

BRACHYTERAPIA OGÓLNA

Dr hab. n. med. Janusz Skowronek,
Kierownik Zakładu Brachyterapii Wielkopolskiego Centrum Onkologii.

1. Wprowadzenie.

Brachyterapia (*brachy*, z greckiego - z bliska) jest jedną z metod radioterapii nowotworów. Wykorzystuje się w niej energię fotonów lub cząstek pochodzącą z rozpadu izotopów promieniotwórczych umieszczanych w guzie lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Ze względu na sposób emisji promieniowania możemy podzielić metody radioterapii na dwie grupy:

- 1) **Teleradioterapię**, inaczej radioterapię wiązkami zewnętrznymi, powstającymi w przyspieszaczach liniowych, gammatronach, cyklotronach, betatronach emitujących promieniowanie fotonowe oraz cząstkowe,
- 2) **Brachyterapię**, inaczej curieterapię (od nazwiska Marie Skłodowskiej-Curie).

Współczesne **wskazania do brachyterapii** obejmują obecnie leczenie nie tylko nowotworów złośliwych. Możemy wśród nich wskazać:

- 1) Leczenie nowotworów złośliwych,
- 2) Leczenie innych chorób:
 - a. układu krążenia: stenozy „*de novo*”, restenozy tętnic obwodowych oraz stenozy „*de novo*”, restenozy tętnic wieńcowych,
 - b. leczenie keloidu, choroba Rendu – Oslera,
 - c. leczenie nadczynności tarczycy,
 - d. leczenie czerwienicy prawdziwej, trombocytozy,
 - e. leczenie chorób gałki ocznej – profilaktyka rozrostu naczyń po transplantacji rogówki,
 - f. uzupełniająco po usunięciu pterygium (skrzydlika).

Brachyterapia może być stosowana jako:

- 1) Samodzielne leczenie radykalne,
- 2) Jako część skojarzonego leczenia radykalnego razem z chirurgią i/lub teleradioterapią,
- 3) Jako samodzielne leczenie paliatywne,
- 4) Jako część skojarzonego leczenia paliatywnego razem z chirurgią i/lub teleradioterapią,
- 5) Jako brachyterapia ratunkowa.

2. Historia brachyterapii.

Brachyterapia zaczęła rozwijać się pod koniec XIX wieku po odkryciu pierwszych pierwiastków promieniotwórczych, jej początek zbiegł się nieomal równocześnie z odkryciem przez Wilhelma Roentgena promieniowania X w 1895 roku.

Najważniejsze wydarzenia przedstawiono chronologicznie:

1896 - odkrycie naturalnego promieniowania uranu (Becquerel),

1898 - odkrycie radu (Piotr i Maria Curie),

1901 - 1903 – pierwsze doniesienia o zastosowaniu radu w brachyterapii – Abbe (Nowy York) i Strebel (Monachium) – leczenie raka skóry, keloidu,
1905 - rozwinięcie śródtkankowej brachyterapii, założenie Instytutu Radowego w Manchester,
1909 - zastosowanie tubek radowych w ginekologii,
1914 - 1918 – rozwój brachyterapii w szpitalach Radium Hemmet (Stockholm), Memorial Hospital (New York), Radium Institute (Paris),
1914 - opracowanie zasad planowania leczenia - systemu Sztokholmskiego,
1919 - opracowanie zasad planowania leczenia - systemu Paryskiego,
1934 - opracowanie zasad planowania - systemu Manchesterskiego, zasad Patersona – Parkera (zasady implantacji izotopów, sposób obliczania dawki – podstawowych założeń, które legły u podstaw współczesnej brachyterapii),
1934 - wykrycie sztucznej promieniotwórczości (Irena i Frederic Joliot-Curie).
Można określić lata 1920 – 1955 jako okres dominacji **radu** stosowanego przede wszystkim w ginekologii, przez chirurgów i patologów. Okres ten charakteryzował się brakiem technicznych możliwości obliczania dawki promieniowania, niedoskonałymi metodami dozymetrii. Wyniki leczenia były często dalekie od oczekiwań.
Postęp nastąpił w latach **50 – tych** kiedy odkryto i zaczęto stosować sztuczne pierwiastki promieniotwórcze w brachyterapii nowotworów złośliwych. Szczególne znaczenie miało odkrycie izotopów **Irydu, Jodu i Cezu**.
1953 - opracowano podstawy bezpromiennego ładowania źródeł („afterloadingu”, Haenschke i Hilaris) oraz zasady leczenia źródłami promieniotwórczymi o wysokiej mocy dawki.
1956 - odkrycie **Irydu 192**, obecnie podstawowego izotopu promieniotwórczego stosowanego w brachyterapii.
Dla rozwoju brachyterapii istotne znaczenie miało skonstruowanie oraz wprowadzanie do leczenia kolejnych generacji nowoczesnych aparatów do brachyterapii:
1964 - Cathetron (Co-60),
1964 - Gammamed I (Iryd-192), II (1976),
1979 - Gammamed [High Dose Rate],
1983 - Gammamed III - 12 kanałów,
1991 - Gammamed 12i [do brachyterapii pulsacyjnej, Pulsed Dose Rate].
2006 – Microselectron HDR /PDR

W latach 50 – tych, 60 – tych, 70 – tych teleradioterapia rozwijała się szybciej w porównaniu z brachyterapią ze względu na postęp w budowie aparatury (przyspieszacze liniowe) i rozwój technik napromieniania wiązkami zewnętrznymi.

Brachyterapia straciła na znaczeniu przede wszystkim z powodu trudności w zapewnieniu ochrony radiacyjnej personelowi.

Wykrycie nowych izotopów promieniotwórczych, doskonalenie systemów komputerowych przy znacznym zmniejszeniu narażenia personelu na promieniowanie spowodowało renesans brachyterapii aż do lat 90-tych, kiedy możemy mówić o bardzo szybkim rozszerzaniu wskazań do brachyterapii nowotworów złośliwych oraz innych chorób.

Efektom tego jest wprowadzenie do użytku aparatów do brachyterapii opartych na zasadach bezpromiennego ładowania źródeł („afterloading”) oraz wykorzystujących niewielkie źródła mieszczące się w specjalnych aplikatorach. Ponadto wprowadzono do praktyki klinicznej systemy komputerowe umożliwiające planowanie trójwymiarowe i dokładne odzwierciedlenie rozkładu dawki w obszarze leczonym oraz narządach krytycznych. Innym powodem opracowania nowych metod brachyterapii była chęć zapewnienia lepszej ochrony radiobiologicznej pacjentowi oraz personelowi leczącemu.

Na rycinie 1 przedstawiono microselectron HDR (High Dose Rate), na rycinie 2 komputerowy system planowania leczenia PLATO.



Rycina 1. Microselectron HDR.

Rycina 2. System planowania brachyterapii – PLATO.

W tabeli 1 przedstawiono najważniejsze właściwości izotopów promieniotwórczych najczęściej stosowanych w brachyterapii (metoda stosowania, średnia energia, czas półrozpadu).

Tabela 1. Izotopy promieniotwórcze najczęściej stosowane w brachyterapii.

Izotop promieniotwórczy	Metoda stosowania	Średnia energia promieniowania	Czas półrozpadu
Ir¹⁹²	(PDR, HDR)	0,397 MeV	T= 73,8 dni
Co⁶⁰	(HDR)	1,25 MeV	T = 5,26 lat
Cs¹³⁷	(LDR, HDR)	0,662 MeV	T = 30,3 lat
Tantal¹⁸²	(LDR)	0,07-1,23 MeV	T = 115 dni
Rad²²⁶	(LDR)	0,19-2,43 MeV (0,83)	T = 1626 lat
Itr⁹⁰	(LDR)	2,24 MeV	T = 2,5 dnia
J¹³¹		0,61 MeV (beta)	T = 8 dni
P³²		0,35 MeV (gamma)	
Stront⁸⁹		1,7 MeV (beta)	T = 14,3 dni
J¹²⁵	(implanty stałe)	1,46 MeV (beta)	T = 50,6 dni
Paladium¹⁰³	(implanty stałe)	0,028 MeV	T = 59,6 dni
Au¹⁹⁸	(implanty stałe)	0,02 MeV	T = 17 dni
Ruthenium¹⁰⁶		0,412 MeV	T = 2,7 dnia
Stront⁹⁰ / Itr⁹⁰		2,07 – 3,63 MeV (beta)	T = 368 dni
Radon²²²		2,24 MeV (beta)	T = 28,9 lat
Californ²⁵²		0,83 MeV	T = 3,8 dni

3. Zasady, metody brachyterapii.

3.1. Podstawowe zasady stosowania brachyterapii.

- 1) Efektem umieszczenia izotopu promieniotwórczego w obrębie guza lub jego otoczeniu jest możliwość precyzyjnej koncentracji wysokiej dawki promieniowania w bezpośrednim sąsiedztwie izotopu – w większym stopniu niż przy użyciu napromieniania wiązkami zewnętrznymi.

- 2) Podwyższa to odsetek wyleczalności miejscowej nowotworu, ponadto ze względu na fizyczne właściwości promieniowania (spadek natężenia dawki proporcjonalnie z kwadratem odległości od źródła) umożliwia lepszą ochronę otaczających zdrowych tkanek, w tym ważnych narządów krytycznych dla organizmu.
- 3) Warunkiem uzyskania tego efektu jest dostępność guza (możliwość założenia aplikatora) oraz jego znana, z reguły niewielka wielkość.
- 4) Implantacja aplikatorów często wymaga wykonania różnych zabiegów, takich jak - bronchoskopia, gastroscopia, resekcja guza, craniotomia, laparotomia połączona z częściową resekcją guza lub z implantacją aplikatorów, itp.
- 5) W przeciwieństwie do teleradioterapii brachyterapia jest często metodą inwazyjną, wymaga implantacji aplikatorów w znieczuleniu miejscowym lub ogólnym.

3.2. Metody brachyterapii.

Ze względu na sposób umieszczenia izotopu dzieli się brachyterapię na:

- 1) **Śródtkankową** - stosowaną w leczeniu nowotworów jamy ustnej, gardła, wargi, skóry, prącia, cewki moczowej, pęcherza moczowego, gruczołu krokowego, piersi, mózgu, mięsaków, trzustki, sromu,
- 2) **Śródjamową** (plesiobrachytherapy) – stosowaną w leczeniu nowotworów szyjki macicy, trzonu macicy, pochwy, oskrzela, tchawicy, przełyku, dróg żółciowych. Do metody tej zalicza się również podawanie izotopu jodu¹²⁵ doustnie w niektórych postaciach raka tarczycy, izotopu złota⁹⁸ dopęcherzowo w raku pęcherza moczowego.

Brachyterapia śródjamowa dzieli się na:

- 1) **Wewnątrzprzewodową** (intraluminal) – nowotwory przełyku, oskrzela, dróg żółciowych,
- 2) **Wewnątrzjamową** (intracavitary) – nowotwory szyjki macicy, trzonu macicy,
- 3) **Wewnątrznaczyniową** (endovascular) – restenozy tętnic wieńcowych, obwodowych,
- 4) **Powierzchniową** (surface) – nowotwory skóry.

Ze względu na czas pozostawiania źródeł w obrębie tkanek dzielimy brachyterapię na:

- 1) **stałą (implanty stałe)** - (jod¹²⁵ - rak prostaty, guzy mózgu, trzustki), paladium¹⁰³ – rak prostaty, złoto⁹⁸ - rak pęcherza, radon²²², cez¹³¹ – rak prostaty),
- 2) **czasową** - (pozostałe izotopy).

Ze względu na aktywność źródła (moc dawki) brachyterapię dzieli się na:

- | | | |
|----------------------------------|------------------|------------------------------------|
| 1) LDR (Low Dose Rate) | 1-2 mCi/cm | (0,4-2 Gy /h) |
| 2) PDR (Pulsed Dose Rate) | 1 Ci/cm | (0,5-1 Gy/h) |
| 3) MDR (Medium Dose Rate) | 100 mCi/cm | (2-12 Gy/h) (metoda historyczna) |
| 4) HDR (High Dose Rate) | 10 Ci/cm. | (>12 Gy /h) |
| 5) Ultra LDR | (stałe implanty) | (0,01-0,3 Gy/h) |

Ze względu na sposób aplikacji brachyterapię dzieli się na:

- 1) **Klasyczną, konwencjonalną** (ręczny „afterloading”).
- 2) **„Remote Afterloading”**.

Termin „afterloading” oznacza „bezpromieniowe” przygotowanie zabiegu poprzez wprowadzenie aplikatorów (cewników, przewodnic) służących następnie do automatycznego

wprowadzenia źródeł, radiologiczną kontrolę ich rozmieszczenia, zaprojektowanie planu leczenia z następczym zdalnym automatycznym lub manualnym ładowaniem źródeł. Takie postępowanie pozwala na precyzyjne rozmieszczenie źródeł, co jest bardzo istotne dla uzyskania pożądanego rozłożenia mocy dawki oraz ograniczenie lub eliminację narażenia personelu i otoczenia na promieniowanie.

Postęp technologiczny istotnie wpłynął na udoskonalenie metod brachyterapii. W szczególności umożliwił:

1. przestrzenną, trójwymiarową rekonstrukcję guza wraz z założonymi przewodnikami przy pomocy tomografii komputerowej, radiogramów, obrazów NMR lub USG,
2. wprowadzenie techniki niewielkiego, pojedynczego źródła przesuwanego się w aplikatorach,
3. metodę „afterloadingu” umożliwiającą zastosowanie indywidualnego rozkładu dawki i automatyczną optymalizację rozkładu dawki i czasu leczenia.

Pozwala to na dokładne określenie obszaru do leczenia (nowotworu, łoży guza po jego usunięciu) oraz rozkładu dawki w narządach krytycznych.

3.3. Metody brachyterapii

3.3.1. Brachyterapia LDR, brachyterapia z użyciem źródeł o niskiej mocy dawki.

Aktywność źródła: 1-2 mCi/cm, moc dawki: <2 Gy /h. W metodzie tej stosuje się najczęściej izotop Cezu¹³⁷.

Tabela 2. Zalety i wady brachyterapii LDR

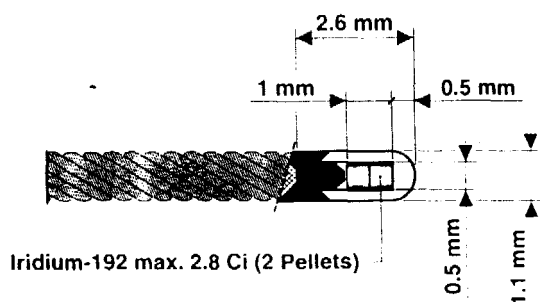
Zalety:	Wady:
<ol style="list-style-type: none"> 1. sprawdzona skuteczność na dużych grupach chorych, 2. większe prawdopodobieństwo procesów naprawczych uszkodzeń zdrowych komórek, (<i>sublethal damage repair</i>) w trakcie napromieniania, 3. niewielki odsetek odczynów popromiennych wczesnych i późnych, 4. wysoki współczynnik terapeutyczny ograniczony jedynie zdolnością do repulacji, 5. krótszy czas leczenia niż w przypadku teleradioterapii. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. mała dokładność w określaniu rzeczywistego rozkładu dawki, 2. długi czas leczenia, 3. niewielka liczba leczonych chorych, 4. niewielki komfort leczenia dla pacjenta, 5. większe narażenie personelu na działanie promieni jonizujących.

3.3.2. Metoda HDR (High Dose Rate), brachyterapia z użyciem źródeł o wysokiej mocy dawki.

Aktywność źródła: 10 Ci/cm, moc dawki: >12 Gy /h. W metodzie tej najczęściej jest stosowany izotop Irydu¹⁹² o aktywności pierwotnej 370 GBq (10 Ci). Jest to metoda stosowana w systemie „afterloadingu”, automatycznego ładowania źródeł.

W metodzie **HDR tak jak i w PDR** tej do wszystkich założonych przewodnic jest wprowadzane pojedyncze źródło, które umiejscawiane jest na podstawie zaplanowanego wcześniej obszaru do leczenia oraz pod kontrolą komputerowego systemu planowania leczenia. Źródło przesuwa się

wzdłuż osi prowadnicy na zaplanowaną odległość. Odległość ta w przybliżeniu odpowiada rozmiarom guza.



Rycina 3. Schemat źródła promieniotwórczego Iryd¹⁹². Do stalowego kabla przymocowany jest mały kawałek izotopu (2 pellets), cały izotop ma wielkość 1.1mm na 0.5 mm.

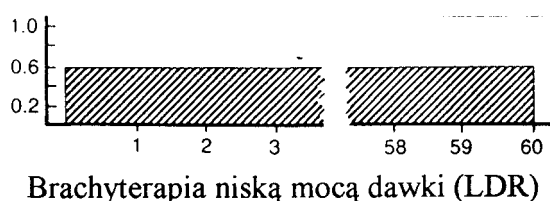
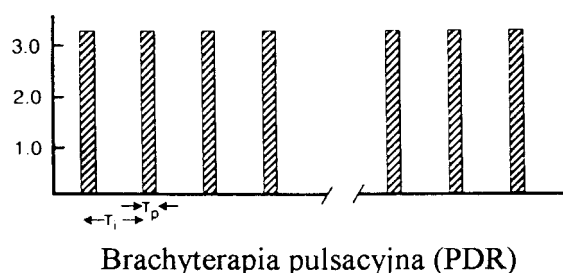
Warunkiem stosowania metody HDR są dobre możliwości diagnostyczne ośrodka leczącego, wyposażenie w tomograf komputerowy i/lub rezonans magnetyczny oraz komputerowy system planowania leczenia.

3.3.3. Metoda PDR (Pulsed Dose Rate), brachyterapia pulsacyjna.

W metodzie PDR stosuje się izotop promieniotwórczy Irydu¹⁹² o aktywności pierwotnej 15-37 GBq (0,5-1 Ci), mocy dawki: 0,5-1 Gy/h. Źródło jest umieszczone w kapsule o średnicy 1,1 mm i długości 2,5 mm. Brachyterapia metodą PDR jest znana i stosowana od początku lat 90-tych, niemniej jednak w niewielu ośrodkach onkologicznych opublikowano dotąd wyniki leczenia nowotworów tą metodą. Po raz pierwszy leczono chorych tą metodą na Uniwersytecie Kalifornijskim w San Francisco w 1992 roku.

W Polsce aparaturę do brachyterapii PDR posiadają 5 ośrodków: oddziały Instytutu Onkologii w Krakowie i Gliwicach, Klinika Onkologii i Radioterapii AM w Gdańsku, Centrum Onkologii w Bydgoszczy oraz Wielkopolskie Centrum Onkologii w Poznaniu.

Podstawową przyczyną opracowania i wprowadzenia brachyterapii PDR była próba zastąpienia ciągłego napromieniania izotopami promieniotwórczymi o niskiej aktywności stosowanymi w metodzie LDR napromienianiem impulsami z zaplanowaną przerwą przy zastosowaniu izotopów o wyższej aktywności.



Rycina 4. Porównanie schematów brachyterapii PDR i LDR; górny schemat obrazuje podawanie impulsów w dawce ok. 3.0 Gy w określonych stałych odstępach czasu (najczęściej co godzinę), dolny schemat obrazuje ciągłe podawanie dawki wielkości ok. 0.6 Gy/h, oś x - całkowity czas leczenia, oś y - wielkość dawki w Gy.

W metodzie tej wielkość dawki można regulować poprzez wydłużenie czasu trwania impulsu oraz zwiększenie liczby impulsów. Pozwala to na skojarzenie korzystnych fizycznych właściwości metody HDR (lepsza optymalizacja rozkładu dawki w obszarze leczonym, ochrona radiacyjna personelu) z pozytywnymi radiobiologicznymi cechami metody LDR (lepsza ochrona zdrowych tkanek). W porównaniu do metody LDR, metoda PDR stwarza choremu oraz opiekującemu się nim personelowi lepszy komfort leczenia poprzez występowanie przerw między impulsami. Personel może zająć się chorym w czasie przerwy bez przerywania leczenia. Poprzez wydłużenie czasu trwania impulsu można również skrócić czas trwania leczenia.

W tabeli 3 i 4 przedstawiono zalety i wady brachyterapii HDR i PDR.

Tabela 3. Zalety brachyterapii HDR i PDR

HDR	PDR
<ol style="list-style-type: none"> 1. krótki czas leczenia (źródło o wysokiej aktywności), 2. wysoka odtwarzalność objętości napromienianej (skuteczna stabilizacja aplikatorów stosowanych w krótkim czasie), 3. dobra ochrona narządów krytycznych, 4. poprawa komfortu leczenia w stosunku do metody LDR, 5. zmniejszenie kosztów leczenia (leczenie ambulatoryjne), 6. dobra ochrona radiacyjna personelu, 7. wysoki odsetek unieszkodliwionych komórek (logarytmiczna zależność od mocy dawki). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skojarzenie korzystnych fizycznych właściwości metody HDR (lepsza optymalizacja rozkładu izodoz w obszarze leczonym, ochrona radiacyjna personelu) z pozytywnymi radiobiologicznymi cechami metody LDR (lepsza ochrona zdrowych - niewielki odsetek odczynów wczesnych i późnych tkanek). 2. Możliwość indywidualnego doboru dawek, czasu leczenia, długości impulsów i przerw między nimi, 3. Lepszy komfort leczenia poprzez występowanie przerw między impulsami, 4. Personel może zająć się chorym w czasie przerwy między impulsami bez przerywania leczenia.

Tabela 4. Wady brachyterapii HDR i PDR

HDR	PDR
<ol style="list-style-type: none"> 1. ograniczona możliwość korekcji błędu, 2. w przypadku błędu planowania – niski współczynnik terapeutyczny – wysoka dawka w narządach zdrowych, 3. wzrost ryzyka ostrych i późnych odczynów popromiennych, 4. konieczność budowy bunkra podobnie jak w przypadku przyspieszaczy liniowych. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ryzyko odkształcenia oraz przesunięcia aplikatorów podczas wielogodzinnego leczenia, 2. ryzyko wynikające z wielokrotnego wsuwania i wysuwania źródła do tego samego aplikatora, 3. konieczność hospitalizacji chorych zwiększającej koszty leczenia, 4. niewielka liczba leczonych chorych.

4. Brachyterapia nowotworów pozaginekologicznych - wskazania do leczenia, przeciwwskazania, zalecane dawki.

Współczesna brachyterapia opiera się na standardach leczenia opracowywanych oddzielnie dla każdego nowotworu złośliwego. Kwalifikacja do brachyterapii leczenia opiera się na dokładnym określeniu stopnia zaawansowania klinicznego wg klasyfikacji TNM oraz na typie histologicznym i stopniu złośliwości nowotworu. Ma to szczególnie istotne znaczenie w przypadku leczenia radykalnego, mniejsze w przypadku brachyterapii paliatywnej, kiedy celem leczenia jest poprawa jakości życia chorego (Quality of Life) a nie wyleczenie nowotworu.

4.1. Nowotwory głowy i szyi.

Jest to grupa wielu różnych nowotworów leczonych według odmiennych schematów oraz istotnie różniących się pod względem rokowania. Wskazania do brachyterapii w tej grupie mniej więcej po połowie określamy jako radykalne i jako paliatywne. Leczenie radykalne jest najczęściej elementem leczenia skojarzonego z teleradioterapią, jako tzw. „*boost*”, leczenie paliatywne najczęściej polega na brachyterapii wznowy w obszarze poprzednio napromienianym.

4.1.1. Rak języka.

Wskazania:

- 1) Leczenie samodzielne, radykalne,
- 2) Leczenie uzupełniające po niedoszczętnym zabiegu chirurgicznym,
- 3) Podwyższenie miejscowe („*boost*”) dawki po teleradioterapii,
- 4) Leczenie paliatywne wznowy po teleradioterapii.

Część ustna języka:

- 1) T1N0 - samodzielna brachyterapia,
- 2) T2N0 – brachyterapia przy lokalizacji w linii środkowej + elektywna teleradioterapia na układ chłonny szyi),
- 3) Przy wzroście ryzyka zajęcia węzłów chłonnych - brachyterapia stosowana jest po operacji lub teleradioterapii,
- 4) Po zabiegu: w stopniu T1 i T2 N0 (w przypadku pozytywnego marginesu lub mniejszego od 5 mm),
- 5) W pojedynczych przypadkach po zabiegu: w stopniu T3 i T4 N0 (prowadnice zakładane są w trakcie operacji),
- 6) Leczenie paliatywne wznów po teleradioterapii.

Przeciwwskazania:

- 1) Naciek żuchwy,
- 2) Gdy guz o zaawansowaniu T1 jest na stronie trzewnej języka lub na czubku - leczeniem z wyboru chirurgia - brachyterapia pozostaje leczeniem uzupełniającym w przypadku nieradykalnego wycięcia,
- 3) Gdy więcej niż 1 cm² języka otrzyma metodą teleradioterapii dawkę 6000 - 6500 cGy.

Podstawa języka:

Wskazania:

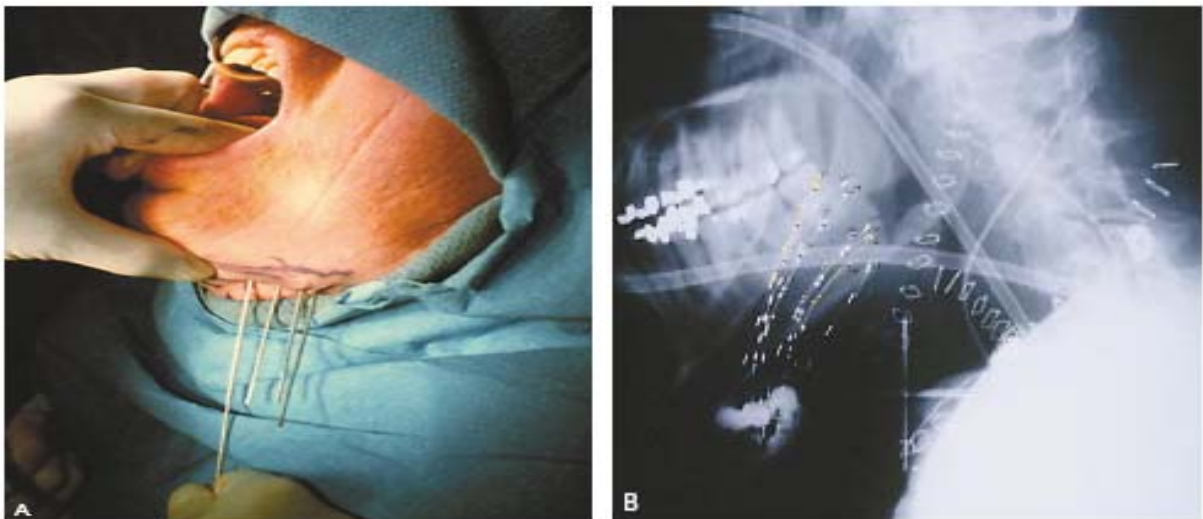
- 1) "Boost" po teleradioterapii na obszar resztkowego nacieku,
- 2) Ograniczone nawroty po teleradioterapii,
- 3) Małe guzy (T1-2 N0) o płytkim naciekaniu.

Na rycinie 5 A i B przedstawiono obraz raka ruchomej części języka.



Rycina 5 A i B – dwa przypadki raka ruchomej części języka

Na rycinie 6 przedstawiono przykład zastosowania brachyterapii w leczeniu raka podstawy języka.



Rycina 6 A i B. Chory na raka płaskonabłonkowego podstawy języka (T2N2cM0). Leczenie pierwotne: teleradioterapia do dawki 5400 cGy i 5000 cGy na pole szyjne przednie. Zastosowano implanty czasowe (A). Boczne zdjęcie rtg obrazuje położenie aplikatorów z markerami (B).

4.1.2. Rak dna jamy ustnej.

Wskazania:

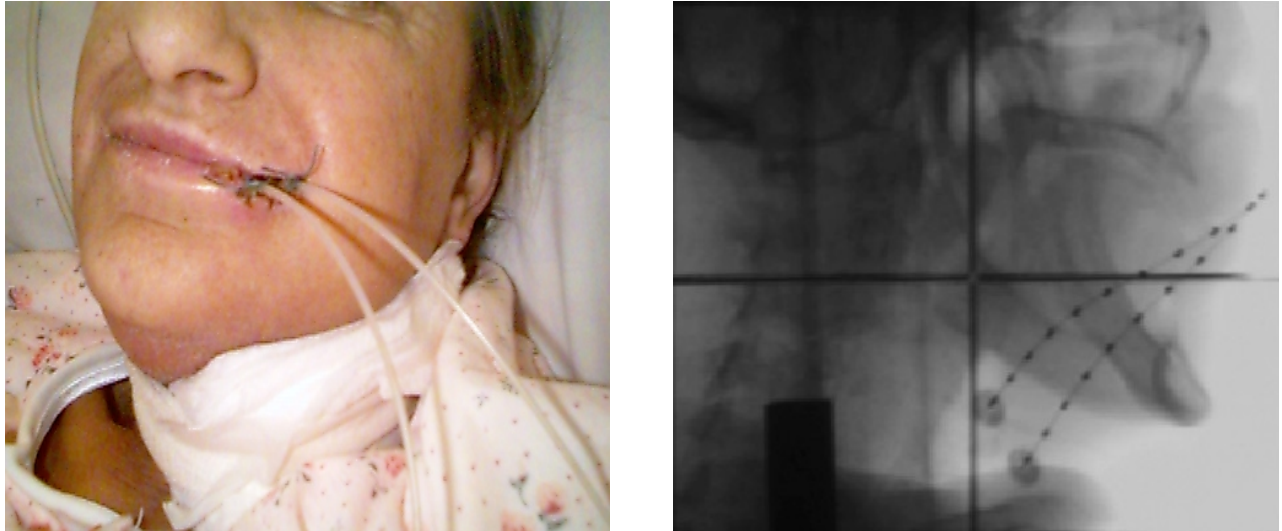
- 1) T1-2 N0, o średnicy < 30mm, przy nacieku > 0,5 cm od żuchwy,
- 2) Przy guzach o grubości powyżej 1cm wskazana wcześniejsza teleradioterapia, potem „boost” z brachyterapii,
- 3) Leczenie paliatywne wznowy po teleradioterapii.

Przeciwwskazania:

- 1) Guz umiejscowiony bliżej niż 0,5 cm od żuchwy,
- 2) T > 30 mm.

Brachyterapia kontaktowa może być stosowana jedynie przy guzach o grubości do 5mm, brachyterapia śródtkankowa stosowana jest w pozostałych przypadkach.

Na rycinie 7 przedstawiono przykład zastosowania brachyterapii w leczeniu zaawansowanego raka dna ustnej.



Rycina 7 A i B. A – chora z zaawansowanym rakiem dna jamy ustnej, widoczne założone dwa aplikatory typu „single-leader”, kończące się na powierzchni skóry (w celu ich umocowania), dodatkowo przymocowane są szwami w kącie ust, B – obraz rtg tych cewników z markerami w środku które służą do planowania leczenia.

4.1.3. Rak gardła środkowego (oprócz podstawy języka) (podniebienie miękkie, migdałki podniebienne, jęczyzek).

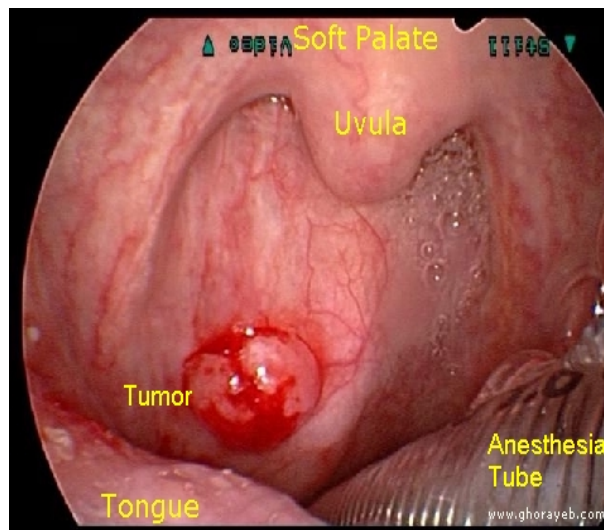
Wskazania:

- 1) Guzy o zaawansowaniu T1-3N0M0 jako leczenie skojarzone z teleradioterapią, bez naciekania przestrzeni przygardłowej,
- 2) Rzadziej - guzy o zaawansowaniu T4N0M0, jako leczenie skojarzone z teleradioterapią,
- 3) Leczenie wznów po teleradioterapii.

Przeciwwskazania:

- 1) Naciekanie kąta zatrzonowcowego, nosogardła, krtani, gardła dolnego, okolicznych kości,
- 2) Guzy o średnicy powyżej 50 mm,
- 3) $N > 2$.

Na rycinie 8 A i B przedstawiono obraz raka migdałka oraz raka ściany tylnej gardła środkowego.



Rycina 8 A i B. Obraz raka migdałka podniebiennego prawego oraz obraz raka ściany tylnej gardła środkowego.

4.1.4. Rak podniebienia twardego.

Wskazania:

- 1) Jako element leczenia skojarzonego z teleradioterapią w T1-2 N0, T3N0,
- 2) Leczenie paliatywne wznów po teleradioterapii.

4.1.5. Rak nosogardła.

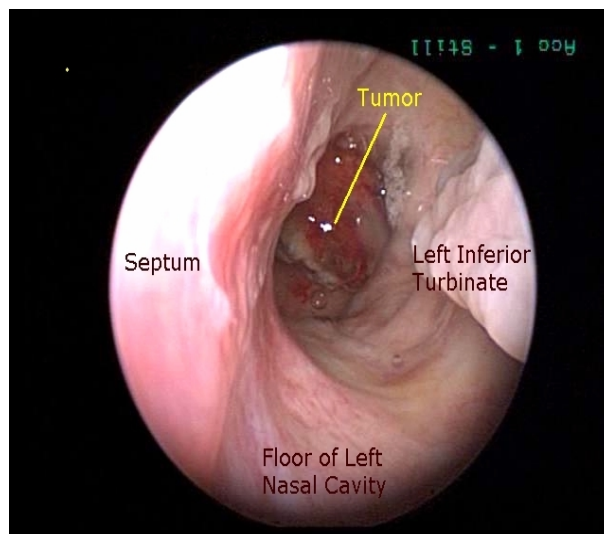
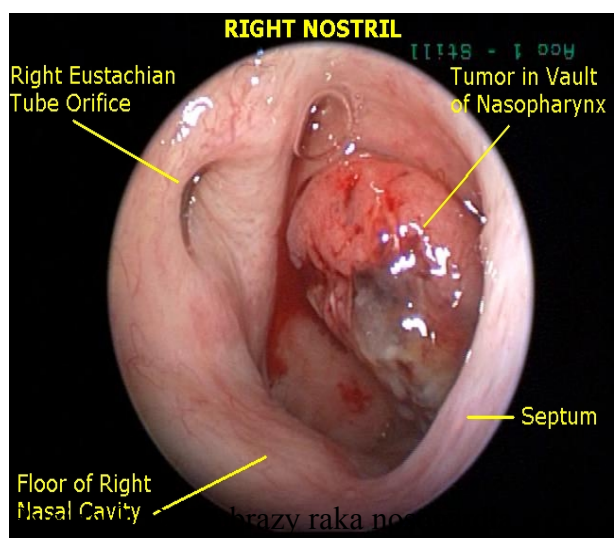
Wskazania:

- 1) Guzy o zaawansowaniu T1-3 N0 M0, o grubości poniżej 10 mm, jako leczenie skojarzone z teleradioterapią,
- 2) Guzy ulegające regresji po teleradioterapii,
- 3) Leczenie ograniczonej wznowy po teleradioterapii.

Przeciwwskazania:

- 1) Naciekanie kości, dołu podskrzydłowego,
- 2) Guzy o średnicy większej niż 10mm.

Na rycinie 9 A i B przedstawiono obraz raka nosogardła.



Rycina 9 A i B. Przykład dwóch nowotworów nosogardła

Powikłania:

- 1) Perforacja podniebienia lub ściany zatoki klinowej.
- 2) Martwica błony śluzowej nosogardła.



Rycina 10. Chory z rakiem nosogardła, leczony metodą skojarzoną (teleradioterapią i brachyterapią), na zdjęciu rtg widoczny aplikator z markerem w środku.

4.1.5. Rak policzka.

Wskazania:

- 1) T1-2 N0 przy T < 1,5cm, bez naciekania rowka policzkowo - żuchwowego, kąta międzyszczękowego lub żuchwy – wyłącznie brachyterapia,
- 2) T2 (przy T > 1,5 cm) N1-3 jako element leczenia skojarzonego (po teleradioterapii do dawki całkowitej 5000 cGy),
- 3) Leczenie wznów po teleradioterapii.

Przeciwwskazania:

- 1) Naciek okolicy zatrzonowcowej,
- 2) Naciek załamka policzkowo – dziąsłowego.

4.1.6. Rak wargi dolnej.

Ponad 90% guzów wargi może być wyleczone metodą samodzielnej brachyterapii.

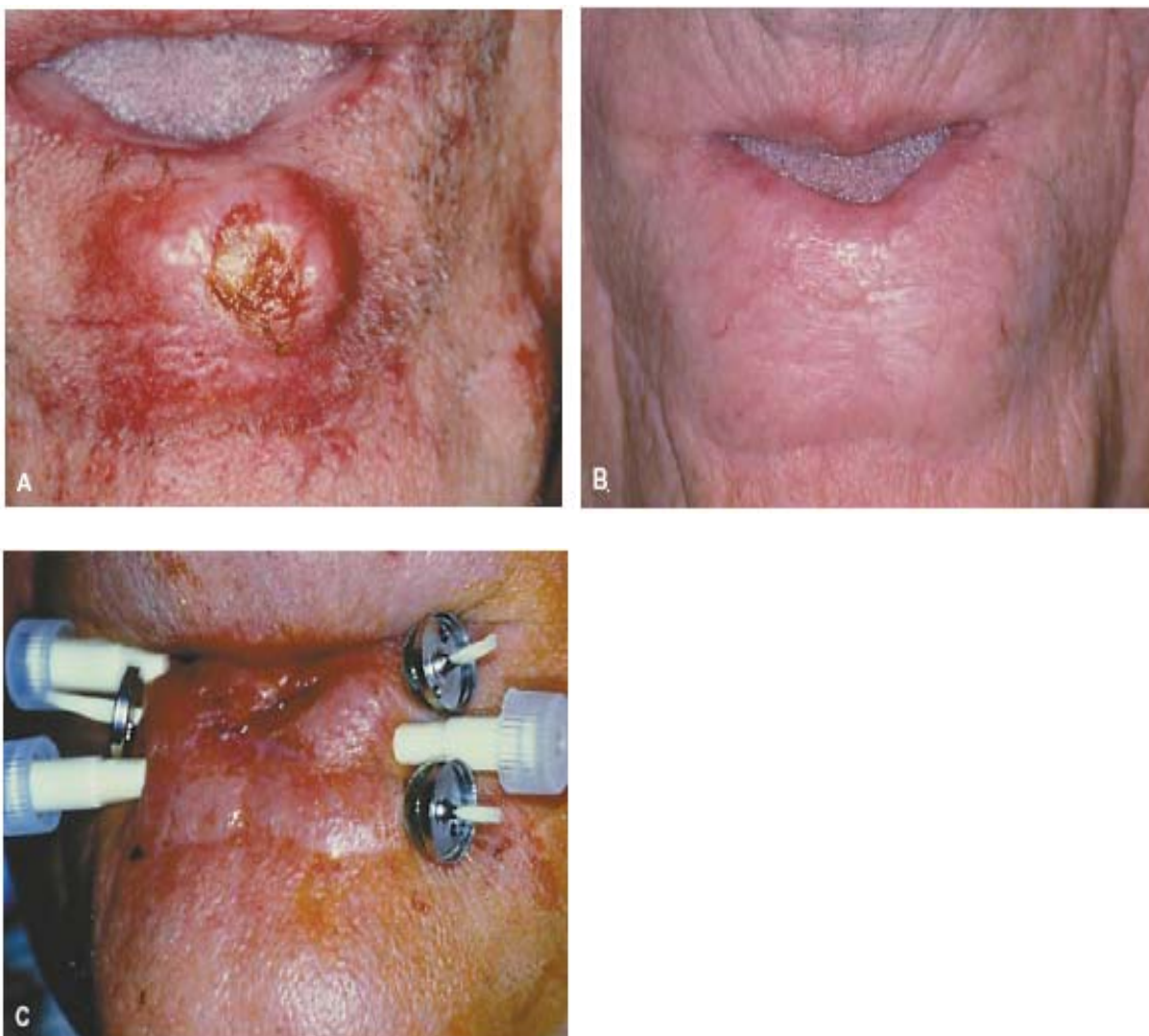
Wskazania:

- 1) Guzy o zaawansowaniu T1, T2 N0, (przy leczeniu zmian < 3cm - wyniki jak po leczeniu chirurgicznym),
 - 2) Po zabiegu: guzy T1 i T2 N0 (w przypadku pozytywnego marginesu lub mniejszego od 5 mm),
 - 3) Po zabiegu: guzy T3 i T4 N0 (prowadnice zakładane w trakcie operacji).
- Czas od zabiegu do rozpoczęcia brachyterapii - 4 do 13 dni (średnio tydzień).

Warunki:

- 1) Osłona zębów z ołowiu przygotowywana indywidualnie,
- 2) Margines zdrowych tkanek objęty izodozą 85% powinien wynosić co najmniej 5mm.

Na rycinach 11 A,B,C przedstawiono chorego z rakiem wargi dolnej leczonego przy pomocy aplikatorów elastycznych, na rycinie 12 - chorego z rakiem wargi dolnej leczonego przy pomocy igły stalowej. Aplikatory założono w znieczuleniu miejscowym.



Rycina 11 A,B,C. Obraz raka płaskonabłonkowego wargi dolnej (T2N0) przed (A) i 6 miesięcy po (B) brachyterapii. Leczony przy pomocy BT czasowej, założono aplikatory elastyczne śródkankowe (C).



Rycina 12 A i B. Brachyterapia raka wargi (T2N0) przy pomocy igły stalowej założonej w znieczuleniu miejscowym.

4.1.7. Rak przedsionka nosa.

Wskazania:

- 1) T1N0 – leczenie samodzielne,
- 2) T2 N0-3 jako element leczenia skojarzonego z teleradioterapią.

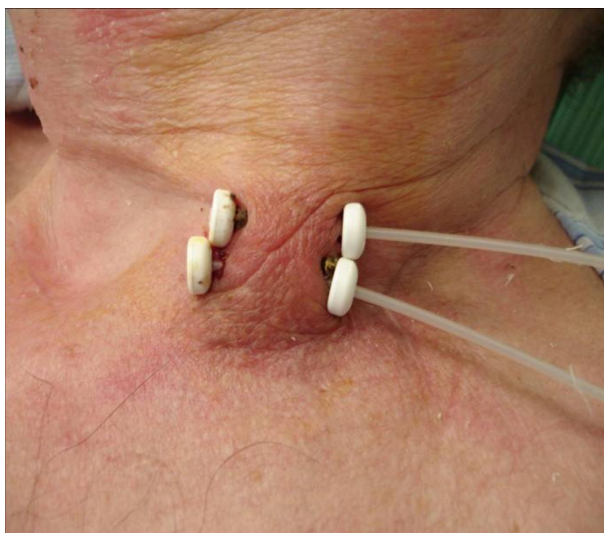
4.2. Drugi nowotwór lub wznowa w obrębie głowy i szyi.

Jest to częsty i istotny problem kliniczny ze względu na wysoki odsetek wznów nowotworów głowy i szyi mimo zastosowania radykalnego leczenia chirurgicznego i teleradioterapią.

Wskazania:

- 1) Upływ ponad 5 lat od zakończenia leczenia pierwszego guza – możliwość leczenia radykalnego,
- 2) Leczenie w obszarze uprzednio napromienianym,
- 3) Wznowa tego samego nowotworu.

Częstym powodem do kwalifikacji do brachyterapii paliatywnej jest wznowa w obszarze usuniętych i następnie napromienianych węzłów chłonnych szyi. W takim przypadku zakłada się aplikatory w znieczuleniu ogólnym (rycina 13).



Rycina 13 A i B. Aplikatory elastyczne założone w obszarze wznowy w układzie chłonnym na szyi, stan po teleradioterapii – brak możliwości powtórnego leczenia.

4.3. Nowotwory OUN.

Wskazania:

- 1) Leczenie wznów po teleradioterapii,
- 2) Leczenie wznów nie operacyjnych,
- 3) Leczenie pierwotnych guzów nie operacyjnych,
- 4) Leczenie pojedynczych przerzutów w wybranych indywidualnych przypadkach (dobry stan ogólny, nie zaawansowany miejscowo nowotwór, brak innych przerzutów, rak o wysokim stopniu złośliwości).

Przeciwwskazania:

- 1) Zły stan ogólny,
- 2) Wzmożone ciśnienie śródczaszkowe,
- 3) Słaby kontakt z chorym,
- 4) Niemożność założenia prowadnic.

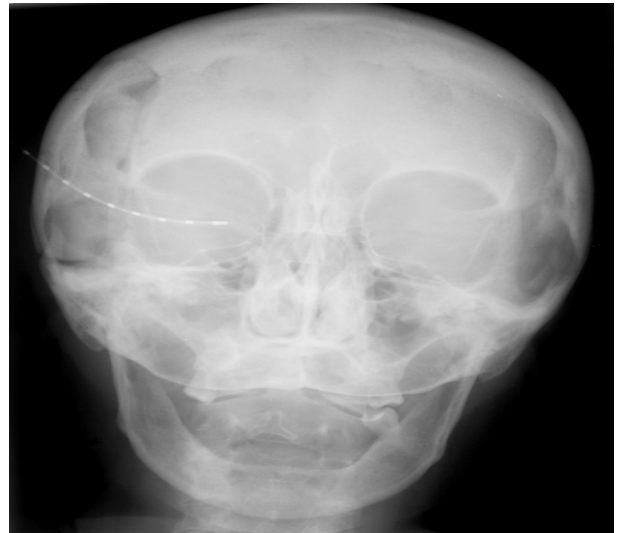
Warunki:

- 1) Chorzy w dobrym stanie ogólnym, Karnofsky < 70 ,
- 2) Guzy wielkości do 5cm (objętość 125 ml) w największym wymiarze,
- 3) Umiejscowienie guza umożliwiające założenie prowadnic,
- 4) Brak dowodów na naciekanie układu komór, przestrzeni podpajęczynówkowej,
- 5) Prowadnice są zakładane przez neurochirurga w znieczuleniu ogólnym.

Rycina 14 przedstawia chorą z założonym aplikatorem do brachyterapii, przygotowaną do leczenia metodą PDR.



Rycina 14 A i B. Pacjentka ze wznową glejaka wielopostaciowego po zabiegu i teleradioterapii, z założonym aplikatorem do brachyterapii w trakcie zabiegu neurochirurgicznego, przygotowana do leczenia metodą PDR.



Rycina 15 A i B. Obraz aplikatora założonego w trakcie zabiegu neurochirurgicznego do brachyterapii OUN, zdjęcia rtg.

4.4. Rak przelyku.

Prawie wszyscy chorzy na raka przelyku są dyskwalifikowani od zabiegu chirurgicznego lub radykalnej teleradio- i chemioterapii ze względu na późne rozpoznawanie i wysokie zaawansowanie choroby w momencie rozpoznania. Leczenie paliatywne metodą brachyterapii odgrywa w tej grupie chorych istotne znaczenie – ponad 90% chorych trafia wcześniej czy później do brachyterapeuty. Podstawowym celem brachyterapii jest poprawienie możliwości połykania – zmniejszenie dysfagii.

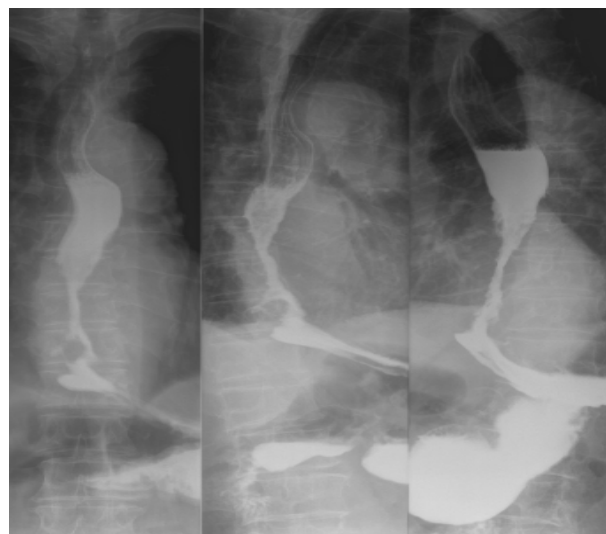
Wskazania do leczenia:

- 1) Leczenie radykalne (w skojarzeniu z teleradioterapią): I i II st. zaawansowania klinicznego - chorzy zdyskwalifikowani od zabiegu z powodu:
 - a. lokalizacji w części szyjnej, piersiowej,
 - b. p -wskazań medycznych,
 - c. braku zgody chorego na zabieg,
- 2) Leczenie radykalne samodzielne:
 - a. w rzadkich przypadkach powierzchniowych T1,
- 3) Leczenie paliatywne:
 - a. chorzy z dysfagią,
 - b. chorzy w starszym wieku,
 - c. chorzy wyniszczeni,
 - d. chorzy z odległymi przerzutami,
 - e. chorzy ze wznową po teleradioterapii,
 - f. chorzy z progresją po teleradioterapii,

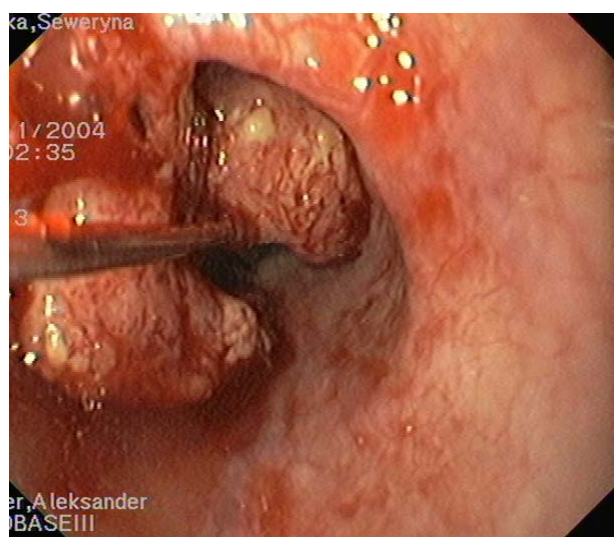
Przeciwwskazania:

- 1) Naciek wpustu żołądka,
- 2) Przetoka przelykowo-tchawicza.

Na rycinie 16 A i B przedstawiono zdjęcie rtg przelyku z kontrastem, widoczny zwężony, nacieczony przez raka odcinek przelyku, na rycinie 17 przedstawiono obraz raka przelyku widoczny w trakcie gastrokopii, na rycinie 18 widać aplikator do brachyterapii z założonym do środka markerem.



Rycina 16 A i B. Rak przełyku, zdjęcie rtg z kontrastem, widoczny nieregularny, nacieczony odcinek przełyku.



Rycina 17 i 18. Rak przełyku w obrazie gastroscopowym oraz obraz markera w aplikatorze przełykowym, zdjęcie rtg

4.5. Rak płuca, tchawicy.

Brachyterapia w leczeniu nowotworów płuc polega na śródtkankowej lub śródoskrzelowej aplikacji izotopów promieniotwórczych w trakcie torakotomii lub badania endoskopowego. Ze względu na bardzo częste wykrywanie raka płuca w zaawansowanym stadium klinicznym zdecydowaną większość wskazań do brachyterapii stanowią wskazania paliatywne (ponad 90% chorych). Podstawowym celem tego leczenia jest ułatwienie możliwości oddychania, czyli zmniejszenie nasilenia duszności, co ma istotny wpływ na poprawę jakości życia chorego. Brachyterapia śródtkankowa jest wykonywana jedynie w nielicznych przypadkach, w renomowanych ośrodkach głównie w USA i Japonii.

Wskazania do leczenia:

1) Leczenie radykalne:

- a. podwyższenie dawki po teleradioterapii – „boost” – T1-2 N0-1 M0:
 - u chorych kwalifikowanych do samodzielnej skojarzonej radioterapii radykalnej, w połączeniu lub bez udziału chemioterapii, podwyższenie dawki z brachyterapii (*boost*) ma na celu przede wszystkim poprawę odsetka wyleczeń miejscowych
 - przed teleradioterapią - upowietrzenie płuca, weryfikacja zaawansowania, zmniejszenie pól EBRT.
- b. samodzielna brachyterapia - guzy o zaawansowaniu T1-2 N0 M0:
 - chorzy z guzami potencjalnie resekcyjnymi, na ogół o średnicy do 2 cm, u których nie można przeprowadzić leczenia chirurgicznego lub teleradioterapii z innych powodów niż zaawansowanie guza.
- c. leczenie uzupełniające (z teleradioterapią lub bez) po zabiegu:
 - brachyterapia może odgrywać dużą rolę w wypadku zmian pierwotnie leczonych operacyjnie, w których nie zachowano odpowiedniego marginesu cięcia w kikucie oskrzela

2) Leczenie paliatywne:

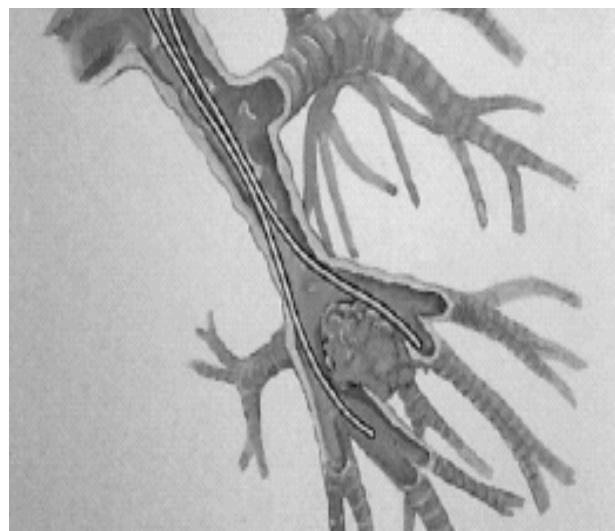
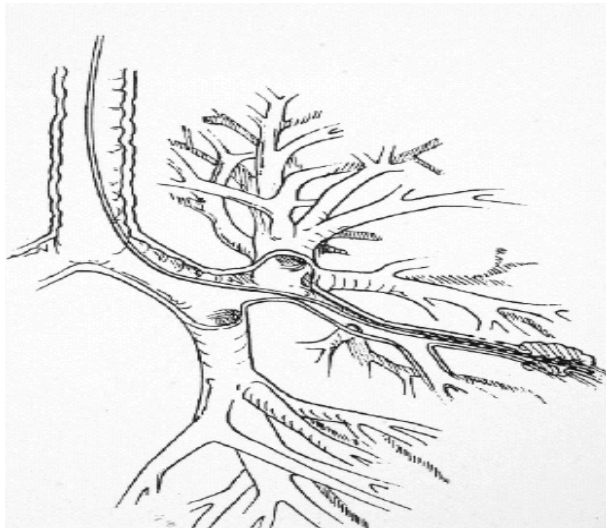
- a. wznowa miejscowa po uprzedniej teleradioterapii,
- b. przerzuty innych nowotworów z komponentą wewnątrzoskrzelową,
- c. chorzy z nie drobnokomórkowym rakiem oskrzela z objawami choroby, głównie z dusznością wywołaną miejscową obturacją drzewa oskrzelowego, kaszlem, krwiotłuciem, stanami zapalnymi płuca lub jego części niedodmowej w przebiegu zmian obturacyjnych.

Przeciwwskazania:

- 1) Guz zlokalizowany w części obwodowej płuca,
- 2) Guz Pancoasta,
- 3) Ucisk oskrzeli z zewnątrz (brak komponenty wewnątrzoskrzelowej).

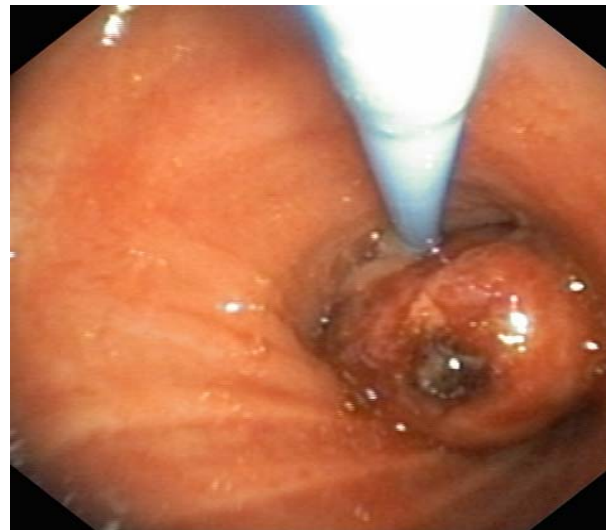
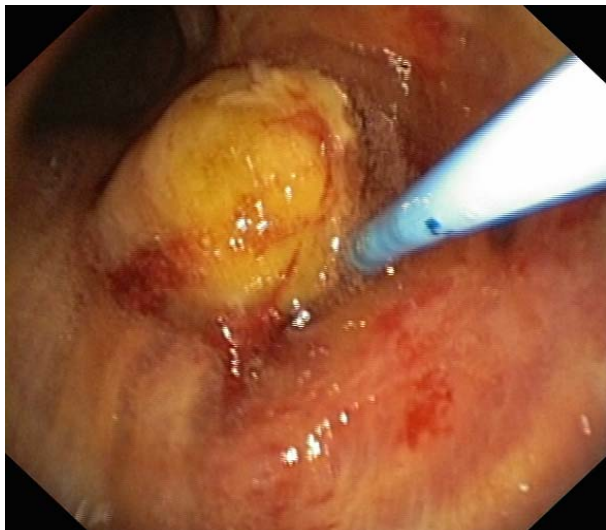
Kryteria kwalifikacji do leczenia zawierają: zadowalającą wydolność chorego (skala wydolności wg Karnofsky'ego >50), niezbędną weryfikację histologiczną guza (z wyjątkiem stanów zagrożenia życia), położenie guza dostępne endoskopii.

Na rycinach 19 i 20 przedstawiono schemat lokalizacji aplikatorów w drzewie oskrzelowym, na rycinach 21 i 22 przedstawiono obraz uzyskany w trakcie badania endoskopowego - widać założone aplikatory do brachyterapii. Na rycinach 23 i 24 przedstawiono obraz rtg założonych do oskrzeli aplikatorów typu French, wewnątrz umieszczono markery z podziałką niezbędne do obliczeń.

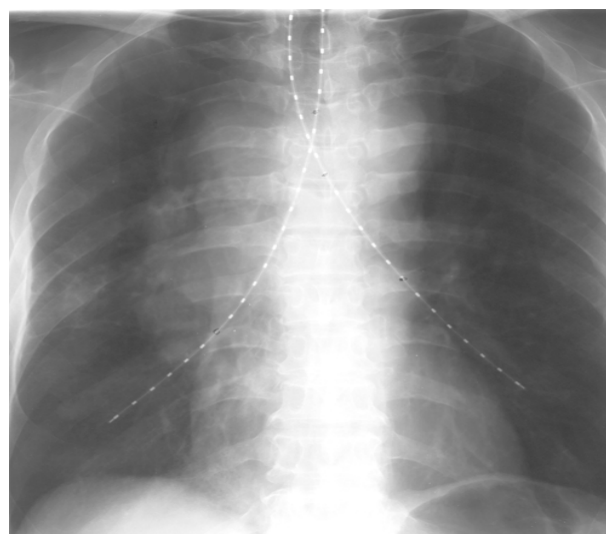


Rycina 19. Implantacja aplikatora do brachyterapii, aplikator znajduje się w oskrzeli jęczyczka płuca lewego

Rycina 20. Implantacja 2 aplikatorów do brachyterapii, aplikatory znajdują się w oskrzeli dolnopłatowym płuca lewego



Rycina 21 i 22. Aplikacja śródoskrzelowa, cewnik obturujący prawie całkowicie światło oskrzela głównego, obraz endoskopowy



Rycina 23. Rak płuca – obraz cewnika z markerem, oskrzele górnopłatowe lewe, zdjęcie a-p

Rycina 24. Obustronny rak płuca – 2 cewniki z markerami, oskrzele główne prawe i lewe, zdjęcie a-p

4.6. Rak gruczołu piersiowego.

Brachyterapia raka piersi pełni istotną rolę w leczeniu radykalnym uzupełniającym leczenie oszczędzające. Coraz częściej jest stosowana jako samodzielne leczenie radykalne po zabiegu bez wcześniejszej teloradioterapii. Jej istotnym atutem jest skrócenie czasu leczenia oraz szansa na lepszy efekt kosmetyczny.

Wymagania przed leczeniem:

- 1) Dokładna ocena wielkości guza i jego umiejscowienia (badanie kliniczne, mammografia, USG, czasami NMR) przed zabiegiem,
- 2) Klasyfikacja guza wg TNM, dokładny opis badania histopatologicznego,
- 3) Decyzja o metodzie leczenia powinna być podjęta wspólnie przez chirurga, radioterapeutę, chemioterapeutę,
- 4) W trakcie zabiegu oszczędzającego wskazane jest pozostawienie 4 do 6 klipsów na granicy usuwanej tkanki, w osi przednio – tylnej, boczno – przyśrodkowej i strzałkowej,
- 5) W sytuacji rozpoczęcia leczenia od neoadjuwantowej chemioterapii, hormonoterapii lub teleradioterapii przez brachyterapią należy ocenić regresję guza (mammografia, USG, NMR).

Wskazania:

1. Jako leczenie uzupełniające teleradioterapię, po oszczędzającym zabiegu chirurgicznym (kwadrantektomia, tumorectomia).

Warunki: a/ oddzielne cięcie dla tumorectomii i lymphadenectomii

b/ Guz T1 – T2 N0, średnica < 30 mm, w kwadrantach górnych zewnętrznych i dużych piersiach - < 50 mm.

Leczenie :

a/ "boost" jedną frakcją po zakończeniu teleterapii dawką 5000 cGy na okolicę piersi,

b/ w okresie pooperacyjnym przed teleradioterapią (elastyczne prowadnice są zakładane w trakcie zabiegu, brachyterapia bezpośrednio po zabiegu).

2. Leczenie uzupełniające po oszczędzającym zabiegu chirurgicznym (bez teleradioterapii) w niektórych przypadkach małych guzów z grupy niskiego ryzyka – T1, niektóre T2N0-1 (tzw. *Partial Breast Irradiation, PBI*)

Przeciwwskazania:

a/ guz położony w odległości poniżej 1 cm od ściany klatki piersiowej lub skóry,

b/ wyjątkiem jest rak przewodowy *in situ* - zaleca się napromienianie brodawki.

3. Brachyterapia jako element radioterapii w przypadku raka sutka nie zakwalifikowanego pierwotnie do zabiegu oszczędzającego.

Warunki:

1. Stopień kliniczny IIB, III, guzy o średnicy 30 do 70 mm, bez przerzutów odległych, z niewielkimi przerzutami do węzłów chłonnych (N1),

2. po leczeniu indukcyjnym chemioterapią i teleradioterapią, po uzyskaniu częściowej remisji,

3. chore nie zakwalifikowane do leczenia operacyjnego z przyczyn internistycznych,

4. Niektóre chore mogą być zakwalifikowane do zabiegu oszczędzającego po uzyskaniu remisji, przed implantacją cewników do brachyterapii.

4. Leczenie uzupełniające po neoadjuwantowej chemioterapii, hormonoterapii i teleradioterapii zaawansowanego raka sutka (stopień kliniczny III).

Warunki:

1. Uzyskanie remisji po pierwotnym leczeniu,

2. Dyskwalifikacja od mastektomii.

5. Leczenie wznowy miejscowej po mastektomii oraz teleradioterapii:

a/ w skojarzeniu (lub bez) z zabiegiem chirurgicznym.

Przeciwwskazania:

1) Guz położony w odległości poniżej 1 cm od ściany klatki piersiowej lub skóry, wyjątkiem jest rak przewodowy *in situ* - zaleca się wtedy objęcie obszarem CTV brodawki i otoczki sutkowej,

2) Wieloogniskowy rak sutka,

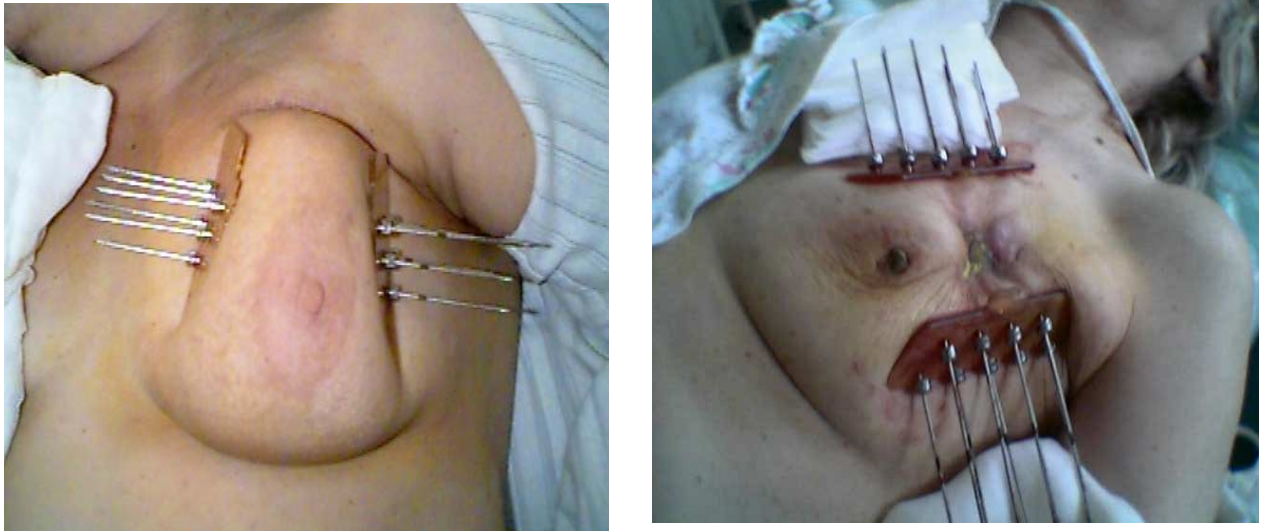
3) Choroba Pageta sama lub w połączeniu z guzem w sutku,

4) Zły efekt kosmetyczny po zabiegu oszczędzającym uniemożliwiający założenie igieł i optymalny efekt kosmetyczny po brachyterapii,

- 5) Mastitis Carcinomatosa,
- 6) Obecność przerzutów odległych,
- 7) W przypadku wznów w ścianie klatki piersiowej obszar targetu $> 40 \text{ cm}^2$ lub grubość guza powyżej 5 mm w przypadku brachyterapii kontaktowej.

Na rycinie 25 przedstawiono obraz implantowanych igieł u chorej na niezaawansowanego raka piersi po tumorektomii, obejmującej kwadrant zewnętrzny górny.

Na rycinie 26 przedstawiono obraz implantowanych igieł u chorej z zaawansowanym, nieoperacyjnym rakiem piersi.



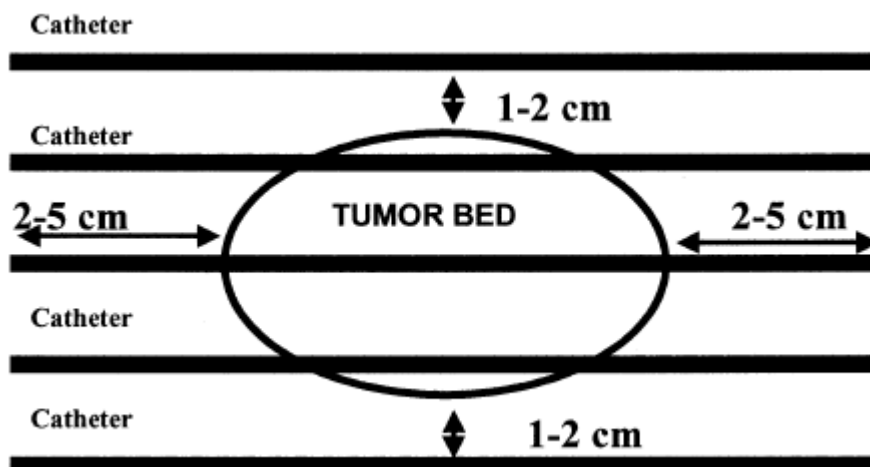
Rycina 25. Rak piersi, stan po leczeniu oszczędzającym, implantowane 6 igieł do brachyterapii.

Rycina 26. Zaawansowany, nieoperacyjny rak piersi, implantowane 9 igieł do brachyterapii.

4.7. Nowotwory skóry.

Wskazania:

- 1) Leczenie uzupełniające po zabiegu nieradykalnym (rak podstawnocomórkowy, kolczystocomórkowy),
- 2) Leczenie samodzielne radykalne – zmiany do 5-6 cm średnicy, wszystkie guzy możliwe do objęcia układem prowadnic, o grubości guza nie przekraczającej 2 cm.



Rycina 27. Aplikatory są umiejscawiane 1 – 2 cm bocznie poza brzegiem obszaru leczonego (CTV) oraz 2 -5 cm do przodu i ku tyłowi od CTV.

Przeciwwskazania:

- 1) Przetoki,
- 2) Obecność przerzutów do węzłów chłonnych,
- 3) Naciek kości.

Inne nowotwory skóry, w których leczeniu można zastosować brachyterapię to: mięsaki Kaposi'ego, Mycosis fungoides, chłoniaki, rzadziej keratoacanthoma, czerniak, rak z komórek Merkla, angiosarcoma, choroba Bowena.



Rycina 28-31 rak podstawnokomórkowy - przed brachyterapią.



Rycina 32. Ra płaskonabłonkowy skóry policzka. Stan przed brachyterapią.

Rycina 33. Rak skóry czaszki z naruszeniem kości czaszki - obraz 3 miesiące po brachyterapii.

4.8. Rak prostaty.

Zachorowalność na raka prostaty stale wzrasta w wielu krajach świata, a w USA, Hiszpanii jest on najczęściej wykrywalnym nowotworem. Brachyterapia staje się stopniowo podstawową metodą leczenia tego nowotworu. Jej podstawowym atutem jest krótki czas leczenia (wygoda dla chorego), dobre wyniki leczenia oraz niewielki odsetek późnych powikłań, takich jak nietrzymanie moczu i impotencja. W leczeniu raka prostaty wykorzystuje się brachyterapię przy pomocy implantów stałych lub brachyterapię HDR. Pierwsza metoda jest metodą samodzielnego, radykalnego leczenia, HDR jest najczęściej elementem leczenia skojarzonego z teleradioterapią. Brachyterapia przy pomocy implantów stałych (J^{125} , Paladium 103) jest obecnie najczęściej stosowaną metodą leczenia raka prostaty w USA. W Polsce jest stosowana jedynie metoda brachyterapii HDR ze względu na wysokie koszty leczenia przy pomocy implantów.

Wskazania:

1) Leczenie radykalne samodzielne:

- a. T1-2 N0, bez przerzutów odległych, objętość prostaty nie powinna przekraczać 50 cm³,
- b. PSA <10 ug/L, Gleason <7,

2) Leczenie radykalne skojarzone:

- a. teleradioterapia + brachyterapia HDR: każde PSA, Gleason.

3) Inne zastosowania brachyterapii:

- a. mierzalne wznowy po prostatektomii,
- b. wznowy po radykalnej radioterapii,
- c. leczenie paliatywne.

W tabeli 5 przedstawiono zalecenia Amerykańskiego Towarzystwa Brachyterapii (ABS) dotyczące wskazań do brachyterapii raka prostaty.

Tabela 5. Podział na 3 grupy chorych w zależności od wartości czynników rokowniczych.

Czynnik rokowniczy	BRT zalecana, rokowanie dobre	BRT opcjonalna, rokowanie dość dobre	BRT w trakcie badań klinicznych, rokowanie złe
PSA (ng/ml)	<10	10 - 20	>20
skala Gleasona	5 – 6	7	8 – 10
Stopień T	T1c – T2a	T2b – T2c	T3
IPSS	0 – 8	9 - 19	>20
Objętość prostaty (cm ³)	< 40	40 - 60	>60
Qmin (ml/s)	>15	15 - 10	<10
Objętość rezydualna (cm ³)			>200
TURP +			+

IPSS – International Prostate Score System, Q – dynamika przepływu moczu w ml/s, TURP – w przeszłości transurektalna biopsja.

Zalecenia:

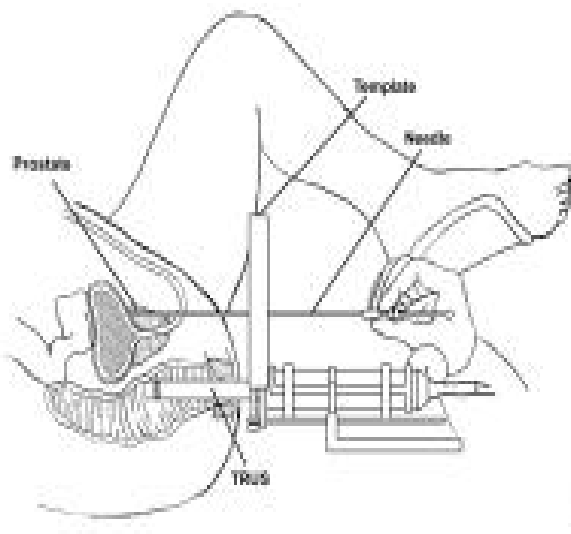
- 1) PSA >20, Gleason >8, T3 – najpierw hormonoterapia, decyzja o leczeniu po osiągnięciu remisji.
- 2) PSA 10 – 20, Gleason = 7, stopień T2B-C – najpierw hormonoterapia.
- 3) Objętość prostaty > 50 cm³ – najpierw hormonoterapia, potem ponowna kwalifikacja do brachyterapii.

Badania niezbędne przed rozpoczęciem leczenia:

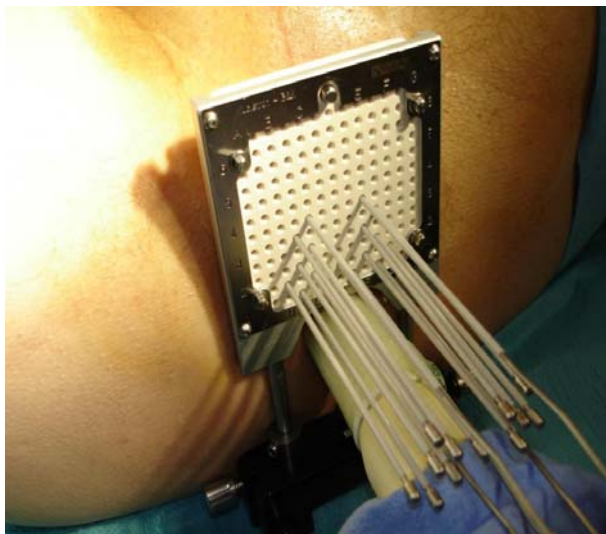
- 1) wartość markeru PSA.
- 2) USG doodbytnicze.
- 3) TK lub NMR miednicy mniejszej celem oceny węzłów chłonnych.
- 4) Przy PSA > 10 – scyntygrafia kośćca.
- 5) Biopsja przezodbytnicza celem oceny histopatologicznej oraz oceny skali Gleasona.



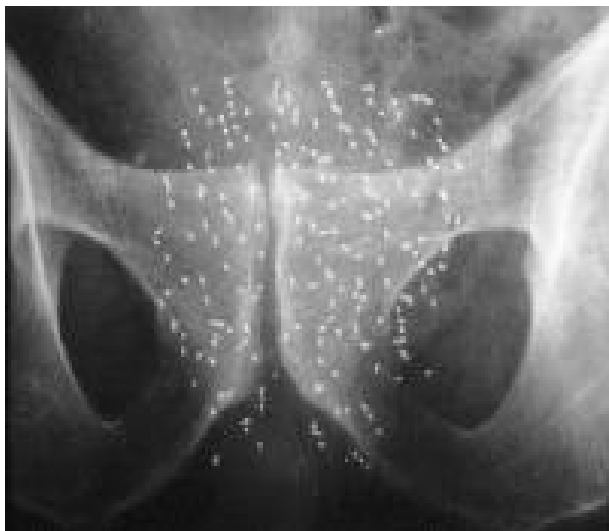
Rycina 34 i 35. Źródła promieniotwórcze (implanty stałe) stosowane w leczeniu raka prostaty.



Rycina 36. Schemat wprowadzania do prostaty implantów stałych. Widoczna sonda USG transrektalnego, igła wprowadzana przez płytkę mocującą (template) do mięszu prostaty (Template – płytkę mocującą, Needle – igła przez którą wprowadza się implanty, TRUS – sonda endorektalna USG).



Rycina 37. Brachyterapia HDR. Widoczna sonda USG transrektalnego, igły elastyczne z mandrynami wprowadzone przez płytkę mocującą do mięszu prostaty.



Rycina 38. Zdjęcie rtg implantów stałych umieszczonych w miększu prostaty.

4.9. Rak penisa.

Wskazania do leczenia:

- 1) T1-2 N0 M0:
 - a. implantacja w znieczuleniu nadoponowym po obrzezaniu,
 - b. zalecana lymfadenektomia pachwinowa,
- 2) T1-2 N1-2, T3N0:
 - a. implantacja w znieczuleniu nadoponowym po obrzezaniu,
 - b. zawsze lymfadenektomia pachwinowa (przy zajęciu więcej niż jednego węzła chłonnego lub naciekania poza torebkę – teleradioterapia uzupełniająca),
- 3) T3,4 N0 M0 - w indywidualnych przypadkach zamiast operacji – można stosować brachyterapię
- 4) Leczenie skojarzone po nieradykalnym zabiegu (mikroskopowo naciek w linii cięcia (T1,2).
- 5) Leczenie uzupełniające po amputacji (mikroskopowo naciek w linii cięcia).
- 6) Leczenie paliatywne wznowy po leczeniu chirurgicznym.
- 7) Leczenie ratunkowe po usunięciu wznowy.

Metody brachyterapii:

Implantacja śródkankowa cewników w znieczuleniu ogólnym lub zastosowanie aplikatora zewnętrznego – brachyterapia kontaktowa

4.10. Rak pęcherza moczowego.

Wskazania:

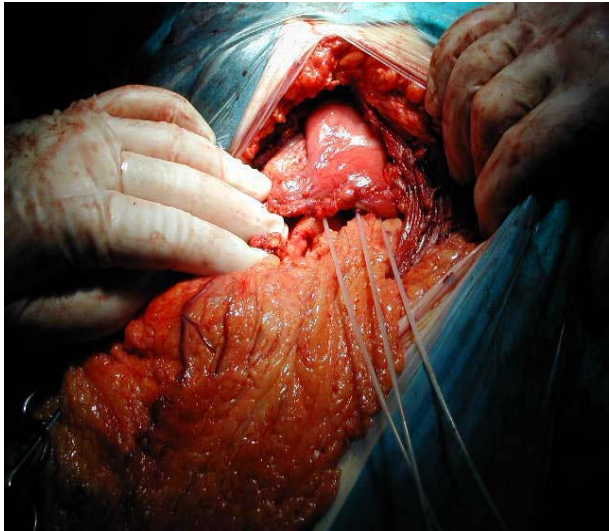
- 1) Leczenie w skojarzeniu z częściową cystektomią.(najczęściej w linii zeszycia pęcherza), tumorektomią. chorzy z guzem T1,T2,T3a o średnicy mniejszej niż 5 cm, bez naciekania dna pęcherza, którzy z powodów internistycznych nie mogą mieć wykonanej nadłonowej cystektomii.
Technika: Implantacja cewnika (ów) w trakcie laparotomii; wykonanie zabiegu pozwala na ocenę węzłów chłonnych miednicznych
- 2) Leczenie radykalne samodzielne:
T1,2,3a, guz pojedynczy lub wieloogniskowy ale w bezpośredniej bliskości siebie, N0, bez naciekania dna pęcherza, grubość guza do 1cm.
- 3) Leczenie w skojarzeniu z teleterapią.

4.11. Rak trzustki.

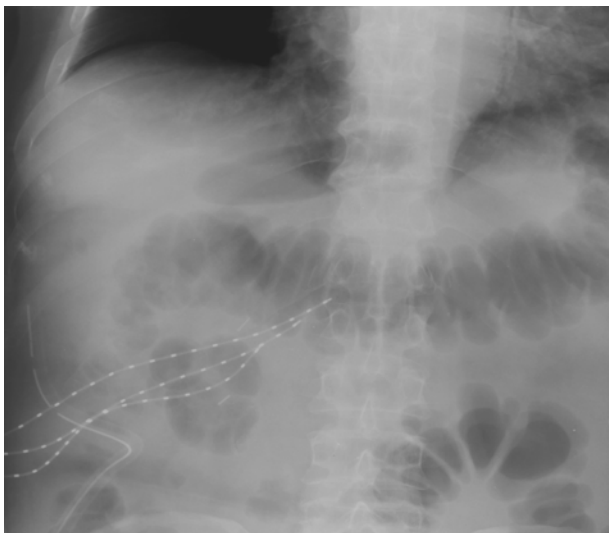
Szereg narządów krytycznych: jelito cienkie, żołądek, wątroba, nerki, rdzeń kręgowy. Z tego powodu zastosowanie teleterapii jest utrudnione – problem z właściwym rozkładem dawki

Wskazania:

- 1) Implantacja przez chirurga cewników do guza nieoperacyjnego (średnica do 6-7 cm).
- 2) Implantacja przez chirurga cewników do pozostałości guza (makroskopowo).
- 3) Po nieradykalnym usunięciu guza – uzupełniająca radioterapia.



Rycina 39 i 40. Zdjęcia wykonane w trakcie implantacji do nieoperacyjnego guza trzustki aplikatorów do brachyterapii. Aplikatory te można stosować zarówno w brachyterapii HDR jak i PDR. Po zakończeniu leczenia aplikatory są usuwane.



Rycina 41. Obraz trzech aplikatorów do brachyterapii umieszczonych w guzie głowy trzustki, zdjęcie przeglądowe rtg.

4.12. Nowotwory wątroby.

Brachyterapia jest leczeniem umożliwiającym podanie wysokiej dawki na ograniczonym obszarze wątroby.

Ograniczenia metody:

- 1) Trudność techniczna implantacji cewnika i jego umocowania (przesunięcie w trakcie leczenia).
- 2) Ryzyko krwotoku.
- 3) Ryzyko zakażenia.

Wskazania:

Brachyterapia jest wykonywana w wyspecjalizowanych ośrodkach akademickich, najczęściej w ramach protokołów klinicznych.

Leczenie to stosuje się w: przerzutach do wątroby pochodzących z jelita grubego, żołądka, trzustki. Stosuje się brachyterapię przy pomocy implantów stałych (^{125}J , ^{103}Pd).

4.13. Rak odbytu.

Podstawową metodą brachyterapii jest **brachyterapia śródtkankowa**. Leczenie endoluminalne stosowane jest rzadko, ze względu na wysoką dawkę podawaną na śluzówkę, stosowane bywa jedynie w przypadkach T1 o grubości guza do 5mm.

Wymagania przed leczeniem:

- 1) Dokładna kliniczna klasyfikacja TNM, w tym wykonanie TK miednicy mniejszej, USG endorektalnego, rektoskopii, czasami w znieczuleniu ogólnym. Jeśli to możliwe należy założyć metalowe klipsy markujące zasięg guza.

Wskazania:

Leczenie radykalne:

- a. T1 – samodzielna brachyterapia lub teleradioterapia i brachyterapia.
- b. T2 – teleradioterapia i brachyterapia.
- c. T3 – teleradioterapia z chemioterapią + brachyterapia.

Podsumowanie:

- 1) Guzy o zaawansowaniu T1 – 2 + T3.
- 2) Naciekające mniej niż 2/3 obwodu odbytu.
- 3) N0 (wyjątkowo małe węzły w okolicy odbytu możliwe do objęcia izodozą 85%).
- 4) M0.

Leczenie paliatywne:

- a. wznowa nieoperacyjna,
- b. wznowa po radioterapii,
- c. jako leczenie p – bólowe guza nieoperacyjnego,

Leczenie wznowy – po częściowej cytoredukcji lub bez zabiegu chirurgicznego

Przeciwwskazania:

- 1) Niewielka regresja guza po wstępnej chemioradioterapii raka płaskonabłonkowego lub kloakogenego.
- 2) Guzy naciekające więcej niż 2/3 obwodu odbytu ze względu na duże ryzyko zwężenia i martwicy, wymagających często założenia sztucznego odbytu.
- 3) Guzy o niewyczuwalnym proksymalnym końcu w badaniu per rectum.
- 4) Guzy o zaawansowaniu T4.
- 5) Zajęte regionalne węzły chłonne, w niektórych przypadkach możliwe jest skojarzenie radiochemioterapii z objęciem węzłów chłonnych miednicowych oraz brachyterapii (kwalifikacja indywidualna).

4.14. Rak odbytnicy.

Wymagania przed leczeniem:

- 1) Leczenie winno być prowadzone w ramach protokołów klinicznych.
- 2) Dokładna diagnostyka, znany rozmiar guza, wykluczenie przerzutów.
- 3) Dobra współpraca z chirurgiem.

- 4) W planie leczenia należy zwrócić szczególną uwagę na narządy krytyczne.
- 5) Względna radiowrażliwość guza.

Wskazania:

1) **Leczenie radykalne:**

- a. T1 i T2 N0, guz o średnicy < 3 cm, aplikatory zakładane w trakcie laparotomii,
- b. Zmiany umiejscowione w odległości od 3 do 10 cm powyżej odbytu, w skojarzeniu z teleradioterapią, o średnicy < 6 cm, aplikator wewnątrzjamowy,
- c. Chorzy odmawiający zabiegu, lub zdyskwalifikowani z przyczyn internistycznych,

2) **Leczenie paliatywne:**

- a. po leczeniu chirurgicznym i teleradioterapii, aplikatory zakładane w trakcie laparotomii, wznowy miejscowe, bez naciekania kości krzyżowej, wielkości do 4-5 cm,

4.15. Rak dróg żółciowych.

Nowotwory dróg żółciowych dzielą się na trzy grupy:

- 1) Nowotwory brodawki Vatera – dystalnego odcinka dróg żółciowych – częściej operacyjne, lepsze rokowanie.
- 2) Nowotwory przewodu pęcherzykowego, bliższego odcinka dróg żółciowych, pęcherzyka – rzadko operacyjne, gorsze rokowanie.
- 3) Guz Klatskina (przewód wątrobowy, wnęka) – najgorzej rokuje, nieoperacyjny.

Wskazania:

- 1) Leczenie radykalne (uzupełniające po niedoszczętnym wycięciu).
- 2) Leczenie radykalne samodzielne:
 - a. nieoperacyjne guzy (w skojarzeniu z teleradioterapią),
 - b. leczenie uzupełniające po leczeniu chirurgicznym,
- 3) Leczenie paliatywne – celem ułatwienia odpływu żółci.

Technika:

- 1) Implantacja aplikatora do dróg żółciowych podczas gastroduodenoskopii, często konieczne jest udrożnienie ujścia na brodawce Vatera,
- 2) Technika „rendez-vous” – jeden aplikator zakłada się przez otwór roboczy gastroduodenoskopu, drugi z dojścia przezskórnego przez mięśń wątroby, następnie aplikator do brachyterapii wyciąga się w stronę brodawki Vatera i dwunastnicy,
- 3) Implantacja cewnika w trakcie laparotomii (gdy metoda opisana powyżej jest niemożliwa) – rzadko wykonywana.



Rycina 42 i 43. Aplikator przezskórny do brachyterapii założony drogą przezskórną przez mięsz wątroby, widoczny nacieczony (węższy) odcinek dróg żółciowych uwidoczniiony w trakcie cholangiografii. W środku aplikatora znajduje się marker niezbędny do planowania leczenia.

4.16. Nowotwory przestrzeni zaotrzewnowej.

Brachyterapię stosuje się w leczeniu wielu odmiennych nowotworów, takich jak: mięsaki, chłoniaki, nowotwory zarodkowe, neuroblastoma, nowotwory układu nerwowego. Radykalne leczenie utrudnia fakt naciekania struktur sąsiednich w 60 – 70% przypadków. Do radykalnej chirurgii istnieje szereg przeciwwskazań, takich jak: nacieki aorty, żyły głównej, naczyń biodrowych, kręzkowych, kręgosłupa, splotów nerwowych, otrzewnej, obecność przerzutów odległych. Większość chorych wymaga uzupełniającej radioterapii po zabiegu. Obecnie preferowana jest w wielu ośrodkach teleterapia przedoperacyjna (do dawki całkowitej 45 Gy) z ewentualnym „boostem” z brachyterapii (15 Gy) po zabiegu. Do plusów napromieniania przed zabiegiem zalicza się przesuwanie przez guz narządów krytycznych (jelita, nerka) z pola napromienianego. Zmniejszenie guza zwiększa wtedy szansę na radykalność zabiegu. Ustalenie dokładnego rozpoznania histologicznego ma istotny wpływ na kwalifikację do brachyterapii.

Wskazania do BRT: liposarcoma, fibrosarcoma, leiomyosarcoma, unclassified sarcoma, rhabdomyosarcoma, neurofibrosarcoma, malignant fibrous histiocytoma

Przeciwwskazania do BRT: lymphoma, neuroblastoma, schwannoma, guzy zarodkowe.

Wskazania:

1) **Leczenie paliatywne:**

- a. zaawansowane nieoperacyjne nowotwory jamy brzusznej, miednicy, szczególnie - rak trzustki, prostaty, mięsaki okolicy zaotrzewnowej (zwłaszcza wznowy), raki jelita grubego,

2) **Leczenie radykalne** - leczenie skojarzone (chirurgia + brachyterapia):

- a. guzy nieoperacyjne o średnicy do 5-6 cm, bez nacieku narządów krytycznych,
- b. implantacja cewników następuje w trakcie laparotomii,

4.17. Nowotwory tkanek miękkich.

Kojarzenie metod (chirurgii, radioterapii) pozwala często na wykonanie zabiegu oszczędzającego kończynę. Brachyterapia jest zalecana w przypadku istotnego ryzyka wznowy miejscowej po zabiegu, dotyczy nowotworów o wysokiej złośliwości. Nie wykazano wpływu leczenia uzupełniającego na długość przeżycia, wykazano jednak mniejszy odsetek wznów miejscowych. Nie zaleca się stosowania brachyterapii w mięsakach o stopniu złośliwości G1(wskazana teleterapia).

Wskazania:

- 1) Leczenie uzupełniające po zabiegu (w stopniu G2-3) - samodzielna brachyterapia.
- 2) Leczenie uzupełniające po nie radykalnym zabiegu:
 - a. skojarzona teleterapia i brachyterapia,

Warunki:

- 1) Implantacja cewników w trakcie zabiegu (dobra orientacja zasięgu naciekania guza).
- 2) Dzieci: brachyterapia w leczeniu uzupełniającym mięsaków pozwala na uniknięcie powikłań teleterapii – zaburzeń wzrostu.

4.18. Nowotwory wielu dziecięcego.

Leczenie powinno być prowadzone jedynie w ośrodkach mających duże doświadczenie oraz odpowiednią bazę diagnostyczną, w tym NMR.

Wskazania:

- 1) Leczenie uzupełniające resztkowego guza po chemioterapii indukcyjnej mięsaków:
 - a. głowy i szyi (bruzda nosowargowa, język, podniebienie miękkie, dno jamy ustnej, szyja),
 - b. kończyn,
 - c. pęcherza moczowego i prostaty,
 - d. narządów płciowych (pochwa, srom, macica),
 - e. odbytu i odbytnicy,
 - f. nawracające guzy oczodołu,
- 2) Brachyterapię należy rozważyć szczególnie w przypadku:
 - a. niewielkiego guza,
 - b. nawrotu w obszarze napromienianym,
 - c. gdy zwłoka w rozpoczęciu teloradioterapii może pogorszyć rokowanie,
- 3) Najczęściej leczone typy histologiczne: rhabdomyosarcoma, clear cell adenocarcinoma.
- 4) Ze względu na duże szanse wyleczenia oraz zwiększone ryzyko powikłań późnych stosuje się metodę LDR lub PDR a nie HDR.

4.19. Brachyterapia naczyń wieńcowych.

Restenoza jest patologiczną odpowiedzią naczynia na jego uszkodzenie podczas angioplastyki. W następstwie uszkodzenia poszczególnych warstw naczynia uruchamiane są procesy naprawcze podobne do procesów naprawy tkanek.

Poszukuje się metod zapobiegania restenozie na każdym z jej czterech etapów (skurcz sprężysty, proliferacja błony wewnętrznej, późne obkurczenie naczynia – bierne obkurczenie się uprzednio rozciągniętych elementów sprężystych ściany naczynia („elastic recoil”), procesy zakrzepowe.

Mechanizm restenozy, który jest powodem wykorzystania napromieniania w leczeniu to rozrost dzielących się komórek mięśni gładkich ściany tętnicy.

Brachyterapia wewnątrznacyniowa pozwala na precyzyjne podanie wysokiej dawki promieniowania na obszar uszkodzonego naczynia tętniczego z minimalnym ryzykiem uszkodzenia tkanek otaczających. Celem brachyterapii jest zatrzymanie podziałów komórkowych komórek mięśni gładkich. W ostatnim okresie wskazania do brachyterapii uległy zawężeniu ze względu na rozpowszechnienie się stentów powlekanych cytostatykami.

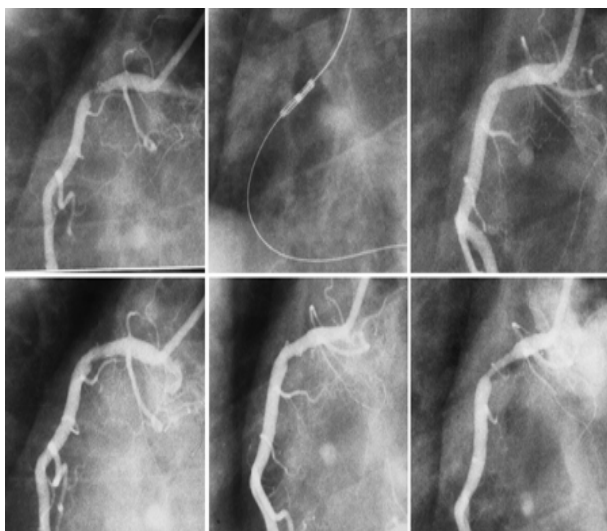
W leczeniu stosuje się izotopy:

A/ Stront 90, Itr 90, Fosfor 32 – emitery promieniowania cząstkowego beta

B/ Iryd 192 – emiter promieniowania gamma

Wskazania:

- 1) Restenoza w stencie – najczęstsze wskazanie do brachyterapii,
- 2) Restenoza w bypasse,
- 3) Zwężenia *de-novo*,
- 4) Zwężenia *de-novo* na tle cukrzycy,
- 5) Zamknięcie całkowite tętnicy.



Rycina 44. W trakcie koronarografii uwidoczniono zwężenie koncentryczne w tętnicy wieńcowej prawej, kolejne zdjęcia (od lewej do prawej, rzędami) przedstawiają przebieg angioplastyki przy pomocy cewnika z balonikiem, ostatnie zdjęcie przedstawia nawrót – restenozę.

4.20. Brachyterapia naczyń obwodowych.

Mechanizmy restenozy i zasady jej zapobiegania są podobne do tych w tętnicach wieńcowych.

Wskazania:

A/ aktualnie stosowane:

- 1/ zwężenia tętnic nerkowych „de novo”
- 2/ zwężenia tętnic udowych po PTA
- 3/ zwężenia tętnic podkolanowych po PTA

B/ potencjalne:

- 4/ zwężenia tętnic udowych „de novo”
- 5/ zwężenia układu żyły wrotnej
- 6/ zwężenia w obrębie przetok tętniczo-żylnych wykorzystywanych do dializoterapii
- 7/ zwężenia tętnic podobojczykowych
- 8/ zwężenia tętnic łokciowych



Rycina 45. Całkowita obturacja tętnicy udowej powierzchownej lewej, widoczne rozwinięte krążenie poboczne, zdjęcie po podaniu kontrastu.

Rycina 46. Założony do obturowanej tętnicy cewnik do brachyterapii typu PARIS (Nucletron), widoczne napełnione baloniki centrujące cewnik w osi tętnicy. Ma to zapobiec nierównemu rozkładowi dawki napromieniania w ścianach tętnicy.



Rycina 47. Stan po brachyterapii. Przywrócono drożność tętnicy udowej powierzchownej lewej.

5. Kierunki rozwoju brachyterapii.

Przyszłość brachyterapii, oprócz stałego rozpowszechniania istniejących metod i wskazań do leczenia, wiąże się z:

1. Brachyterapią przy użyciu implantów stałych,
2. Brachyterapią pulsacyjną PDR,
3. Rozwojem brachyterapii śródoperacyjnej wysoką mocą dawki (IOHDR – Intraoperative High Dose Rate)
3. Planowaniem trójwymiarowym (3-D) w brachyterapii,
4. Wykorzystaniem zintegrowanej linii planowania IBU – Integrated Brachytherapy Unit,
5. Uściśleniem i rozszerzeniem (po badaniach randomizowanych) wskazań do brachyterapii,
6. Wprowadzeniem nowych technik implantacji aplikatorów,
7. Wprowadzeniem zasad jakości i jednolitych protokołów leczenia – „Quality Assurance”,
8. Skojarzeniem brachyterapii z hipertermią.

6. Hipertermia i brachyterapia w leczeniu nowotworów złośliwych

Wielkopolskie Centrum Onkologii od 2006 roku wykorzystuje nowoczesny aparat do hipertermii powierzchownej i śródjamowej nowotworów amerykańskiej firmy BSD Medical. Jest to drugi tego typu aparat w Polsce. Umożliwia on nagrzewanie nowotworów leczonych jednocześnie metodami brachyterapii i wykorzystującymi te same aplikatory implantowane do wnętrza guza. Sama metoda jest znana i stosowana na świecie od wielu lat, jednak dopiero w ostatnich dwóch dekadach dzięki rozpowszechnieniu aparatury nowej generacji stała się ona bardziej dostępna. Hipertermia jest szeroko stosowana w USA (ok. 50 aparatów), w Japonii, Chinach i Europie Zachodniej (Niemcy, Włochy, Austria, Szwajcaria, Benelux). Postęp dokonał się dzięki miniaturyzacji elektrod, nowym komputerowym systemom planowania leczenia a także dzięki poszerzeniu naszej wiedzy o biologicznych podstawach hipertermii.

Hipertermia (HT), czyli przegrzanie guza nowotworowego, staje się jedną z cenionych metod walki z rakiem. Jest to nie – jonizujący (non-ionizing form) rodzaj radioterapii mogący istotnie zwiększyć skuteczność leczenia raka. HT może być stosowana jako leczenie miejscowe (HT głęboka, powierzchowna), leczenie regionalne lub ogólnoustrojowe. Jej zastosowanie wiąże się z wykorzystaniem szczególnych cech: większej od komórek normalnych wrażliwości komórek nowotworowych na podwyższenie temperatury, niemożności odprowadzania nadmiaru ciepła z guza nowotworowego związanej z brakiem mechanizmów termoregulacji w guzie z powodu braku możliwości rozszerzenia łożyska naczyniowego oraz efektów synergicznych, w szczególności uwrażliwienia komórek na radioterapię. W trakcie hipertermii tkanki są poddawane temperaturze sięgającej 40 – 44 stopni Celsjusza. Badania dowiodły, że wysoka temperatura może uszkodzić i zabić komórki raka, zwykle z towarzyszącym niewielkim ryzykiem uszkodzenia tkanek zdrowych. Mechanizm niszczenia komórek obejmuje zjawiska związane z bezpośrednim efektem cytotoksycznym wysokich temperatur, z tzw. efektem komórkowym powodowanym przez ekspresję białek szoku cieplnego, indukcję i regulację apoptozy, wpływ na przesyłanie sygnału wewnątrzkomórkowego oraz modulację odporności na leki.

HT jest stosowana zwykle łącznie z innymi metodami leczenia takimi jak radioterapia lub chemioterapia. HT może zwiększyć wrażliwość niektórych komórek nowotworowych lub uszkodzić te niewrażliwe na inne formy terapii. HT i radioterapia łączone w leczeniu skojarzonym są stosowane bezpośrednio jedno po drugim (z przerwą nie przekraczającą jednej do dwóch godzin). HT może również zwiększyć skuteczność niektórych cytostatyków.

Przeprowadzono wiele badań dotyczących skojarzonego zastosowania HT i radioterapii lub chemioterapii. Dotyczyło to takich nowotworów jak mięsaki, czerniaki, nowotwory głowy i szyi, mózgu, płuca, przełyku, piersi, pęcherza moczowego, prostaty, odbytnicy, wątroby, szyjki macicy oraz międzybłoniaka opłucnej. Zastosowanie hipertermii zwiększa szanse na wyleczenie średnio o 20-30 procent. Metoda ta jest dzisiaj dość często stosowana, szczególnie w leczeniu nowotworów piersi, skóry, głowy i szyi, prostaty, przełyku, szyjki macicy, mózgu i pęcherza moczowego.

7. Brachyterapia w Wielkopolskim Centrum Onkologii.

W Wielkopolskim Centrum Onkologii wykorzystuje się metodę brachyterapii w leczeniu nowotworów złośliwych od wczesnych lat pięćdziesiątych. Początkowo podstawową metodą brachyterapii było leczenie radem, w latach 70-tych zakupiono pierwszy selectron LDR zawierający izotop Cezu¹³⁷ umożliwiający bezpromienne ładowanie źródeł promieniotwórczych. W latach 90-tych po zakupie nowoczesnej aparatury do brachyterapii HDR i PDR nastąpił istotny wzrost liczby leczonych chorych, poszerzono zakres leczonych nowotworów do poziomu odpowiadającego renomowanym ośrodkom Unii Europejskiej. W 2002 roku zastosowano brachyterapię u 820 chorych, w 2004 roku liczba leczonych chorych wyniosła 964. W czerwcu 2005 roku uruchomiono nowoczesny Zakład Brachyterapii, w którym znajdują się 3 bunkry dla aparatów do brachyterapii, Pracownia Hipertermii, Pracownia Bronchoskopii, sala operacyjna, sale chorych oraz szereg innych pomieszczeń. Po całkowitym uruchomieniu Zakładu liczba leczonych chorych istotnie wzrosła.

Obecnie w Wielkopolskim Centrum Onkologii znajdują się 3 aparaty do brachyterapii: 1. microselectron HDR (High Dose Rate, wysoka moc dawki), 2. microselectron PDR (Pulsed Dose Rate, brachyterapia pulsacyjna), 3. selectron LDR (Low Dose Rate, niska moc dawki). W przeszłości ten ostatni będzie zastąpiony aparatem nowej generacji do brachyterapii PDR. Zakład dysponuje nowoczesnym komputerowym systemem planowania leczenia PLATO, zintegrowanym systemem planowania IBU (Integrated Brachytherapy Unit), wysokiej klasy aparatem rtg Philips Endura do planowania 3D oraz jednym z dwóch w Polsce nowoczesnym

aparatem do hipertermii BSD Medical. W niedługim czasie instalowany będzie system do brachyterapii HDR raka prostaty wykorzystujący planowanie w czasie rzeczywistym, następnie cyfrowy tor wizyjny do bronchoskopii. Planowany jest zakup drugiego aparatu do brachyterapii HDR.

Brachyterapia nowotworów ginekologicznych jest częścią kompleksowego leczenia składającego się z chirurgii i/lub teleradioterapii oraz brachyterapii i jest prowadzona w Oddziale Radioterapii Ginekologicznej. Brachyterapia pozostałych nowotworów jest prowadzona przez zespół lekarzy, fizyków i pielęgniarek Zakładu Brachyterapii.

Procedury brachyterapii wymagają znajomości technik zabiegowych implantacji aplikatorów metodami chirurgicznymi, perfekcyjnego opanowania zasad radioterapii oraz fizyki medycznej. Z tego powodu brachyterapią zajmuje się zespół składający się z radioterapeutów, fizyków medycznych, chirurgów, techników rtg, pielęgniarek zabiegowych. Personel jest szkolony w najlepszych ośrodkach krajowych i zagranicznych a wyniki jego pracy są publikowane w najlepszych czasopismach naukowych polskich i zagranicznych.

Do szczególnych osiągnięć Zakładu Brachyterapii WCO można zaliczyć:

- 1) Rozwój nowoczesnej metody - pulsacyjnej brachyterapii (PDR) nowotworów złośliwych od 01.07.2000 (tylko 4 ośrodki w Polsce).
- 2) Rozwój brachyterapii HDR i PDR śródkankowej nowotworów układu nerwowego (we współpracy z Kliniką Neurochirurgii Akademii Medycznej w Poznaniu).
- 3) Rozwój brachyterapii restenoz tętnic wieńcowych (we współpracy z Kliniką Kardiologii Akademii Medycznej w Poznaniu oraz Pracownią Hemodynamiki Szpitala Miejskiego im. Strusia – do 2004 roku).
- 4) Rozwój brachyterapii HDR restenoz tętnic obwodowych (we współpracy z Kliniką Chirurgii Naczyń Akademii Medycznej w Poznaniu, jako drugi ośrodek w Polsce).
- 5) Rozwój brachyterapii HDR i PDR nowotworów dróg żółciowych (we współpracy ze Szpitalem Miejskim przy ul. Szwajcarskiej w Poznaniu - leczenie przeprowadzone po raz pierwszy w Polsce).
- 6) Rozwój brachyterapii HDR i PDR nowotworów głowy i szyi: (we współpracy z Kliniką Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Akademii Medycznej w Poznaniu).
- 7) Rozwój brachyterapii nowotworów gruczołu piersiowego.
- 8) Rozwój brachyterapii śródoperacyjnej nowotworów jamy brzusznej.

Aktualny zakres brachyterapii w Wielkopolskim Centrum Onkologii obejmuje:

- a. leczenie endoluminalne nowotworów tchawicy i płuca,
- b. leczenie endoluminalne nowotworów przełyku,
- c. leczenie endoluminalne nowotworów dróg żółciowych:
we współpracy z Kliniką Chirurgii Szpitala przy ul. Szwajcarskiej,
- d. leczenie endoluminalne i śródkankowe nowotworów ginekologicznych,
- e. leczenie śródkankowe nowotworów prostaty,
- f. leczenie śródkankowe nowotworów mózgu:
we współpracy z Kliniką Neurochirurgii AM w Poznaniu,
- f. leczenie śródkankowe nowotworów głowy i szyi:
we współpracy z Kliniką Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej AM w Poznaniu,
- g. leczenie śródkankowe nowotworów piersi,
- h. leczenie śródkankowe nowotworów penisa,
- i. leczenie śródkankowe nowotworów zaawansowanych nowotworów jamy brzusznej, w tym trzustki, wątroby, wznów nowotworów jelita grubego, mięsaków zaotrzewnowych,
- j. leczenie śródkankowe nowotworów wargi,
- k. leczenie śródkankowe nowotworów skóry,

- l. leczenie endoluminalne raka odbytu,
- m. leczenie nowotworów gałki ocznej (we współpracy z Kliniką Okulistyki AM w Poznaniu),

Leczenie metodą brachyterapii przebiega we współpracy z:

- a. Oddziałami i Zakładem Radioterapii Wielkopolskiego Centrum Onkologii,
- b. Kliniką Neurochirurgii Akademii Medycznej, Poznań,
- c. Kliniką Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Akademii Medycznej, Poznań,
- d. Kliniką Okulistyki Akademii Medycznej, Poznań,
- e. II Kliniką Chirurgii Szpitala przy ul. Szwajcarskiej, Poznań,
- f. Zakładem Radiologii Klinicznej Akademii Medycznej,