

BRACHYTERAPIA

(DLA STUDENTÓW WYDZIAŁU LEKARSKIEGO, AM. POZNAŃ)

DR M. MED. JANUSZ SKOWRONEK



Wielkopolskie Centrum Onkologii
Poznań, 2004

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/ **teleterapię**, inaczej radioterapię wiązkami zewnętrznymi powstającymi w przyspieszaczach liniowych, gammatronach, cyklotronach, betatronach, emitujących promieniowanie fotonowe oraz cząstkowe
i 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, uzupełniająco po usunięciu pterygium (skrzydlika).

Brachyterapia jest stosowana:

1/ jako samodzielne leczenie radykalne,
2/ jako część skojarzonego leczenia radykalnego razem z chirurgią i/lub teleterapią,
3/ jako samodzielne leczenie paliatywne,
4/ jako część skojarzonego leczenia paliatywnego razem z chirurgią i/lub teleterapią,
5/ jako brachyterapia ratunkowa.

2. Zarys historyczny

Brachyterapia zaczęła rozwijać się pod koniec XIX wieku, 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 - 3 – pierwsze doniesienia o zastosowaniu radu – Abbe (Nowy York) i Strebel (Monachium) – leczenie raka skóry, keloidu,
 1905 – rozwinięcie śródtkankowej curieterapii, założenie Instytutu Radowego w Manchester,
 1909 – zastosowanie tubek radowych w ginekologii,
 1914 – 1918 – rozwijanie brachyterapii w szpitalach Radium Hemmet (Stockholm), Memorial Hospital (New York), Radium Institute (Paris),
 1914 – opracowanie zasad systemu Stockholmskiego,
 1919 – opracowanie zasad systemu Paryskiego,
 1934 – opracowanie zasad systemu Manchesterskiego, zasad Patersona – Parkera (zasady implantacji izotopów, sposób obliczania dawki - podstawowe zasady, które legły u podstaw współczesnej brachyterapii,
 1934 – wykrycie sztucznej promieniotwórczości (Irena i Frederic Joliot-Curie).
 Dopiero jednak w latach 50 – tych wykorzystano sztuczne pierwiastki promieniotwórcze w brachyterapii nowotworów złośliwych. Szczególne znaczenie miało odkrycie izotopów Jodu i Cezu. Można opisać 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.
 1953 – opracowano podstawy „afterloadingu” (Haenschke i Hilaris) oraz zasady leczenia wysoką mocą dawki.
 1956 – odkrycie Irydu 192, podstawowego obecnie izotopu promieniotwórczego stosowanego w brachyterapii.
 Dla rozwoju brachyterapii istotne znaczenie miało skonstruowanie oraz wprowadzanie do leczenia kolejnych generacji 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 [Pulsed Dose Rate]

W okresie lat 50 – tych, 60 – tych, 70 – tych zanotowano szybszy rozwój i szersze zastosowanie kliniczne teleterapii w porównaniu z brachyterapią ze względu na postęp w budowie aparatury i rozwój technik napromieniania. Brachyterapia straciła na znaczeniu przede wszystkim z powodu trudności w zapewnieniu ochrony radiobiologicznej 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.

Efektem tego jest wprowadzenie do użytku aparatów do brachyterapii opartych na zasadach bezpromiennego ładowania źródeł („after-loading”) 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.

3. Zasady, metody brachyterapii

3.1. Zasady ogólne.

1. Skutkiem umieszczenia izotopu 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. Zwiększa to odsetek kontroli miejscowej, ponadto ze względu na fizyczne właściwości promieniowania (spadek natężenia dawki proporcjonalnie z kwadratem odległości od źródła) umożliwia lepszą ochronę otaczających zdrowych tkanek, w tym narządów krytycznych.
3. Warunkiem uzyskania tego efektu jest dostępność guza oraz jego zdefiniowana, z reguły niewielka wielkość.
4. Implantacja aplikatorów często wymaga współpracy z chirurgiem – przed brachyterapią wykonywana jest często cytoredukcja guza, resekcja guza, craniotomia, laparotomia połączona z częściową resekcją guza, lub z implantacją aplikatorów.
5. W przeciwieństwie do teleterapii 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** (zastosowanie w leczeniu nowotworów jamy ustnej, gardła, wargi, skóry, prącia, cewki moczowej, pęcherza moczowego, gruczołu krokowego, sutka, mózgu, mięsaków)
2. **śróddjamową** [plesiobrachytherapy] (nowotwory szyjki macicy, trzonu macicy, pochwy, oskrzela, tchawicy, przełyku, dróg żółciowych, skóry, mięsaki). Do metody tej zalicza się również podawanie izotopu jodu¹²⁵ doustnie w niektórych postaciach raka tarczycy, izotopu złota⁹⁸ dopełcherzowo w raku pęcherza moczowego.

Brachyterapia śróddjamowa dzieli się na:

1. wewnątrzprzewodową (intraluminal) – nowotwory przełyku, oskrzela, dróg żółciowych,

2. wewnątrzjamową (intracavitary) – nowotwory szyjki macicy, trzonu macicy,
3. wewnątrznaczyniową (endovascular)
4. powierzchniową (surface).

Ze względu na **czas pozostawania źródeł** w obrębie tkanek dzielimy brachyterapię na:

1. **stałą** (permanentną) (np. izotop złota⁹⁸ – w leczeniu raka pęcherza, jod¹²⁵ - w leczeniu raka tarczycy, raka prostaty, guzów mózgu, paladium¹⁰³, radon²²²)
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 **after loading** oznacza „bezpromieniowe” przygotowanie zabiegu poprzez wprowadzenie aplikatorów lub przewodnic, 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.

3.4. Postęp technologiczny istotnie wpłynął na udoskonalenie metod brachyterapii, w szczególności umożliwił przestrzenną rekonstrukcję guza wraz z założonymi przewodnicami przy pomocy tomografii komputerowej, radiogramów, obrazów NMR, wprowadzenie techniki źródła krocącego oraz metody „after-loadingu” umożliwiającej zastosowanie indywidualnego rozkładu dawki i automatyczną optymalizację rozkładu dawki i czasu leczenia. Pozwala to na dokładne określenie obszaru do leczenia (Clinical Target Volume [CTV], Great Target Volume [GTV], Planning Target Volume [PTV], Irradiated Volume) oraz rozkładu dawki w narządach krytycznych

Przygotowanie pacjenta oraz planu leczenia składa się z szeregu etapów, wśród których można wyróżnić:

1. Badania diagnostyczne - zdjęcia rtg, tomografia komputerowa, rezonans NMR, mammografia, ultrasonografia, angiografia,

2. Implantacja aplikatorów,
3. Weryfikacja umiejscowienia aplikatorów – zdjęcia rtg na aparacie IBU (Intergrated Brachytherapy Unit), planowanie leczenia przy pomocy TK, NMR,
4. Przesłanie obrazów siecią komputerową do jednego z systemów obliczeniowych,
5. Rekonstrukcja obszaru leczonego z aplikatorami przy pomocy systemu obliczeniowego,
6. Planowanie leczenia: określenie obszaru leczonego (GTV, CTV, PTV, Treated Volume, Irradiated Volume), określenie planowanej dawki frakcyjnej, całkowitej, punktu referencyjnego, liczba frakcji, rozkładu dawki w narządach krytycznych,
7. Akceptacja planu leczenia,
8. Przesłanie planu leczenia siecią komputerową do aparatu do brachyterapii,
9. Leczenie.

Zasady ogólne przy planowaniu leczenia obejmują objęcie zasięgiem aplikatora obszaru guza, stabilizację aplikatorów, rekonstrukcję 3D (trójwymiarową), oraz określenie dawki leczącej obejmującej guz z odpowiednim marginesem.

4. Brachyterapia LDR, HDR, PDR

4.1. Metoda LDR (Low Dose Rate), brachyterapia niską mocą dawki.

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

Jest to brachyterapia klasyczna (konwencjonalna), której zasadniczą cechą jest ręczne („manual after-loading”) ładowanie źródeł.

Zalety:

1. sprawdzona skuteczność na dużych grupach chorych,
2. większe prawdopodobieństwo procesów naprawczych w komórkach tkanek zdrowych (sublethal damage repair) w trakcie napromieniania,
3. niewielki odsetek odczynów popromiennych wczesnych i późnych,
4. wysoki współczynnik terapeutyczny ograniczony jedynie zdolnością do depopulacji komórek,
5. krótszy czas leczenia niż w przypadku zastosowania teleterapii.

Wady:

1. mała dokładność w określaniu rzeczywistego rozkładu dawki,
2. długi czas leczenia,
3. dyskomfort dla pacjenta,
4. większe narażenie personelu na działanie promieni jonizujących.

4.2. Metoda HDR (High Dose Rate), brachyterapia wysoką mocą dawki.

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

W metodzie 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 przewodnicy na zaplanowaną odległość. Odległość ta w przybliżeniu odpowiada rozmiarom guza.

Zalety:

1. krótki czas leczenia (źródło o wysokiej aktywności),
2. odtwarzalność objętości napromienianej (stabilizacja aplikatorów stosowanych w krótkim czasie),
3. ochrona narządów krytycznych,
4. poprawa komfortu leczenia w stosunku do LDR,
5. ograniczenie kosztów leczenia (leczenie ambulatoryjne),
6. ochrona personelu – „remote afterloading”
7. jedno stałe źródło,
8. wysoki odsetek unieszkodliwionych komórek (logarytmiczna zależność od mocy dawki).

Wady:

1. ograniczona możliwość korekcji błędów,
2. w przypadku błędów planowania – niski współczynnik terapeutyczny,
3. ograniczony zasięg aktywności skutecznej (jedna przewodnica do 2cm),
4. ostre i późne odczyny (rejon głowy i szyi, srom),
5. uszkodzenia popromienne żuchwy,
6. konieczność budowy bunkra podobnie jak w przypadku przyspieszaczy liniowych (5 – 7 cm ołowiu, 35 – 50 cm betonu),
7. kosztowna wymiana źródeł (co 3 miesiące).

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

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

Zasady ogólne.

W metodzie PDR stosuje się izotop promieniotwórczy Irydu¹⁹² o aktywności 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 Kalifornia w San Francisco w 1992 roku.

W Polsce aparaturę do brachyterapii PDR posiadają 4 ośrodki: oddziały Instytutu Onkologii w Krakowie i Gliwicach, Klinika Onkologii i Radioterapii AM w Gdańsku 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.

W metodzie tej podczas każdego impulsu do wszystkich założonych aplikatorów jest wprowadzane pojedyncze źródło izotopu (podobnie jak w metodzie HDR), które umiejscawiane jest na podstawie zaplanowanego wcześniej obszaru do leczenia oraz pod kontrolą komputerowego systemu planowania leczenia. Źródło przesuwane jest wzdłuż osi aplikatora na zaplanowaną odległość. Odległość ta w przybliżeniu odpowiada rozmiarom guza. 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 izotopów 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. Aktywność izotopu Irydu 192 umożliwia podanie w ciągu godziny dawki od 1 do 3 Gy przy ciągłym nie przerywanym leczeniu. Dawki podawane impulsami w metodzie PDR są jednak niższe i zwykle mieszczą się między 0,4 i 1 Gy a czas leczenia sięga 10 do 15 minut w ciągu każdej godziny leczenia.

Niekiedy, zwłaszcza w leczeniu raka oskrzeli, przerwa pomiędzy impulsami jest krótsza i wynosi pół godziny celem skrócenia całkowitego czasu przebywania aplikatora wewnątrz oskrzeli. Wynika to z gorszej tolerancji obecności aplikatora przez chorego. Teoretycznie można nie zastosować przerw pomiędzy impulsami, wtedy metoda PDR stanie się metodą odpowiadającą ciągłej brachyterapii LDR, niweczy to jednak korzyści, których się spodziewamy po wprowadzeniu przerw pomiędzy impulsami.

Wady:

1. ryzyko odkształcenia oraz przesunięcia aplikatora podczas wielogodzinnego leczenia,
2. ryzyko wynikające z wielokrotnego wsuwania i wysuwania źródeł do tego samego aplikatora,
3. konieczność hospitalizacji chorych zwiększającej koszty leczenia.

5. Brachyterapia nowotworów pozaginekologicznych

– wskazania do leczenia, przeciwwskazania, zalecane dawki.

1. Nowotwory głowy i szyi.

1.1. Rak języka:

Wskazania:

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

Warunki: sanacja jamy ustnej, usunięcie martwych zębów, protezy zębowe można stosować po 6 miesiącach od zakończenia leczenia

1.1.1. część ustna

1. T1N0 - samodzielna brachyterapia
2. T2N0 – brachyterapia przy lokalizacji w linii środkowej (+ elektywna teleterapia na układ chłonny szyi)
3. przy wzroście ryzyka zajęcia węzłów chłonnych - brachyterapia po operacji lub teleterapii
4. po zabiegu: w stopniu T1 i T2 N0 (w przypadku pozytywnego marginesu lub mniejszego od 5 mm)
5. po zabiegu: w stopniu T3 i T4 N0 (prowadnice zakładane są w trakcie operacji)
6. leczenie paliatywne wznów po teleterapii

Przeciwwskazania:

a/ naciek żuchwy

b/ 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

c/ gdy więcej niż 1 cm² języka otrzyma teleterapię dawką 6000 - 6500 cGy

1.1.2. podstawa języka:

Wskazania:

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

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 teleterapia, potem „boost” z brachyterapii
3. Leczenie paliatywne wznowy po teleterapii

Przeciwwskazania:

1. guz umiejscowiony bliżej niż 0,5 cm od żuchwy
2. $T > 30$ mm

Brachyterapia kontaktowa: jedynie przy guzach o grubości do 5mm

Brachyterapia śródtkankowa: przy pozostałych guzach

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

Wskazania:

1. Guzy o zaawansowaniu T1-3N0M0 jako leczenie skojarzone z teleterapią, bez inwazji przygardłowej
2. Guzy o zaawansowaniu T4N0M0, jako leczenie skojarzone z teleterapią
3. Leczenie wznowy po teleterapii

Powikłania:

1. Perforacja podniebienia, martwica śluzówki

Przeciwwskazania:

1. Naciekanie kąta zatronowcowego, nosogardła, krtani, gardła dolnego, okolicznych kości.
2. Guzy o średnicy powyżej 50 mm.
3. $N \geq 2$

1.4. Rak podniebienia twardego:

Wskazania:

1. Jako element leczenia skojarzonego z teleterapią w T1-2 N0, T3N0
2. Leczenie paliatywne wznów po teleterapii

1.5. Rak nosogardła

Wskazania:

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

Przeciwwskazania:

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

Powikłania:

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

1.6. Rak policzka:

Wskazania:

1. T1-2 N0 przy $T < 1,5$ cm, 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 teleterapii 5000 cGy)

3. Leczenie wznów po teleterapii

Przeciwwskazania:

1. Naciek okolicy zatrzonowcowej
2. Naciek załamka policzkowo - dziąsłowego

1.7. Rak wargi dolnej:

Ponad 90% guzów wargi może być wyleczone metodą 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

1.8. Rak przedsionka nosa:

Wskazania:

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

1.9. Drugi nowotwór w obrębie głowy i szyi:

Wskazania:

1. Upływ ponad 5 lat od zakończenia leczenia pierwszego guza
2. Inne umiejscowienie
3. Inna histologia
4. Wznowa tego samego nowotworu

2. Nowotwory OUN

Wskazania:

1. Leczenie wznów po teleterapii
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. Umieszczenie guza umożliwiające założenie prowadnic
4. Brak dowodów na naciekanie układu komór, przestrzeni podpajęczynówkowej
5. Prowadnice są zakładane przez neurochirurga w znieczuleniu ogólnym.

3. Rak przełyku

Wskazania do leczenia:

1. Leczenie radykalne (w skojarzeniu z teleterapią):

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 teleterapii
- f/ chorzy z progresją po teleterapii

Przeciwwskazania:

1. naciek wpustu żołądka
2. przetoka przełykowo-tchawicza

Badania niezbędne przed rozpoczęciem leczenia:

1. badania podstawowe (morfologia, biochemia, układ krzepnięcia)
2. konieczne rozpoznanie histopatologiczne
3. ezofagoscopia
4. KT klatki piersiowej
5. rtg klatki piersiowej

4. Rak płuca, tchawicy

Wskazania do leczenia:

1. Leczenie radykalne:

- a/ celem podwyższenia dawki po teleterapii – „boost” – T1-2 N0-1 M0
- b/ samodzielna brachyterapia - guzy o zaawansowaniu T1-2 N0 M0

c/ leczenie skojarzone (z teleterapią) po zabiegu – R2

2. Leczenie paliatywne:

a/ wznowa miejscowa po uprzedniej teleradioterapii

b/ chorzy z nie drobnokomórkowym rakiem oskrzela z objawami choroby, głównie z dusznością wywołaną miejscową obturacją drzewa oskrzelowego, kaszlem, krwiopluciem, niedodmą

Przeciwwskazania:

1. Guz zlokalizowany w części obwodowej płuca
2. Guz Pancoasta
3. Ucisk z zewnątrz

Kryteria kwalifikacji: Karnofsky >50, weryfikacja histologiczna, położenie guza dostępne endoskopii

5. Rak sutka

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 teleterapii przez brachyterapią należy ocenić regresję guza (mammografia, USG, NMR).

Wskazania:

1. Leczenie uzupełniające po teleterapii, po oszczędzającym zabiegu chirurgicznym (kwadrantektomia, tumorectomia).

Warunki:

1. Guz T1 – T2 N0, średnica < 30 mm, w kwadrantach górnych zewnętrznych i dużych piersiach - < 50 mm.
2. Oddzielne cięcie dla tumorectomii i lymphadenectomii

Metody leczenia:

1. "boost" po 7 dniach od zakończenia teleterapii dawką 4500 - 5000 cGy na okolicę sutka
2. w okresie pooperacyjnym przed teleterapią (elastyczne prowadnice są zakładane w trakcie zabiegu, brachyterapia w okresie do dwóch tygodni po zabiegu).

2. Leczenie uzupełniające po oszczędzającym zabiegu chirurgicznym (bez teleterapii) w niektórych przypadkach małych guzów z grupy niskiego ryzyka – T1, niektóre T2N0-1 (leczenie zalecane jedynie w ramach randomizowanych triali).

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 teleterapią, 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 teleterapii zaawansowanego raka sutka (stopień kliniczny III).**

Warunki:

1. Uzyskanie remisji po pierwotnym leczeniu
 2. Dyskwalifikacja od mastektomii
- #### **5. Leczenie wznowy miejscowej po mastectomii oraz teleterapii:**
- 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. wielogniskowy 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 cm² lub grubość guza powyżej 5 mm w przypadku brachyterapii kontaktowej.

6. Nowotwory skóry

Wskazania:

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

Przeciwwskazania:

1. przetoki
2. obecność przerzutów do węzłów chłonnych
3. nacieki kości

Inne nowotwory skóry, w których leczeniu można zastosować brachyterapię:

Zalecane często:

- 1/ Mięsak Kaposi'ego
- 2/ Mycosis fungoides
- 3/ Chłoniaki

Zalecane rzadziej:

- 1/ Keratoacanthoma
- 2/ Czerniak
- 3/ Rak z komórek Merkla
- 4/ Angiosarcoma
- 5/ Choroba Bowena

7. Rak prostaty

Wskazania:

1. Leczenie radykalne:

Oczekiwany czas przeżycia dla chorych powinien wynosić wiele lat.

a/ T1-2 N0, bez przerzutów odległych, objętość prostaty nie powinna przekraczać 50 cm³

b/ PSA <10, Gleason ≤6

c/ Leczenie skojarzone: teleterapia + brachyterapia – PSA 10 – 20, Gleason = 7

Przeciwwskazania:

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. PSA

2. USG doodbytnicze

3. TK lub NMR miednicy mniejszej celem oceny węzłów chłonnych

4. Przy PSA > 10 – scyntygrafia

5. Biopsja przezodbytnicza celem oceny histopatologicznej oraz oceny skali Gleasona

8. 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 – teleterapia 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 śródtkankowa cewników w znieczuleniu ogólnym lub zastosowanie aplikatora zewnętrznego – brachyterapia kontaktowa

9. 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.

10. 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

11. Nowotwory wątroby

Tolerancja całej wątroby na radioterapię nie przekracza 25-30 Gy

Brachyterapia – leczenie umożliwiające podanie wysokiej dawki na ograniczonym obszarze.

Ograniczenia:

1. trudność techniczna implantacji cewnika i jego umocowania (przesunięcie w trakcie leczenia)
2. ryzyko krwotoku
3. ryzyko zakażenia

Wskazania:

Próba kliniczne: przerzuty do wątroby jelita grubego, żołądka, trzustki) -
implanty stałe (^{125}J , ^{103}Pd).

12. Rak odbytu

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.
2. Leczenie endoluminalne stosowane jest rzadko, ze względu na wysoką dawkę podawaną na śluzówkę, stosowane bywa jedynie w przypadkach T1 o grubości guza do 5mm.

Wskazania:

1. Leczenie radykalne:

- a/ T1 – samodzielna brachyterapia lub teleterapia i brachyterapia
- b/ T2 – teleterapia i brachyterapia
- c/ T3 – teleterapia z chemioterapią \pm brachyterapia

Podsumowanie:

1. guzy o zaawansowaniu T1 – 2 \pm T3
2. naciekające mniej niż 2/3 obwodu odbytu
3. N0 (wyjątkowo małe węzły w okolicy odbytu możliwe do objęcia izodozą 85%)
4. M0

2. 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

3. Guzy brzegu odbytu:

- a/ wskazania rzadkie, najczęściej po teleterapii celem podwyższenia miejscowego dawki („boost”)

Przeciwwskazania:

1. Niewielka regresja guza po wstępnej chemioradioterapii raka płaskonabłonkowego lub kloakogennego
2. Guzy naciekające więcej niż 2/3 obwodu odbytu ze względu na duże ryzyko zwięzienia 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)

13. 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. Plan leczenia ze szczególnym uwzględnieniem narządów krytycznych
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 powyżej 3 do 10 cm powyżej odbytu, w skojarzeniu z teleterapią, o średnicy < 6 cm, aplikator wewnątrzjamowy
- c/ Chorzy odmawiający zabiegu, lub zdyskwalifikowani z przyczyn internistycznych:

2. Leczenie paliatywne:

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

14. Rak dróg żółciowych

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 teleterapią)
 - b/ leczenie uzupełniające po leczeniu chirurgicznym
- ##### **3. Leczenie paliatywne** – celem ułatwienia odpływu żółci

Technika:

- 1/ implantacja cewnika do dróg żółciowych podczas gastroduodenoskopii, często konieczne jest udrożnienie ujścia na brodawce Vatera
- 2/ implantacja cewnika w trakcie laparotomii (gdy metoda opisana powyżej jest niemożliwa) – rzadko wykonywana

15. Nowotwory przestrzeni zaotrzewnowej

1. Mięśniaki, chłoniaki, nowotwory zarodkowe, neuroblastoma, nowotwory układu nerwowego
2. Problemem – naciekanie struktur sąsiednich w 60 – 70% przypadków.
3. Przeciwwskazania do radykalnej chirurgii – nacieki aorty, żyły głównej, naczyń biodrowych, kręzkowych, kręgosłupa, splotów nerwowych, otrzewnej, przerzuty odległe.
4. Większość chorych wymaga uzupełniającej radioterapii po zabiegu.
5. Obecnie preferowana teleterapia przedoperacyjna (45 Gy) z ewentualnym „boostem” (15 Gy) po zabiegu:
 - NMR, KT pozwala na łatwą ocenę zaawansowania guza
 - Guz przesuwana narządy krytyczne (jelita, nerka) z pola napromienianego
 - Zmniejszenie guza zwiększa szansę na radykalność zabiegu

Wskazania:

1. Leczenie paliatywne:

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

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

a/ guzy nieoperacyjne wielkości do 5-6 cm średnicy, bez nacieku narządów krytycznych,

b/ Implantacja cewników w trakcie laparotomii

Histopatologia:

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

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

16. 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 mniejszy odsetek wznów miejscowych. Nie zaleca się stosowania brachyterapii w mięśniakach w stopniu 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

17. Nowotwory wielu dziecięcego

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

Wskazania:

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

18. Brachyterapia naczyń wieńcowych

Wskazania:

1. restenoza w stencie
2. restenoza w bypassie (vena saphenous grain)
3. zwężenia *de-novo*
4. zwężenia *de-novo* na tle cukrzycy
5. zamknięcie całkowite tętnicy

19. Brachyterapia naczyń obwodowych

Wskazania:

1. tętnica udowo-podkolanowa:

- a/ restenoza, powtórne zamknięcie tętnicy
- b/ zwężenie *de-novo*
- c/ zwężenie na tle cukrzycy
- d/ zamknięcie *de-novo*
- e/ założenie stentu po niepowodzeniu angioplastyki

w pozostałych umiejscowieniach (często w fazie prób klinicznych): zwichnięcia de-novo, restenoza:

2. tętnica udowa
3. tętnica biodrowa zewnętrzna
4. tętnica nerkowa
5. tętnica podobojczykowa
6. tętnica łokciowa
7. tętnica piszczelowa
8. połączenia tętniczo-żylne do dializ

6. 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 renomowanemu ośrodkom Unii Europejskiej. W 2002 roku zastosowano brachyterapię u 820 chorych, w 2003 roku liczba leczonych chorych przekroczy 1000, przy czym ograniczeniem stają się możliwości finansowe Narodowego Funduszu Zdrowia.

W 1996 rozpoczęto budowę nowego skrzydła szpitala, mieszczącego m.in. Zakład Brachyterapii, w którym znajdują się 3 bunkry dla aparatów do brachyterapii. Po wybudowaniu 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). Szpital dysponuje nowoczesnym komputerowym systemem planowania leczenia PLATO oraz zintegrowanym aparatem rtg do planowania - IBU (Integrated Brachytherapy Unit). Brachyterapia nowotworów ginekologicznych jest częścią kompleksowego leczenia składającego się z chirurgii i/lub teleterapii oraz brachyterapii i jest prowadzona w Oddziale Radioterapii Ginekologicznej. Brachyterapia pozostałych nowotworów jest prowadzona przez zespół lekarzy Pracowni Brachyterapii Ogólnej.

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.

Do szczególnych osiągnięć Pracowni Brachyterapii WCO (wprowadzenia metod leczenia po raz pierwszy na terenie Wielkopolski)

można zaliczyć:

1. Rozwój nowoczesnej metody - pulsacyjnej brachyterapii (PDR) nowotworów złośliwych od 01.07.2000 (*4 ośrodki w Polsce*)
 2. Rozwój brachyterapii HDR i PDR śródtkankowej 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, 3 ośrodki w Polsce*)
 4. Rozwój brachyterapii HDR restenoz tętnic obwodowych (*we współpracy z Kliniką Chirurgii Naczyń Akademii Medycznej w Poznaniu, jako 2 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 śródoperacyjna nowotworów jamy brzusznej
- Wyniki naszej pracy są przedmiotem licznych publikacji naukowych, krajowych i zagranicznych.

Aktualny zakres brachyterapii obejmuje:

- leczenie endoluminalne nowotworów tchawicy i płuca
- leczenie endoluminalne nowotworów przełyku, dróg żółciowych,
- leczenie endoluminalne nowotworów dróg żółciowych:
 - we współpracy z Kliniką Chirurgii Szpitala przy ul. Szwajcarskiej
- leczenie endoluminalne i śródtkankowe nowotworów ginekologicznych
- leczenie śródtkankowe nowotworów mózgu:
 - we współpracy z Kliniką Neurochirurgii AM w Poznaniu
- leczenie śródtkankowe nowotworów głowy i szyi:
 - we współpracy z Kliniką Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej AM w Poznaniu
- leczenie śródtkankowe nowotworów sutka
- leczenie śródtkankowe nowotworów penisa
- leczenie śródtkankowe nowotworów zaawansowanych nowotworów jamy brzusznej, w tym trzustki, wątroby, wznów nowotworów jelita

- grubego, mięsaków zaotrzewnowych
- leczenie śródtkankowe nowotworów wargi
 - leczenie śródtkankowe nowotworów skóry
 - leczenie śródtkankowe nowotworów prostaty
 - leczenie endoluminalne raka odbytu
 - leczenie nowotworów gałki ocznej (we współpracy z Kliniką Okulistyki AM w Poznaniu)
 - brachyterapia chorób układu naczyniowego:
 - restenoz naczyń wieńcowych (we współpracy z Kliniką Kardiologii AM w Poznaniu oraz Oddziałem Kardiologii Szpitala Miejskiego ul. Strusia)
 - restenoz naczyń obwodowych (we współpracy z Kliniką Chirurgii i Naczyń oraz Zakładem Radiologii Klinicznej AM w Poznaniu)

Leczenie metodą brachyterapii przebiega we współpracy z:

- Oddziałami i Zakładem Radioterapii Wielkopolskiego Centrum Onkologii
- Kliniką Neurochirurgii Akademii Medycznej, Poznań
- Kliniką Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Akademii Medycznej, Poznań
- Kliniką Okulistyki Akademii Medycznej, Poznań
- Kliniką Kardiologii Akademii Medycznej, Poznań
- Kliniką Chirurgii Ogólnej i Naczyń Akademii Medycznej, PSK nr 1, Poznań
- II Kliniką Chirurgii Szpitala przy ul. Szwajcarskiej, Poznań
- Oddziałem Kardiologii Szpitala Miejskiego ul. Strusia
- Zakładem Radiologii Klinicznej Akademii Medycznej

DODATKI

Tabela 1
Izotopy promieniotwórcze najczęściej stosowane w brachyterapii

Izotop, forma	Metoda stosowania	Energia średnia	Czas półrozpadu
1/ Ir-192 druty, igły, ziarna	(PDR, HDR - czasowe)	0,397 MeV	T = 73,8 dni
2/ Co-60 igły, tuby, płytki oczne	(HDR – czasowe)	1,25 MeV	T = 5,26 lat
3/ Cs-137 tubka, igły, ziarna	(LDR – czasowe)	0,662 MeV	T = 30,3 lat
4/ Tantal-182 druty, tuby	(czasowe)	0,07-1,23 MeV	T = 115 dni
5/ Rad-226 tubka, igły	(LDR – czasowe)	0,19-2,43 MeV (0,83)	T = 1626 lat
6/ Itr-90 ziarna	(czasowe)	2,24 MeV	T = 2,5 dnia
7/ J-131 roztwór		0,61 MeV (beta)	
8/ P-32 roztwór, koloid		0,35 MeV (gamma)	T = 8 dni
9/ Stront 89 roztwór		1,7 MeV (beta)	T = 14,3 dni
10/ J-125 ziarna	(implanty stałe)	1,46 MeV (beta)	T = 50,6 dni
11/ Paladium 103 ziarna	(implanty stałe)	0,028 MeV	T = 59,6 dni
12/ Au-198 ziarna, druty	(implanty stałe)	0,02 MeV	T = 17 dni
13/ Ruthenium 106 płytki		0,412 MeV	T = 2,7 dnia
14/ Stront 90 / Itr 90 płytki		2,07 – 3,63 MeV (beta)	T = 368 dni
15/ Radon 222 ziarna	(implanty stałe)	2,24 MeV (beta)	T = 28,9 lat
16/ Californ-252 niskoenergetyczne neutrony		0,83 MeV	T = 3,8 dni