



Wykorzystanie panelu EPID do weryfikacji dozymetrycznej planów leczenia w radioterapii stereotaktycznej w obszarze głowy

Using the EPID panel for dosimetric verification of treatment plans in stereotactic radiotherapy in the head area

Michał Janik¹, Aleksandra Klimas¹, Grzegorz Żygliński¹, Ewelina Płoskoń¹, Marcin Hutnik²

¹ Zakład Fizyki Medycznej, Zagłębiowskie Centrum Onkologii, Szpital Specjalistyczny im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej, ul. Szpitalna 13, 41-300 Dąbrowa Górnicza, e-mail: janik.michał.us@gmail.com

² Zakład Radioterapii, Zagłębiowskie Centrum Onkologii, Szpital Specjalistyczny im. Sz. Starkiewicza w Dąbrowie Górniczej, ul. Szpitalna 13, 41-300 Dąbrowa Górnicza

Streszczenie

Abstract

Stereotaksja jest nowoczesną, wysokospecjalistyczną metodą leczenia nowotworów, która może być stosowana m.in. w przypadku zmian przerzutowych lub pierwotnych w obszarze głowy. Technika ta wymaga bardzo dużej precyzji oraz dokładności na każdym etapie leczenia. Jednym z etapów przygotowywania stereotaktycznego planu leczenia jest faza weryfikacji dozymetrycznej, która ma miejsce przed kliniczną implementacją planu.

Celem pracy było sprawdzenie, czy rozmiar napromienianej stereotaktycznie zmiany może mieć wpływ na wynik weryfikacji wykonanej z użyciem detektora EPID i analizy gamma.

Wykonano 28 planów stereotaktycznego leczenia w obszarze głowy. Dla każdego planu wyliczono mapę fluencji, którą zmierzono z wykorzystaniem detektora EPID. Zmierzone rozkłady fluencji porównano z mapami fluencji wygenerowanymi z systemu planowania leczenia. Do oceny zgodności wykorzystano analizę współczynnika gamma. Analizę statystyczną wyników oparto na analizie współczynnika rho Spearmana, przy ustalonym poziomie istotności α równym 0,5.

Wnioski z przeprowadzonego badania wykazały, że dla zadanych kryteriów nie ma zależności pomiędzy wielkością napromienianej zmiany (targetu) a wynikiem analizy gamma. Potwierdza to użyteczność stosowania detektora EPID przy dozymetrycznych weryfikacjach radioterapeutycznych planów stereotaktycznych.

Słowa kluczowe: radioterapia stereotaktyczna, weryfikacja dozymetryczna, analiza gamma, EPID

Stereotactic radiotherapy is a modern, highly sophisticated treatment method which is often used for neoplastic lesions in head's area. This technique requires a very high precision and accuracy at each treatment stage. One part of treatment preparation is phase of the pre-treatment dosimetric verification. The main objective of this research was to check whether the size of irradiated target affect the results of verification performed with the EPID detector, based on the use of gamma analysis. Dose fluency was measured for twenty eight stereotactic treatment plans with EPID detector. The measured fluency distributions were compared with generated ones by using gamma analysis. Spearman's rank correlation test was performed ($\alpha = 0,05$).

The conclusions from the study showed that for the given criteria, there is no relationship between the size of the irradiated lesion (target) and the result of the gamma analysis. This confirms the usefulness of using the EPID detector in dosimetric verifications of stereotactic radiotherapy.

Key words: stereotactic radiotherapy, dosimetric verification, gamma analysis, EPID

otrzymano / received:

08.12.2021

poprawiono / corrected:

10.12.2021

zaakceptowano / accepted:

17.12.2021

Wprowadzenie

W Polsce każdego roku z przyczyn nowotworów umiera około 100 tysięcy osób [1]. Medycyna wciąż się rozwija, co związane jest z opracowywaniem coraz nowszych i coraz bardziej skutecznych sposobów walki z chorobą nowotworową. Jedną z metod leczenia nowotworów jest radioterapia stereotaktyczna (SRT), którą cechuje podawanie wysokich dawek promieniowania podczas jednej (czasem kilku) frakcji leczenia [2]. Wiąże się to ze znacznym skróceniem czasu leczenia pacjenta. Technika ta wymaga wysokiej precyzji już od samego początku procesu przygotowania pacjenta. Specjalistyczne zestawy unieruchamiające pozwalają zminimalizować błąd związany z ułożeniem pacjenta, a budowa aparatu terapeutycznego umożliwia aplikację dawki z bardzo wysoką precyzją ilościową i dokładnością przestrzenną.

Proces leczenia pacjenta z wykorzystaniem przyspieszacza liniowego zawiera w sobie etap przygotowywania planu leczenia, za który odpowiedzialni są fizycy medyczni. Podczas opracowywania planu leczenia należy uwzględnić topografię napromienianej zmiany w ciele pacjenta, uwzględnić wpływ napromieniania na sąsiadujące zdrowe organy (narządy krytyczne) oraz dobrać właściwą energię wiązek promieniowania i ich geometrię. Dobry plan terapeutyczny powinien cechować się jak najwyższym pokryciem targetu dawką terapeutyczną z jednoczesną jak najlepszą ochroną tkanek zdrowych. Końcowym etapem przygotowywania planu leczenia jest faza weryfikacji. Plan zostaje poddany testom geometrycznym i dozymetrycznym. Ten etap ma na celu sprawdzenie, czy zaprogramowane ruchy głowicy, kolimatora oraz stołu terapeutycznego akceleratora biomedycznego będą możliwe do zrealizowania oraz czy wyliczony rozkład dawki wygenerowany w systemie planowania leczenia (TPS – z ang. Treatment Planning System) będzie zgodny z rozkładem dawki generowanym przez przyspieszacz liniowy podczas sesji terapeutycznej.

Na rynku znaleźć można wiele rozwiązań sprzętowych dedykowanych procesowi weryfikacji dozymetrycznej, m.in. fantomy (ArcCHECK prod. Sun Nuclear) czy matryce (Matrixx prod. IBA). Alternatywną metodą mogą być weryfikacje przeprowadzane z użyciem panelu EPID (z ang. Electronic Portal Imaging Device), który stanowi integralną część wielu nowoczesnych aparatów terapeutycznych [3]. Jego zastosowanie pozwala na skrócenie i optymalizację czasu, który należy poświęcić na weryfikację planu leczenia przed jego kliniczną implementacją. Dodatkowym elementem weryfikacji dozymetrycznej może być pomiar dawki w fantomie wodnym, z wykorzystaniem komory jonizacyjnej.

Porównanie zmierzonych map fluencji z wygenerowanymi z TPS odbywa się najczęściej z wykorzystaniem analizy gamma [4]. Na jej wynik może mieć wpływ wiele czynników. Stereotaksja w swoim założeniu wymaga, by napromieniana zmiana miała niewielkie rozmiary przestrzenne. W związku z tym pola

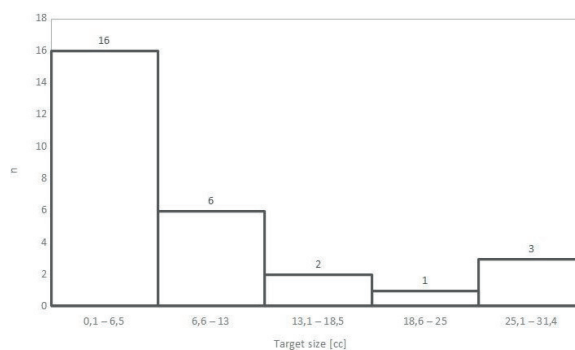
generowane podczas podawania pacjentowi dawki będą mieć również niewielkie rozmiary. W niniejszej pracy postanowiono sprawdzić, czy i jaki wpływ na wynik weryfikacji może mieć rozmiar napromienianej zmiany.

Cel

Celem pracy było sprawdzenie, czy dla stereotaktycznych planów leczenia rozmiar napromienianej zmiany może mieć wpływ na wynik analizy gamma wyliczonej podczas pomiarów weryfikacyjnych wykonanych z użyciem detektora EPID.

Materiały i metody

Grupę badawczą stanowił zbiór 28 planów leczenia stereotaktycznego w obszarze głowy. Objętości napromienianych zmian zawierały się w przedziale 0,1–31,4 cm³, a ich rozkład został przedstawiony na rycinie 1.



Ryc. 1 Rozkład wielkości napromienianych zmian
Źródło: Opracowanie własne.

Dla każdej zmiany został przygotowany plan leczenia techniką Rapid-Arc z wykorzystaniem systemu planowania leczenia Eclipse v.11 z użyciem algorytmu AAA [5, 6]. Gęstość siatki obliczeniowej została ustalona na 0,1 cm. Plany realizowano przy wykorzystaniu przyspieszacza liniowego TrueBeam (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA, USA), wyposażonego w kolimator MLC 120 HD, dedykowanego leczeniom stereotaktycznym [7]. Przyjęto następujące kryteria akceptacji planu leczenia: pokrycie przynajmniej 98% objętości targetu izodozą 95% dawki zaplanowanej z równoczesnym spełnieniem wszystkich kryteriów ochrony pobliskich narządów krytycznych, takich jak: droga wzrokowa (gałki oczne, nerwy wzrokowe, skrzyżowanie wzrokowe, pasma wzrokowe), pień mózgu, ślimaki oraz obszar mózgowia poza targetem. Na podstawie wyliczonego planu leczenia, z zastosowaniem algorytmu PDIP (z ang. Portal Dose Image Prediction), wygenerowana została mapa fluencji, która w dalszych etapach była porównywana z fluencją zmierzoną w detektorze EPID [8].

Detektor EPID aS1200 jest integralną częścią akceleratora medycznego TrueBeam. Cechuje się rozdzielczością 1280 x 1280 pikseli, a rozmiar obszaru aktywnego wynosi 43 x 43 cm². Nadaje



się do pomiaru wiązek promieniowania o energii w zakresie od 2 MeV do 20 MeV [9]. Dzięki wysokiej precyzji i dokładności pomiaru detektor EPID może być stosowany nie tylko do weryfikacji rozkładu dawki przed leczeniem pacjenta, ale również może być wykorzystany do analizy powtarzalności ułożenia pacjenta podczas realizacji każdej frakcji leczenia [10]. Oprogramowanie Portal Dosimetry (VARIAN Medical Systems, Palo Alto, CA, USA) pozwala na porównanie wykonanego pomiaru z fluencją wygenerowaną z TPS. Do porównania wykorzystywana jest analiza gamma, której parametry użytkownik może samodzielnie zdefiniować. Przyjęto, że wynik analizy gamma można uznać za prawdziwy, gdy spełnione są następujące kryteria: średni współczynnik gamma dla wszystkich badanych punktów $\leq 0,5$ (γ_{avg}) oraz co najmniej 95% punktów poddanych analizie spełnia założenie $\gamma \leq 1$ (GI – Gamma Index). Aby uniknąć problemu różnej ilości pól dla różnych targetów, postanowiono wyliczyć średnią wartość GI oraz γ_{avg} dla każdego targetu, liczonych jako średnia arytmetyczna współczynników GI oraz γ_{avg} dla wszystkich pól. Dzięki temu zabiegowi każdy target reprezentowany był przez dwie liczby dla każdej pary założonych parametrów analizy gamma DTA (z ang. Distance To Agreement) i DD (Dose Difference).

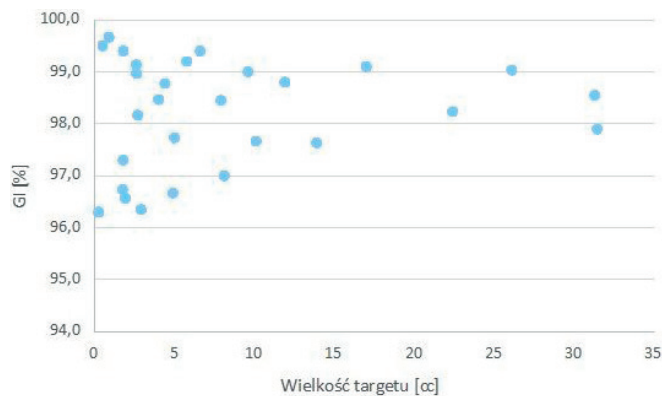
Dla każdego badanego planu utworzono macierzę z wynikami analizy gamma (zarówno dla współczynnika GI, jak i dla γ_{avg}). Zmieniano parametry analizy gamma: DTA w zakresie 1-3 mm oraz DD w zakresie 1-3%. Analizowano bezwzględne wartości parametru gamma. Zebrane wyniki poddano statystyce rho Spearmana, aby sprawdzić, czy dla ustalonych parametrów wejściowych analizy gamma występuje statystycznie istotna korelacja pomiędzy wynikami analizy a wielkością targetu napromienianego [11]. Poziom istotności a ustalono jako 0,05.

Wyniki i dyskusja wyników

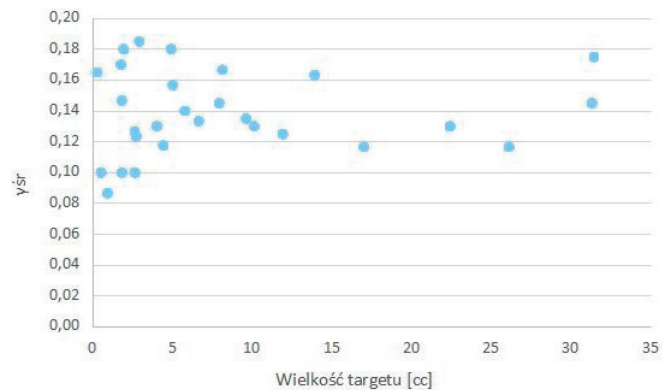
Założono, że w przypadku planów stereotaktycznych, klinicznie stosowanymi parametrami analizy gamma są DTA równe 2 mm oraz DD równe 2%. Dla tych parametrów sprawdzono rozkład parametrów GI oraz γ_{avg} w zależności od wielkości targetu, co zostało przedstawione na rycinach 2 i 3.

Dane zaprezentowane na wykresach 2 i 3 swoim wyglądem nie sugerują korelacji pomiędzy badanymi parametrami. Jednak należy pamiętać, że są to wykresy jedynie dla dwóch ustalonych parametrów wejściowych analizy gamma. Dodatkowej analizie, z użyciem współczynnika rho Spearmana, poddano macierz wyników analizy gamma dla różnych parametrów wejściowych.

Wyniki analizy korelacji współczynnika rho Spearmana pomiędzy wielkością napromienianej zmiany względem Gamma Index oraz współczynnikiem γ_{avg} przedstawia tabela 1.



Ryc. 2 Rozkład wielkości GI względem wielkości napromienianego targetu
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 3 Rozkład wielkości γ_{avg} względem wielkości napromienianego targetu
Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 1 Wyniki analizy korelacji rho Spearmana pomiędzy wielkością napromienianej zmiany a współczynnikiem Gamma Index oraz wielkością napromienianej zmiany a współczynnikiem γ_{avg}

DTA [mm] / DD [%]	Gamma Index	γ_{avg}
1/1	-0,29	0,11
1/2	-0,05	0,08
1/3	0,07	0,03
2/1	0,00	0,05
2/2	0,04	0,11
2/3	0,13	0,10
3/1	0,16	0,03
3/2	0,12	0,08
3/3	0,20	0,06

Źródło:

Maksymalna wyliczona wartość współczynnika rho wyniosła 0,20, a minimalna -0,29. W literaturze można znaleźć wiele interpretacji współczynnika rho [12]. Wiele z nich zgodnie zakłada, że bezwzględna wartość współczynnika rho poniżej 0,3 sugeruje brak korelacji pomiędzy badanymi parametrami. Wynik testu potwierdza hipotezę o braku zależności.

Kolejnym elementem analizy było przeprowadzenie testu t mającego na celu sprawdzenie istotności współczynnika korelacji Spearmana. Opiera się ona na wyliczonym współczynniku rho i ma rozkład t-Studenta z n-2 stopniami swobody dla



ustalonego poziomu α . Wartość krytyczna T wyniosła 2,06. Wyliczone wartości statystyki t zostały zebrane w tabeli 2.

Tabela 2 Wyniki testu t dla poszczególnych wartości testu korelacji ρ Spearmana


DTA [mm] / DD [%]	Gamma Index	V_{avg}
1/1	-1,49	0,57
1/2	-0,23	0,43
1/3	0,34	0,16
2/1	-0,02	0,28
2/2	0,21	0,54
2/3	0,68	0,51
3/1	0,80	0,15
3/2	0,61	0,42
3/3	1,00	0,31

Źródło:

Przeprowadzony test nie wykazał podstaw do odrzucenia hipotezy. Oznacza to potwierdzenie braku korelacji pomiędzy badanymi grupami zarówno dla badania korelacji pomiędzy wielkością targetu a wartością GI, jak i korelacji pomiędzy wielkością targetu i V_{avg} .

Wnioski

Zebrane i przedstawione wyniki pokazały, że na poziomie istotności α równym 0,05 dla badanej próby nie można mówić o korelacji ani pomiędzy wielkością napromienianej zmiany a współczynnikiem GI, ani pomiędzy wielkością napromienianej zmiany a średnim współczynnikiem gamma V_{avg} .

Wynik analizy ma związek z rozdzielczością panelu EPID (1280 x 1280 pikseli, przy aktywnym obszarze detektora o powierzchni 43 x 43 cm²), co powoduje, że nawet przy bardzo małych polach wiele punktów pomiarowych bierze udział w pomiarze weryfikacyjnym. Badanie pokazało, że wynik weryfikacji nie zależy od wielkości napromienianej zmiany. W przypadku pojawienia się błędów lub niedokładności podczas procesu dozymetrycznej weryfikacji z wykorzystaniem panelu EPID oraz analizy gamma fizyk nie powinien skupiać się na rozmiarze napromienianej zmiany, a szukać rozwiązania problemu na innym polu. 

Piśmiennictwo

- <https://stat.gov.pl/>.
- M. Spych, J. Fijuth, M. Klonowicz, M. Radek: *Techniki stereotaktyczne w radioterapii guzów ośrodkowego układu nerwowego*, Onkologia w Praktyce Klinicznej, 3(3), 2007, 135-139.
- L.E. Antonuk: *Electronic portal imaging devices: a review and historical perspective of contemporary technologies and research*, Phys. Med. Biol., 47, 2002, R31-R65.
- W. Osewski: *Rekonstrukcja rozkładu dawki w technikach dynamicznych: IMRT i VMAT*, rozprawa doktorska, Uniwersytet Śląski, 2013.
- M. Teoh, C.H. Clark, K. Wood i in.: *Volumetric modulated arc therapy: a review of current literature and clinical use in practice*, Br J Radiol., 84(1007), 2011, 967-996.
- H.S. Ronde, L. Hoffmann: *Validation of Varian's AAA algorithm with focus on lung treatments*, Acta Oncologica, 48, 2009, 209-215.
- A.M. Bergman, E. Gete, C. Duzenli, T. Teke: *Monte Carlo modeling of HD120 multileaf collimator on Varian TrueBeam linear accelerator for verification of 6X and 6X FFF VMAT SABR treatment plans*, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 15(3), 2014.
- A. Van Esch, D.P. Huyskens, L. Hirsch: *Optimized Varian aSi portal dosimetry: development of datasets for collective use*, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 14(6), 2013.
- TRUEBEAMTM STx System, dostępne na varian.force.com.
- A. Klimas, A. Grządziel, D. Plaza i in.: *EPID – a useful interfraction QC tool*, Polish Journal of Medical Physics and Engineering, 25, 2019, 221-228.
- D.G. Altman, E. Altman: *Practical Statistics for Medical Research*, Chapman & Hall/CRC, 1999.
- H. Akoglu: *User's guide to correlation coefficients*, Turkish Journal of Emergency Medicine, 18, 2018, 91-93.

reklama

KONTROLA DAWEK



LABORATORIUM DOZYMETRII INDYWIDUALNEJ I ŚRODOWISKOWEJ

ul. Radzikowskiego 152 tel.: 12 662 84 57
 31-342 Kraków fax: 12 662 81 58
 e-mail: ladis@ifj.edu.pl

