

Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

1. Wstęp

Wzrost zachorowalności na nowotwory złośliwe powoduje konieczność szerszego stosowania radioterapii, również u pacjentów obciążonych kardiologicznie, którzy wymagają implantacji układu stymulującego serce. Obecnie czas przeżycia chorych na nowotwory złośliwe wydłuża się, więc populacja pacjentów ze symulatorem serca jest coraz częściej obserwowana w leczeniu onkologicznym. Wraz z rozwojem patofizjologii chorób serca nastąpił dynamiczny postęp w elektroterapii polegającej na inwazyjnym leczeniu niewydolności serca przy użyciu wewnątrzsercowych urządzeń stymulujących. Z tego względu pojęcie stymulatora serca nie jest tożsame z tym sprzed dekady. Współcześnie stosowane układy stymulujące serce mają szereg innowacyjnych funkcji i zapewniają długoletnią poprawę dolegliwości, a niejednokrotnie przedłużają życie chorym z zaburzeniami rytmu serca.

1.1. Budowa stymulatora serca

Sztuczny rozrusznik serca (stymulator, kardiostymulator; ang. *pacemaker*) to wszczepione do organizmu urządzenie, które ma przeciwdziałać patologicznej czynności elektrycznej serca. Stosowany jest w sytuacjach, gdy układ bodźco-przewodzący serca nie działa prawidłowo. Warunkiem koniecznym do implantacji stałego rozrusznika serca jest występowanie zaburzeń rytmu, które cechują się nieodwracalnością, niosą poważne zagrożenia dla życia lub zdrowia pacjenta oraz powodują dokuczliwe objawy.

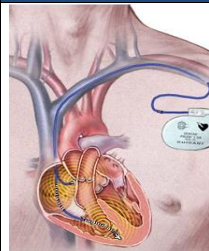
Implantowany układ stymulujący serca składa się z:

- **generatora impulsów**, umieszczonego w hermetycznie zamkniętym pojemniku. Znajdują się tu układy elektroniczne, sterujące pracą urządzenia oraz bateria. Kieszeń podskórna, w której wszczepia się stymulator, wytwarzana jest nad mięśniem piersiowym większym, z reguły w okolicy podobojczykowej lewej (wyjątkowo w prawej okolicy podobojczykowej lub okolicy przedmostkowej).
- **elektrod**, które łączą generator impulsów z endokardium. Służą zarówno do odczytywania sygnałów pochodzenia sercowego jak i do przekazywania impulsów wytworzonych w generatorze do serca. Kardiowertery - defibrylatory mogą dodatkowo wysyłać do serca energię potrzebną do wywołania wewnątrzsercowej kardiowersji lub defibrylacji.

1.2. Podział stymulatorów serca

Wewnątrzsercowe urządzenia stymulujące dzielą się na:

- **właściwe stymulatory serca (ICP- implantable cardiac pacemakers)** - służą do leczenia zaburzeń rytmu z wolną czynnością komór (np. bradykardia, choroba węzła zatokowego, bloki przedsinkowo-komorowe). Ich praca polega na zastępowaniu funkcji układu bodźcowo-przewodzącego serca
- **kardiowertery-defibrylatory (ICD- implantable cardioverter-defibrillators)** – służą do leczenia zaburzeń rytmu z szybką czynnością komór (np. częstoskurcz komorowy, migotanie komór, stan po nagłym zatrzymaniu krążenia). Ich praca polega na ciągłej detekcji pracy serca i w przypadku zidentyfikowania groźnej dla życia arytmii urządzenia te dokonują wewnątrzsercowej kardiowersji lub defibrylacji.
- **urządzenia do resynchronizacji serca (CRT- cardiac resynchronization therapy)** – służą do leczenia w zaawansowanej niewydolności serca odpornej na farmakoterapię, przy współistniejących zaburzeniach przewodzenia śród- i międzykomorowego. Ich praca polega na wywołaniu przesunięcia czasowego pomiędzy skurczem prawej i lewej komory serca (praca asynchroniczna), co poprawia napętnienie lewej komory i zwiększa frakcję wyrzutową serca.



Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

1.3. Oddziaływanie promieniowania jonizującego stosowanego w radioterapii na pracę stymulatorów serca

Pacjenci poddani radioterapii znajdują się pod wpływem dwóch rodzajów promieniowania:

- **promieniowanie elektromagnetyczne niejonizujące**, czyli rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego o charakterze fali poprzecznej, w której składowa elektryczna i magnetyczna są prostopadłe do siebie i kierunku ruchu oraz nawzajem się przekształcają. Źródłem promieniowania jest drgający lub przyspieszany ładunek elektryczny, czyli w przypadku akceleratorów jest to głównie klistron lub magnetron (urządzenia odpowiedzialne za przyspieszenie ładunku elektrycznego). Największe natężenie tego promieniowania obserwuje się w momencie włączania i wyłączania się przyspieszacza liniowego. Stymulator serca może odbierać zaburzenia pola elektromagnetycznego, jako potencjał z mięśnia sercowego, co może skutkować następującymi nieprawidłowościami w pracy tych urządzeń: zaburzenia detekcji pod postacią *oversensing*, blok wyjścia, stymulacja ze stałym rytmem lub bardzo rzadko przeprogramowanie urządzenia. Większość wyżej wymienionych zaburzeń jest przejściowa i samoistnie ustępuje po wyłączeniu pola elektromagnetycznego. Dodatkowo można im zapobiec przez odpowiednie zaprogramowanie stymulatora. Konstrukcja aktualnie stosowanych nowoczesnych akceleratorów liniowych została w ciągu ostatnich lat udoskonalona, co znacznie zmniejszyło emisję promieniowania elektromagnetycznego. W związku z tym proponuje się, aby nie uwzględniać wpływu tego promieniowania, jako możliwej przyczyny zaburzenia pracy stymulatora serca. Odmienna sytuacja jest z kardiowerterami, które są około 5-10 razy czulsze na wpływ zewnętrznego pola elektromagnetycznego. Dlatego u niektórych chorych zaleca się wyłączenie funkcji przeciwyrtmicznej urządzenia przed wprowadzeniem na aparat terapeutyczny, aby nie doszło do przypadkowego wyłączenia w trakcie napromieniania.

- **promieniowanie jonizujące**, które oddziałując z materią powoduje powstanie w niej jonów.

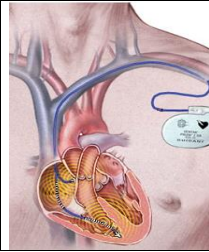
Aktualnie stosuje się 2 zasadnicze rodzaje tego promieniowania:

a) *korpuskularne, inaczej cząsteczkowe* – w radioterapii wykorzystuje się głównie promieniowanie β – (elektrony) wytwarzane w przyspieszaczach liniowych,

b) *elektromagnetyczne (fotonowe), w postaci:*

- promieniowania γ powstającego na skutek rozpadu jąder pierwiastków promieniotwórczych w aparatach do brachyterapii lub bombie kobaltowej,
- lub promieniowania typu rentgenowskiego powstającego w przyspieszaczach liniowych.

Wpływ promieniowania jonizującego na pracę stymulatorów 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. Ich podzespoły są oparte na krzemie, który pod wpływem promieniowania jonizującego traci elektrony z powłok kowalencyjnych, co może skutkować zaburzeniami w pracy całego układu elektronicznego. Najczęściej obserwowano zmianę częstości pracy urządzenia, ale występowały także zaburzenia w pamięci urządzenia objawiające się przeprogramowaniem lub zresetowaniem ustawionych parametrów (szczególnie w kardiowerterach – defibrylatorach), a nawet całkowite zaprzestanie działania stymulatora. W przeciwieństwie do promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego skutki promieniowania jonizującego są często nieodwracalne i podlegają kumulacji. Z tego względu wszystkie dostępne zalecenia odradzają radioterapię z rozrusznikiem serca w polu napromienianym. Trzeba jednak pamiętać, że nawet w sytuacjach, gdy stymulator znajduje się poza polem napromienianym, urządzenie może podlegać wpływom promieniowania rozproszonego oraz przecieku promieniowania przez osłony. Taką możliwość należy zawsze mieć na uwadze i uwzględnić przy planowaniu leczenia.



Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

2. Zasady kwalifikowania pacjentów z układem stymulującym serce do radioterapii

Kwalifikację pacjenta do radioterapii należy przeprowadzić w gabinecie/poradni radioterapii.

2.1. Na podstawie wywiadu i badania pacjenta, danych z książeczki stymulatora i kart informacyjnych z leczenia szpitalnego:

- ustalić miejsce i czas zabiegu wszczęcia stymulatora (szpital, lekarz) oraz producenta urządzenia
- zidentyfikować anatomiczną lokalizację aparatu
- określić położenie stymulatora w stosunku do planowanego obszaru napromieniania
 - poza polem – urządzenie z dala od pola napromienianego
 - w pobliżu pola – urządzenie (generator lub elektrody) częściowo w polu lub w odległości 5 cm od granic pola
 - w polu – urządzenie (generator lub elektrody) w większości objęte polem napromienianym

2.2. Określić cel planowanej radioterapii:

- radykalny (obecność układu stymulującego serce nie jest argumentem do dyskwalifikacji pacjenta z leczenia radykalnego).
- paliatywny (u większości pacjentów ze stymulatorem poza polem napromienianym można przeprowadzić bezpiecznie radioterapię paliatywną).

2.3. Kwalifikacja pacjenta do radioterapii powinna być ostrożna w przypadku:

- obecności stymulatora w polu napromienianym
- szacowanej dawki na generator impulsów > 2Gy

W obu powyższych sytuacjach należy rozważyć inne metody leczenia (chemioterapia, hormonoterapia, leczenie objawowe).

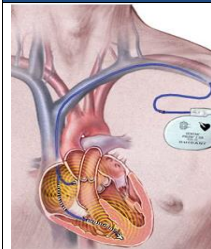
Nie należy napromieniać pacjentów z ICD/CRT w polu napromienianym z oszacowanym czasem przeżycia poniżej 1 roku.

2.4. Pacjentów zakwalifikowanych wstępnie do radioterapii skierować na konsultację kardiologiczną w celu uzyskania następujących informacji dotyczących stymulatora:

- aktualny stan baterii i podstawowe funkcje urządzenia
- zależność pacjenta od pracy stymulatora lub określenie stymulatorozależności pacjenta
- ocena konieczności wyłączenia funkcji przeciwwarcyjnej (dotyczy ICD)
- możliwość przemieszczenia stymulatora poza planowane pole napromieniane w przypadku lokalizacji urządzenia w obszarze terapeutycznym
- termin wizyty kontrolnej po radioterapii

W skierowaniu należy podać:

- cel planowanego leczenia (paliatywny/radykalny)
- lokalizację urządzenia względem pola napromienianego (w polu/w pobliżu pola/poza polem)
- szacowaną dawkę na generator impulsów (powyżej /poniżej 1-2 Gy)



Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

Strona
4 z 7

3. Zasady planowania radioterapii u pacjentów z układem stymulującym serce

Planowanie leczenia w tej grupie pacjentów uzależnione jest od położenia układu stymulującego serce względem obszaru napromienianego:

stymulator poza polem napromienianym – planowanie leczenia tak jak u pacjentów bez układu stymulującego serce

stymulator w pobliżu lub w polu napromienianym:

- radioterapia radykalna: planowanie leczenia w oparciu o tomografię komputerową zakres skanów z tomografii powinien obejmować cały układ stymulujący serce (stymulator + elektrody)
- radioterapia paliatywna w oparciu o symulację wirtualną

3.1. Określenie objętości dodatkowych narządów krytycznych:

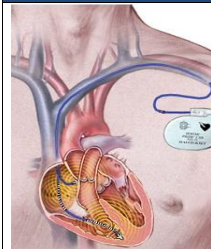
- **generator** impulsów
- **elektrody**; w przypadku obecności elektrod w polu napromienianym można wyodrębnić elektrody wewnątrzsercowe jako osobną strukturę, z uwagi na ich potencjalną, większą wrażliwość na pracę przyspieszacza liniowego niż odcinków elektrod położonych poza sercem

3.2. Optymalizacja planu leczenia

- dążyć do minimalizacji dawki na układ stymulujący (generator + elektrody) poprzez:
 - odpowiedni skręt głowicy/kolimator
 - zastosowanie klinów
 - wykorzystanie MLC i osłon
 - zaawansowane techniki napromieniania - IGRT, ewentualnie IMRT
 - zastąpienie fotonów elektronami przy zmianach położonych powierzchniowo
- skrócić czas frakcji i całkowity okres leczenia; preferowane leczenie z jak najmniejszą liczbą wiązek i jak najmniejszą liczbą frakcji (hipofrakcjonowanie)
- w przypadku ICD wykorzystywać wyłącznie energię <10MV
- obliczyć sumaryczną dawkę z całego kursu radioterapii na rozrusznik (generator + elektrody).

3.3. Akceptacja planów leczenia.

- ocenić dawkę graniczną w układzie stymulującym serce wg tabeli :



Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

Strona
5 z 7

Tabela 1. Dawki graniczne

	dawka optymalna	dawka dopuszczalna
ICP		
generator	<2 Gy	< 5Gy
elektrody	<2 Gy	< 30 Gy
ICD		
generator	<1Gy	< 2Gy
elektrody	<1Gy	<10Gy
CRT		
generator	<1Gy	< 1Gy
elektrody	<1Gy	<10Gy

- w przypadku przekroczenia dawki optymalnej pacjent zostaje zakwalifikowany do grupy wysokiego ryzyka popromiennego uszkodzenia układu stymulującego
- w sytuacji, gdy dawka na stymulator będzie wyższa od dawki dopuszczalnej należy rozważyć (z kardiologiem oraz pacjentem) dwie możliwości postępowania:
 - przełożenie stymulatora poza planowane pole napromieniane przed rozpoczęciem radioterapii
 - napromienianie pacjenta pod ścisłą kontrolą kardiologa, a następnie wymiana stymulatora po zakończeniu radioterapii

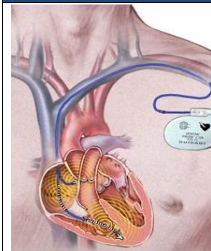
3.4. Kwalifikacja pacjenta do grupy ryzyka popromiennego uszkodzenia układu stymulującego serca wg tabeli 2

Tabela 2. Grupy ryzyka uszkodzenia popromiennego układu stymulującego serca

niskie ryzyko	pacjent stymulatoroniezależny ICP poza polem napromienianym
pośrednie ryzyko	ICP w polu lub w pobliżu pola napromienianego ICD/CRT poza polem napromienianym
wysokie ryzyko	ICD/CRT w polu lub w pobliżu pola napromienianego przekroczenie dawek granicznych

3.5. Przygotowanie do napromieniania

- po akceptacji planów leczenia powiadomić zespół anestezjologiczny o planowanym terminie rozpoczęcia radioterapii
- przed rozpoczęciem leczenia wykonać pacjentowi elektrokardiogram spoczynkowy



Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

4. Monitorowanie pacjentów z układem stymulującym serce .

4.1. Pierwszy seans terapeutyczny

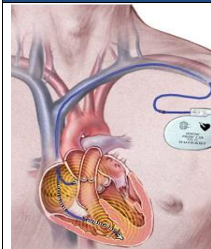
- założyć pulsoksymetr na palec pacjenta celem ciągłej obserwacji pracy serca podczas seansu radioterapii
- wykonać dozymetrię *in vivo* z okolicy generatora impulsów
- podczas pierwszego seansu radioterapii poza obecnością lekarza radioterapeuty u pacjentów z grupy pośredniego i wysokiego ryzyka uszkodzenia popromiennego układu stymulującego serce wymagany jest nadzór zespołu anestezyjologicznego z zestawem do reanimacji
- w przypadku ICD/CRT :
 - zaleca się nadzór kardiologa podczas pierwszego seansu radioterapii
(nadzorowane wyłączenie funkcji przeciwartrymicznej)
 - w sytuacji braku możliwości spełnienia tego warunku istnieje konieczność posiadania specjalnego magnesów , w celu szybkiego odłączenia stymulatora w wypadku wystąpienia zakłóceń w pracy układu (przyłożenie magnesów w okolicę obudowy urządzenia)
 - należy poinformować pacjenta o konieczności podniesienia ręki w przypadku wystąpienia objawów ostrzegawczych (duszność, zawroty głowy, kołatanie, kłujący ból w okolicy przedsercowej) podczas napromieniania.

4.2 .Monitorowanie w trakcie leczenia

- technicy radioterapii:
- codzienna obserwacja wizualna pacjenta podczas napromieniania
- 1x/ tydzień - dozymetria *in vivo* z okolicy generatora impulsów
- pielęgniarki:
- grupa niskiego ryzyka – codzienny pomiar tętna i ciśnienia tętniczego przed i po seansie radioterapii
- grupa pośredniego i wysokiego ryzyka – codzienny pomiar tętna i ciśnienia tętniczego przed i po seansie radioterapii oraz aktywny wywiad odnośnie wystąpienia objawów ostrzegawczych po seansie radioterapii
- onkolog radioterapeuta:
- grupa niskiego ryzyka – co tygodniowa ocena odczynów popromiennych
- grupa pośredniego i wysokiego ryzyka – cotygodniowa ocena odczynów popromiennych oraz elektrokardiogram 1x/tydzień
- kardiolog:
- w szczególnych przypadkach zakwalifikowanych przez kardiologa

4.3.Kontrola po zakończonym leczeniu

- onkolog radioterapeuta:
- po zakończonej radioterapii poinformowanie pacjenta o możliwości odroczonego uszkodzenia stymulatora , aby był świadomy ryzyka i mógł natychmiast skorzystać z opieki lekarskiej w przypadku objawów dysfunkcji urządzenia.
- okresowe kontrole zgodnie z wytycznymi dla poszczególnych lokalizacji nowotworu
- kardiolog:
- pierwsza kontrola pracy stymulatora w ciągu 4-6 tygodni od zakończenia leczenia
- kolejne wizyty zgodnie z zaleceniem specjalisty



Wytyczne leczenia promieniami jonizującymi pacjentów z układem stymulującym serce

Strona
7 z 7

5. Algorytm postępowania z pacjentami posiadającymi układ stymulujący serce zakwalifikowanymi do radioterapii

