.

Monitorowanie chorego w trakcie radioterapii

1. Każdy pacjent powinien mieć zbadany puls i ciśnienie tętnicze przed napromienianiem i po nim. Chorzy zależni od pracy stymulatora powinni mieć wykonane EKG podczas pierwszego seansu radioterapii.
2. Lekarz radioterapeuta powinien być obecny podczas pierwszej frakcji radioterapii i pilnie obserwować proces napromieniania w celu wychwycenia jakichkolwiek zakłóceń w pracy stymulatora. Zalecany jest wózek z defibrylatorem w bunkrze, łatwo dostępny, okresowo kontrolowany pod kątem sprawności technicznej. Najlepiej, gdy ośrodek dysponuje zespołem reanimacyjnym na telefon. Wskazana jest obecność specjalisty anestezjologa przy wprowadzeniu chorego na aparat terapeutyczny.
3. W trakcie pierwszego seansu radioterapii należy zmierzyć dawkę, jaką otrzymuje urządzenie i porównać ją z dawką oszacowaną przed leczeniem.

4. W przypadku konieczności dezaktywacji urządzenia ICD przed leczeniem, należy użyć magnesu, jeżeli takie są zalecenia kardiologa.
5. Dalsze prowadzenie pacjenta podczas radioterapii uzależnione jest od przynależności chorego do określonej grupy ryzyka:
 - niskie – elektrokardiogram bazowy + raz na tydzień, poinformowanie pacjenta o obowiązku zgłaszania niepokojących objawów, tj. kołatania, zawrotów głowy, zadyszki i innych objawów sercowo-oddechowych,
 - średnie – elektrokardiogram bazowy + raz na tydzień, badanie tętna i ciśnienia tętniczego po każdej frakcji, codzienny wywiad o niepokojące objawy,
 - wysokie – aktywny nadzór w trakcie napromieniania, np. kardiomonitor ustawiony poza bunkrem, kontrola u kardiologa raz na tydzień.

Kontrola chorego po radioterapii

W ciągu 2–4 tyg. po zakończonej radioterapii chory powinien odbyć wizytę kontrolną w poradni kardiologicznej (radioterapeuta pisemnie informuje kardiologa o zakończeniu radioterapii i dawce otrzymanej przez rozrusznik).

Pacjent powinien być uświadomiony o możliwości odroczonego uszkodzenia stymulatora po radioterapii, aby mógł natychmiast skorzystać z opieki lekarskiej w przypadku objawów dysfunkcji urządzenia.

Podsumowanie

Stosowanie radioterapii u chorych z wszczepionymi ICPs lub ICDs stanowi istotny problem diagnostyczny i terapeutyczny w praktyce lekarza onkologa. Pacjenci ze stymulatorem wymagają ścisłej kwalifikacji, precyzyjnego przygotowania do wprowadzenia na aparat terapeutyczny i monitorowania podczas leczenia przez specjalistę zarówno onkologa, jak i kardiologa, a także anestezjologa. Onkolog radioterapeuta kwalifikujący do leczenia energią promienistą pacjenta z rozrusznikiem serca powinien wykazać większą ostrożność i zastosować się do istniejących już wytycznych odnośnie do leczenia chorych ze stymulatorami określonych przez AAPM w 1994 r. Nie bez znaczenia na wybór strategii leczenia pozostają konkretne sytuacje kliniczne. Dlatego decyzja o radioterapii powinna być starannie przemyślana zarówno przez pacjenta, jak i lekarza.

Piśmiennictwo

1. Sundar S, Symonds RP, Deehan C. Radiotherapy to patients with artificial cardiac pacemakers. *Cancer Treatment Reviews* 2005; 31: 474-86.
2. Solan AN, Solan MJ, Bednarz G, et al. Treatment of patient with cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators during radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 3: 897-904.
3. Marbach JR. Recommended precautions in the management of radiation oncology patients with implanted pacemakers. *ASTRO Newsletter* 1989; VIII: 7-8.
4. Mouton J, Haug R, Bridier A, Dodinot B, Eschwege F. Influence of high-energy photon beam irradiation on pacemaker operation. *Phys Med Biol* 2002; 47: 2879-93.
5. Hildner FJ, Linhart JW, Poole DO. Irradiation of pulmonary tumor with overlying artificial cardiac pacemaker. *Radiology* 1969; 92: 148-9.
6. Marbach JR, Sontag MR, Van Dyk J, Wolbarst AB. 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: 85-90.
7. Adamec R, Haefliger JM, Killisch JP, Niederer J, Jaquet P. Damaging effect of therapeutic radiation on programmable pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 1982; 5: 146-50.
8. Rodriguez F, Filimonov A, Henning A, Coughlin C, Greenberg M. Radiation-induced effects in multiprogrammable pacemakers and implantable defibrillators. *Pacing Clin Electrophysiol* 1991; 14: 2143-53.
9. Last A. Radiotherapy in patients with cardiac pacemakers. *Br J Radiol* 1998; 71: 4-10.
10. Katzenberg CA, Marcus FI, Heusinkveld RS, Mammana RB. Pacemaker failure due to radiation therapy. *Pacing Clin Electrophysiol* 1982; 5: 156-9.
11. Pourhamidi AH. Radiation effect on implanted pacemakers. *Chest* 1983; 84: 499-500.
12. Lee RW, Huang SK, Mechling E, Bazgan I. Runaway atrioventricular sequential pacemaker after radiation therapy. *Am J Med* 1986; 81: 883-6.
13. Brooks C, Mutter M. Pacemaker failure associated with therapeutic radiation. *Am J Emerg Med* 1988; 6: 591-3.
14. Raitt MH, Stelzer KJ, Laramore GE, et al. Runaway pacemaker during high-energy neutron radiation therapy. *Chest* 1994; 106: 955-7.
15. Hurkmans CW, Scheepers E, Springorum BG, Uiterwaal H. Influence of radiotherapy on the latest generation of pacemakers. *Radiother Oncol* 2005; 76: 93-8.
16. Hurkmans CW, Scheepers E, Springorum BG, Uiterwaal H. Influence of radiotherapy on the latest generation of implantable cardioverter-defibrillators. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; 63: 282-9.
17. Maxted KJ. The effect of therapeutic X-radiation on a sample of pacemaker generators. *Phys Med Biol* 1984; 29: 1143-6.

Adres do korespondencji

dr med. **Ewa Ziótkowska**
 Oddział Radioterapii I
 Centrum Onkologii im. F. Łukaszczyka
 ul. I. Romanowskiej 2
 85-796 Bydgoszcz
 tel. +48 52 374 33 74
 e-mail: ziolkowskae@co.bydgoszcz.pl