



Praca poglądowa/Review paper

Procedura napromieniania całego ciała w Wielkopolskim Centrum Onkologii

Total body irradiation procedure at the Greater Poland Cancer Centre

Anna Karolak¹

¹Zakład Radioterapii I, Wielkopolskie Centrum Onkologii, Poznań, Polska

Streszczenie

W Wielkopolskim Centrum Onkologii od 1993 roku stosuje się schemat napromieniania całego ciała. Pacjenci napromieniani są dawkami z zakresu 12 Gy do 14,4 Gy. Liczba frakcji zależy od dawki całkowitej. Najdłuższy schemat TBI mający przygotować pacjenta do przyjęcia „nowego” szpiku kostnego to 4 dni. Procedura to stosowana jest w przypadku ostrej lub przewlekłej białaczki szpikowej.

Pacjent jest odpowiednio pozycjonowany do każdego seansu terapeutycznego, tak aby jego każde ułożenie było odtwarzalne oraz komfortowe. Szczególnym narządem krytycznym w procesie TBI są płuca, dlatego też w celu zmniejszenia w nich dawki stosuje się aplikatory ze stopu Wood'a. W wyniku tego należy dopromienić obszar klatki piersiowej wiązką elektronową.

Abstract

Total body irradiation has been used at the Greater Poland Cancer Centre since 1993. Patients are treated with radiation doses in the range of 12 Gy to 14.4 Gy. The number of fractions depends on the total dose. The longest TBI regimen aimed to prepare the patient for the receipt of new bone marrow takes four days. That procedure is employed in the case of acute or chronic myeloid leukaemia.

The patient is properly positioned for each therapeutic session so that every set-up is reproducible and comfortable. The lungs are the critical organ at risk in the TBI process; therefore, applicators made of Wood's alloy are used to reduce radiation to the lungs. For that reason, electron beam boost needs to be given to the chest region.

Słowa kluczowe: napromienianie całego ciała

Keywords: total body irradiation

Adres do korespondencji

mgr Anna Karolak,

Zakład Fizyki Medycznej,

Wielkopolskie Centrum Onkologii, ul. Garbary 15, 61-866 Poznań, Polska

e-mail: karolakanna90@gmail.com

Wprowadzenie

Głównym celem napromieniania całego ciała jest zniszczenie wszystkich komórek nowotworowych, które przetrwały inne terapie, takie jak chemioterapia lub lokalne napromienianie. W wyniku napromieniania dochodzi do immunosupresji, czyli do osłabienia układu odpornościowego pacjenta, aby zapobiegać odrzuceniu szpiku kostnego od niespokrewnionych dawców. Ostatecznym efektem TBI jest przygotowanie miejsca pod nowy szpik [1-3,10].

W Wielkopolskim Centrum Onkologii stosuje się różne schematy frakcjonowania dawki w napromieniania całego ciała, zależne m. in. od rozpoznania klinicznego, w przypadku pacjentów poddanych takiemu leczeniu. Dawka całkowita powyżej 12,6 Gy do 14,4 Gy jest frakcjonowana w ciągu 4 dni ze względów radiobiologicznych, ponieważ nie można podać dawki większej niż ok. 3-4 Gy (jest to dawka letalna dla większości populacji). Tą metodą leczeni są pacjenci z ostrą lub przewlekłą białaczką szpikową. W ciągu 3 dni frakcjonuje się dawkę 12 Gy również w ostrej lub przewlekłej białaczce szpikowej oraz białaczce limfoblastycznej. Dawkę 5 Gy w 2 dni zastosowano w nabytej anemii plastykowej. Jednorazowe napromienianie dawką 2 Gy stosuje się przy chłoniakach niezłośliwych, leukaemia mieloblastyczna acuta oraz plasmocytoma.

Cel pracy

Celem pracy jest analiza metod napromieniania całego ciała stosowanych w latach 1993- 2015 w Wielkopolskim Centrum onkologii oraz sposobu frakcjonowania dawki całkowitej podczas procesu leczenia.

Aparatura wykorzystywana w WCO

W tabeli nr 1 przedstawiono zestawienie aparatów terapeutycznych wykorzystywanych w Wielkopolskim Centrum Onkologii do napromieniania całego ciała oraz odpowiadające im moce dawki dla poszczególnych pól. Dokonując porównania mocy dawki dla wiązek o energii 15 MV najwyższą wartość (13,8 cGy/min.) stwierdzono dla Saturn 43 F, natomiast najniższą moc dawki (5,75 cGy/min.) uzyskano przy użyciu Mevatronu KD2.

Aparat terapeutyczny	Moc dawki	SSD	Moc dawki	SSD
	Pola boczne - LAT	Pola boczne – LAT	Pola AP/PA	Pola AP/PA
Gammatron S Co 60 1,25 MeV	6,98 cGy/min	275 cm	17,75 cGy/min	183 cm
Mevatron KD2 Fotony 15 MV 50 j.m./min	5,75 cGy/min	305 cm	11,25 cGy/min	210 cm
Saturn 43 F Fotony 15 MV 100 j.m./min	13,8 cGy/min	310 cm	32,8 cGy/min	205 cm
Clinac 2300 C/D-S Fotony 20 MV 60 j. m./min	7,92 cGy/min	330 cm	21,54 cGy/min	200 cm
Clinac 2300 C/D Fotony 15 MV 100 j.m./min	11,86 cGy/min	355 cm	37,7 cGy/min	200 cm

Tabela 1. Zestawienie rozkładu mocy dawki dla poszczególnych aparatów terapeutycznych oraz odpowiednio odległości źródło- skóra pacjenta dla pól bocznych (LAT) oraz przednio- tylnych (AP/PA) w Wielkopolskim Centrum Onkologii [1,2,3].

W zależności od aparatu terapeutycznego zmieniała się odległość SSD (ang. Source Skin Distance). Wnikało to między innymi z mocy dawki jaką dany sprzęt mógł wygenerować. Dawka całkowita wynosząca 12 Gy (określona w punkcie referencyjnym) przypisana była pacjentom, którzy przygotowywani byli do przeszczepu od spokrewnionego dawcy szpiku. W przypadku przeszczepu od dawcy niespokrewnionego dawkę podwyższano do 14,4 Gy. Aktualnie w Wielkopolskim Centrum Onkologii wszyscy pacjenci otrzymują jako całkowitą dawkę 12 Gy ze względu na kojarzenie chemioterapii z radioterapią (TBI).

Porównanie napromieniania całego ciała przy użyciu aparatu Co- 60 i akceleratora liniowego

Jednym z pierwszych aparatów terapeutycznych w WCO, na którym realizowano procedurę napromieniania całego ciała było urządzenie ze źródłem kobaltu- Co 60. Energia promieniowania Co 60 wynosiła 1,25 MeV. Akceleratory obecnie wykorzystywane do TBI pozwalają na przyspieszenie elektronów do energii 25 MeV. Dokonując porównania aparatury a tym samym energii promieniowania można zauważyć, że w przypadku zastosowania promieniowania o wyższej energii 6 MeV maksimum dawki znajduje się na większej głębokości niż w przypadku promieniowania Co-60 [1,4,5].

Rycina 1 przedstawia aparat terapeutyczny Co- 60, na którym leczono pierwszych pacjentów procedurą napromieniania całego ciała.



Rycina 1. Aparat Co- 60, który znajdował się w Wielkopolskim Centrum Onkologii [1].

W radioterapii klasycznej częściej stosuje się promieniowanie fotonowe niż promieniowanie elektronowe, ponieważ za jego pomocą można leczyć zmiany położone głębiej niż w przypadku elektronów. Promieniowanie o niższej energii wykorzystywane przy użyciu Co- 60 powoduje obniżenie dawki w linii środkowej ciała, co wymaga dodatkowego dopromienienia w miejscach niedoboru dawki, natomiast dawka na powierzchni jest dostatecznie wysoka bez stosowania płyty pleksi [1]. Promieniowanie fotonowe, o dużej energii (15 MV) daje równomierny rozkład dawki w całym ciele pacjenta, jednak powoduje niedopromienienie warstw powierzchniowych, takich jak skóra, ponieważ maksimum dawki znajduje się na głębokości ok. 2-5 cm pod powierzchnią skóry [1,2,3,5,6].

W celu zapewnienia jednorodności dawki w osi wiązki stosuje się odpowiednie filtry. Dla wiązki fotonowej wykorzystuje się

filtry wyrównujące zapewniające jednorodny rozkład dawki dostarczanej do obszaru napromienianego. Natomiast dla elektronów (do energii 20 MeV) stosuje się filtry rozpraszające, które wygładzają profil wiązki. Konieczne jest przystosowanie wiązki elektronowej do celów terapeutycznych, ponieważ jej początkowy rozkład przestrzenny nie gwarantuje dostarczenia jednorodnej dawki w objętości nowotworu [2,3,4,6].

Pozycjonowanie pacjenta do TBI

Napromienianie całego ciała obecnie wykonywane jest przy użyciu kombinacji pól: przednio – tylnych i tylny – przednich (AP/PA) oraz bocznych (Lateral). Pozwala to osiągnąć równomierny rozkład dawki w ciele pacjenta przy jednoczesnym obniżeniu dawki w płucach.

Całe ciało pacjenta musi znajdować się w polu promieniowania, dlatego też wykorzystuje się pola



Rycina 2. Akcelerator liniowy obecnie wykorzystywany w Wielkopolskim Centrum Onkologii do radioterapii.

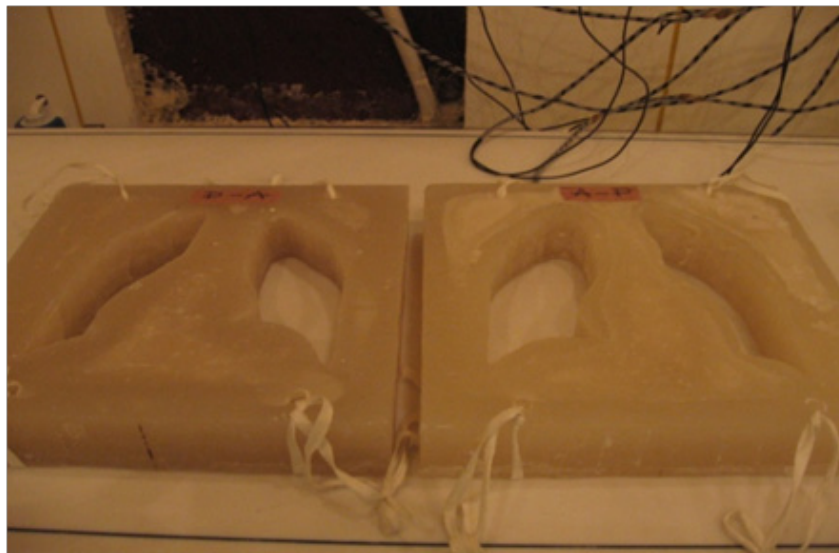
boczne. Pacjent układany jest na stole terapeutycznym znajdującym się przy ścianie bunkra na plecach z podkurczonymi nogami (bokiem do źródła promieniowania). Odległość między pacjentem a źródłem promieniowania wynosi ok. 355 cm. W jednej frakcji pacjent otrzymuje dwa naprzeciwległe pola. W polach bocznych wykorzystuje się bolusy tkankopodobne, które pochłaniają oraz rozpraszają promieniowanie w taki sam sposób jak tkanka miękką. Ich zadaniem jest ograniczenie dawki pochłoniętej lub podwyższenie dawki na powierzchni skóry. Umieszcza się je w okolicach głowy i szyi, płuc oraz od kolan do kostek [2,3,6-8].

Podczas, gdy używano aparatu Co-60 do pól bocznych, w ilości sześciu frakcji, pacjenta układano na stole terapeutycznym w pozycji leżącej, w odległości od źródła promieniowania wynoszącej 285 cm. W odległości ok. 10 cm od powierzchni ciała pacjenta umieszczano płytę pleksi o grubości 1cm, stosowano również bolusy. Po dostarczeniu połowy dawki frakcyjnej (w linii środkowej), obracano pacjenta w celu napromienienia drugiej połowy ciała. Łączna dawka z pól bocznych wynosiła 8,20 Gy [3-6].

W przypadku pól przednio – tylnych i tylny – przednich (AP/PA) pacjent układany jest na materacu umieszczonym na podłodze. Odległość SSD wynosi ok. 200 cm. Napromienianie odbywa się poprzez połączenie trzech lub czterech pól. Ich ilość zależy od długości ciała pacjenta. Na płycie wykonanej z polimetakrylanu metylu (PMMA) umieszczone są indywidualnie osłony wykonywane obecnie ze stopu Wood'a osłaniające obszar płuc. W latach wcześniejszych stosowano osłony parafinowe [2,3,6,9-10].

Na aparacie Co-60 do pól AP/PA pacjent również był układany na podłodze, a odległość od źródła promieniowania wynosiła 185 cm. Stosowano połączenie 3 lub 4 pól terapeutycznych. W połowie odległości źródło – pacjent umieszczono płytę pleksi, na której w obszarach klatki piersiowej umieszczono osłony parafinowe. Przed rozpoczęciem napromieniania wykonywano zdjęcie weryfikacyjne mające na celu sprawdzenie poprawności ułożenia pacjenta. Łączna dawka z pól AP/PA wynosiła 4,40 Gy [3]. W płucach skumulowana dawka wynosiła ok. 9 Gy [3-6,10-12].

Pola elektronowe stosowane są ze względu na niedopromienienie ściany klatki piersiowej co wynika z zastosowania osłon w polach AP/PA. Kształt pola elektronowego uzyskuje się poprzez wycięcie kształtu płuc dawniej w woskowym bloku o grubości 10 cm (przekroczony praktyczny zasięg zastosowanych elektronów). Obecnie stosowane są aplikatory wykonywane ze stopu Wood'a. Energia promieniowania elektronowego dobierana jest indywidualnie do pacjenta, w zależności od grubości ściany klatki piersiowej wyznaczonej za pomocą przekroju z tomografii komputerowej. Pola elektronowe stosowano w 2 frakcjach o łącznej dawce 4 Gy [3,4]. W latach wcześniejszych, kiedy stosowano aplikatory woskowe, kształt płuc określano na podstawie zdjęć rentgenowskich. Pacjent otrzymuje także dawkę z pola mostkowego, jedna frakcja z przodu i z tyłu pacjenta. Łączna dawka w tym polu wynosi 1,0 Gy [2-6, 10-12].



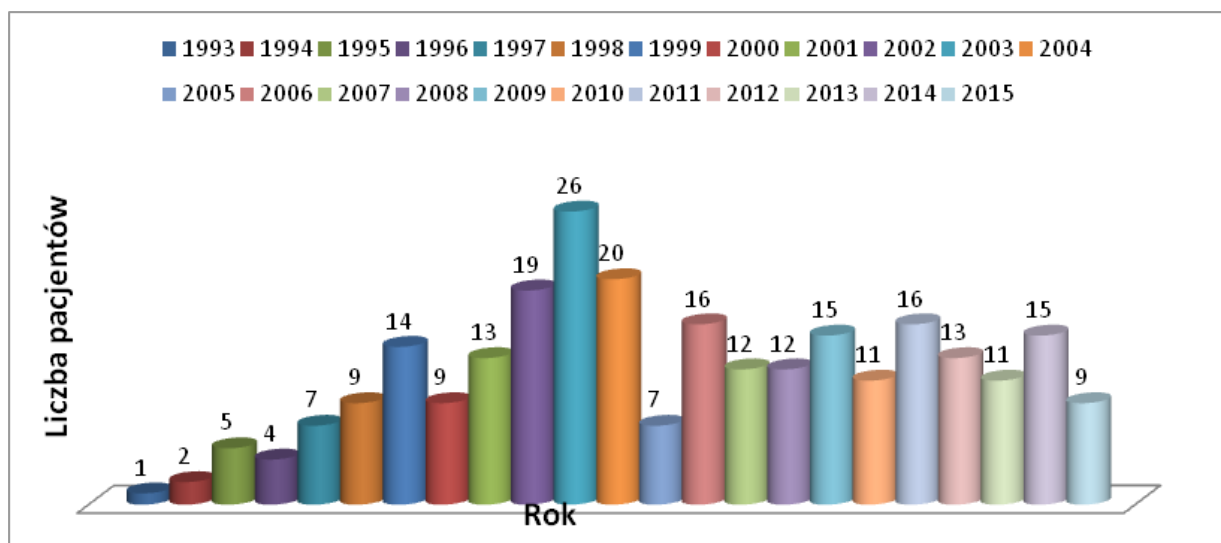
Rycina 3. Aplikatory parafinowe wykorzystywane dawniej do pól elektronowych AP/ PA w celu dopromienienia ściany klatki piersiowej.



Rycina 4. Aplikatory wykonane ze stopu Wood'a obecnie wykorzystywane do pól elektronowych AP/ PA w celu dopromienienia ściany klatki piersiowej.

W trakcie planowania leczenia pacjenta przed przeszczepem szpiku kostnego istotnym jest, aby ochronić narządy krytyczne. Płuca należą do narządów chronionych w sposób priorytetowy, ze względu na powikłania popromienne jakie mogą wystąpić. W przypadku niedostatecznej ochrony płuc może dojść do ich zwłóknienia. Jednak istnieje szereg narządów, które należy oszczędzić, aby pacjent po przeszczepie mógł odpowiednio funkcjonować [1-4, 8-10].

Poniższy wykres przedstawia liczbę pacjentów poddanych procedurze napromieniania całego ciała w poszczególnych latach.



Rycina 5. Liczba pacjentów poddanych napromienianiu całego ciała w latach 1993-2015.

W roku 2003 odnotowano największą liczbę pacjentów -26, u których wykonano napromienianie całego ciała. Natomiast w 1993 roku napromieniono tylko jednego pacjenta metodą TBI.

Podsumowanie

Napromienianie całego ciała jest metodą leczenia, która wymaga zastosowania dużych pól promieniowania fotonowego. W celu uzyskania odpowiednich wymiarów pola konieczne jest znaczące oddalenie pacjenta od źródła promieniowania, co nie jest łatwe w przypadku użycia akceleratorów liniowych usytuowanych w bunkrach radioterapeutycznych o odpowiednich wymiarach. Schemat napromieniania całego ciała w Wielkopolskim Centrum Onkologii zależy przede wszystkim od rozpoznania klinicznego pacjenta.

Podstawowym problemem wynikającym z zastosowania tej metody leczenia jest trudność w uzyskaniu jednorodnego rozkładu dawki. Ciało pacjenta nie jest regularną bryłą, dlatego też konieczne jest zastosowanie tkankopodobnych bolusów, osłon indywidualnych na obszar płuc oraz promieniowania elektronowego. Obecnie do zmniejszenia dawki w płucach wykorzystywane są indywidualnie wykonane dla każdego pacjenta aplikatory ze stopu Wood'a, które dokładnie odtwarzają kształt płuc pacjenta (wykonane są na podstawie tomografii komputerowej) [6-12].

Zastosowanie tej metody leczenia powoduje ekspozycję całego ciała pacjenta na promieniowanie jonizujące a tym samym, w pewnym stopniu narażenie go na powikłania oraz niewielkie ryzyko indukcji nowotworów wtórnych. W całym ciele pacjenta absorbowana jest dawka ok. 12 Gy, również w narządach, w których nie występują komórki nowotworowe. Pacjent napromieniany jest z pól AP/PA oraz pól lateralnych [6-11].

Alternatywną metodą może być napromienianie całego szpiku akceleratorem tomoterapii spiralnej. Metoda ta daje możliwość ograniczenia dawek dla wielu narządów krytycznych (nie tylko w płucach) oraz uzyskanie bardziej jednorodnych rozkładów dawek. Brak konieczności stosowania osłon indywidualnych na obszar płuc oraz bolusów jak w metodzie TBI. TMI (ang. *Total Marrow Irradiation*), pozwala na skrócenie czasu napromieniania oraz czasu przygotowania pacjenta do napromieniania. Zapewnia również większy komfort pacjenta, ponieważ chory leży na stole terapeutycznym, płasko na plecach, bez stosowania bolusów, co znacząco wpływa na dokładność i powtarzalność napromieniania.

Konflikt interesu/Conflict of interest

Nie występuje.

Piśmiennictwo

- [1] Kosicka G. Napromienianie całego ciała TBI – Total Body Irradiation, Zakład Fizyki Medycznej Wielkopolskie Centrum Onkologii, prezentacja autora.
- [2] Zwierzchowski G, Piotrowski T, Malicki J, Kosicka G. Rozkłady dawek podczas napromieniania całego ciała. Zesz Nauk WCO 2006;3(2):47-63.
- [3] Malicki J, Kierzkowski J, Kosicka G, Górny A, Stryczyńska G, Wachowiak J. Obliczenia i weryfikacja pomiarowa rozkładów dawki w pacjencie poddanym frakcjonowanemu napromienianiu całego ciała. Nowotwory 1995;45(1):39-45.
- [4] Malicki J. Beam filter and compensators during total body irradiation on Cobalt-60. Rep Pract Oncol Radiother 1997;2(3):66-70.
- [5] Malicki J, Kosicka G, Wachowiak J, Stryczyńska G. Ograniczenia praktyczne metody napromieniania całego ciała przed przeszczepieniem szpiku kostnego. Współcz Onkol 1997;1(2):43-4.
- [6] Barrett A. Total Body Irradiation, Beatson Oncology Centre, Radiat Oncol, 5 April 2000.
- [7] Malicki J. Dose in Critical Organs during Total Body Irradiation before Bone Marrow Transplantation, Ann Transplant 1998;3(3):14-9.
- [8] Malicki J, Kosicka G, Wachowiak J, Stryczyńska G, Kierzkowski J, Boruczkowski D. Dose distributions and early clinical results of patients with acute leukemia undergoing total body irradiation before allogeneic bone marrow transplantation. Nowotwory 1996;46(4):731-6,
- [9] Konstany E. Opracowanie i weryfikacja metody napromieniania całego ciała/szpiku akceleratorem tomoterapii spiralnej. Praca doktorska, Poznań 2013.
- [10] Malicki J, Kosicka G, Wachowiak J, Stryczyńska G. Comparison of dose distribution in patient's body during all body irradiation in radiotherapeutic technique CO-60 and by X 15 MeV accelerator. Rep Pract Oncol Radiother 1999;4(4):116 .
- [11] Kosicka G, Malicki J, Stryczyńska G, Wachowiak J, Boruczkowski D. 10 lat stosowania techniki TBI, czyli napromieniania całego ciała w Wielkopolskim Centrum Onkologii. Rep Pract Oncol Radiother 2003;8(2):209.
- [12] Malicki J, Skrobała A, Kosicka G, Wachowiak J. The efficacy and reliability of lung protection during Total body irradiation of patients with disseminated malignancies. Neoplasma 2005;52(4):325-9.