



Wyznaczanie jednorodnych dawek równoważnych dla pacjentów leczonych techniką Simultaneous Integrated Boost

Determination of Equivalent Uniform Doses for patient treated with the Simultaneous Integrated Boost technique

Martyna Araszkiwicz¹, Agnieszka Korgul, Paweł Kukołowicz

¹ Zakład Fizyki Jądrowej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa, tel. +48 22 55 32 643, e-mail: martyna.araszkiwicz@fuw.edu.pl

² Zakład Fizyki Medycznej, Narodowy Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie Państwowy Instytut Badawczy, ul. Roentgena 5, 02-781 Warszawa

³ Agnieszka Korgul, Zakład Fizyki Jądrowej, Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa

Wprowadzenie

W artykule przedstawiono wartości jednorodnych dawek równoważnych, EUD (ang. Equivalent Uniform Dose) dla grupy ośmiu pacjentów z nowotworem w okolicach głowy i szyi leczonych w Centrum Onkologii w Warszawie. W planach leczenia każdego z nich został wyznaczony więcej niż jeden obszar PTV, każdy o różnej dawce docelowej. Pacjenci leczeni byli techniką Simultaneous Integrated Boost (SIB), która polega na równoczesnym napromienianiu kilku obszarów różnymi dawkami frakcyjnymi. Koncepcja ta może być realizowana dla planów leczenia techniką IMRT, w której wykorzystuje się więcej niż jedną wiązkę

promieniowania przy jednoczesnej modulacji ich intensywności. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie zaplanowanego rozkładu dawki. Ze względu na istniejący efekt półcienia wiązki napromienianie jednego z PTV może mieć wpływ na wartość dawki w PTV z zaplanowaną niższą dawką. Podczas przygotowania planu leczenia dąży się do zachowania jak największej jednorodności rozkładu dawki w objętości tarczowej. Uzyskanie w pełni jednorodnego rozkładu dawki nie jest jednak możliwe. Koncepcja EUD pozwala na scharakteryzowanie skutków napromieniania przy zastąpieniu niejednorodnego rozkładu dawki, rozkładem jednorodnym z dawką D. Andrzej Niemerko przedstawił jednorodną dawkę równoważną wyrażoną w Gy, opisując ją wzorem

160

Streszczenie

Celem radioterapii jest dostarczenie zaplanowanej dawki promieniowania do targetu przy jednoczesnym zminimalizowaniu dawki deponowanej w narządach krytycznych. Istnieją przypadki, gdzie w planie leczenia jednego pacjenta uwzględniono kilka obszarów tarczowych (ang. Planning Target Volume – PTV). Jedną z możliwych technik napromieniania jest wtedy tzw. technika Simultaneous Integrated Boost (SIB). Polega ona na jednoczesnym napromienianiu różnymi dawkami więcej niż jednej objętości tarczowej. Ze względu na konieczność jednoczesnego podania dawek w kilku targetach otrzymują one dawkę różną od zleconej. W pracy, stosując koncepcję jednorodnej dawki równoważnej (ang. Equivalent Uniform Dose – EUD), oceniono wzajemny wpływ dawek deponowanych w poszczególnych targetach.

Słowa kluczowe: jednorodna dawka równoważna, radioterapia, IMRT, Simultaneous Integrated Boost, PTV

Abstract

Radiotherapy aims to deliver an appropriate dose of ionizing radiation to the target, minimizing the doses in critical organs. There are cases where several Planning Target Volume (PTV) are planned in the treatment plan for one patient that require different doses to be deposited. In such cases, one of the possible irradiation techniques is the so-called Simultaneous Integrated Boost (SIB) technique, in which all PTV are simultaneously irradiated with different doses. Due to the existing Beam Penumbra Effect, the application of a dose in one PTV affects the doses in the second PTV receiving a lower dose. In this paper, using the concept of the Equivalent Uniform Dose – EUD (EUD) the mutual influence of doses deposited in particular PTVs was assessed.

Key words: equivalent Uniform Dose, radiotherapy, IMRT, Simultaneous Integrated Boost, PTV

otrzymano / received:

15.06.2020

poprawiono / corrected:

22.06.2020

zaakceptowano / accepted:

25.06.2020



$$EUD = \left(\frac{1}{K} \sum_k D_k^a \right)^{\frac{1}{a}} \quad (1),$$

gdzie:

K – liczba objętości w strukturze, dla której obliczana jest jednorodna dawka równoważna,

D_k – dawka w k -tej objętości,

a – parametr określający wpływ objętości tkanek, które otrzymały określoną dawkę na efekt napromieniania [1].

Parametr a jest ujemny dla nowotworów, a w przypadku organów krytycznych przyjmuje wartości dodatnie. Oznacza to, że dzięki EUD możliwe jest również wyznaczenie rozkładów dawek w tkankach zdrowych. Znalazło to zastosowanie w optymalizacji rozkładów dawki w technikach IMRT. Wykorzystuje się ją w systemach planowania leczenia, gdyż pozwala przewidzieć biologiczną reakcję guza nowotworowego oraz umożliwia minimalizację uszkodzeń tkanek zdrowych [2].

Porównanie planów leczenia z wartościami obliczonymi

Na podstawie danych pochodzących z planów terapii pacjentów z nowotworem w okolicach głowy i szyi, leczonych techniką SIB IMRT, obliczono wartości jednorodnych dawek równoważnych EUD zgodnie ze wzorem (1), przyjmując ujemną wartość parametru a równą -10 [2]. EUD zostało wyznaczone dla wszystkich zaplanowanych obszarów tarczowych PTV, a otrzymane wartości porównano z dawkami zaplanowanymi dla poszczególnych obszarów PTV. Wyniki zostały przedstawione w tabeli 1, gdzie w ostatniej kolumnie znajduje się wartość różnicy między dawką zaplanowaną a wyliczoną jednorodną dawką równoważną w procentach dawki zaplanowanej dla określonego PTV.

W celu lepszego zobrazowania procentowe rozbieżności przestawiono na rysunku 1.

Zarówno z tabeli 1, jak i rysunku 1 wynika, że dawki obliczone z wykorzystaniem koncepcji EUD w niewielkim stopniu odbiegają od wartości dawek wynikających z planu. Rozrzut pomiędzy wartościami nie przekraczają $\pm 5,00\%$ dawki w PTV. Największą różnicę $-4,84\%$ odnotowano przy PTV 6600 Gy

Tabela 1 Obliczone wartości EUD oraz jej różnica z dawką zaplanowaną wyrażona w procentach dawki zaplanowanej dla poszczególnych obszarów PTV. Symbolami P1, P2, ..., P8 oznaczono kolejnych ośmiu pacjentów.

	PTV	EUD (cGy)	$\frac{EUD - PTV}{PTV}$ (%)
P1	PTV 6000	5995.5	-0.08
	PTV 5400	5380.2	-0.37
P2	PTV 6600	6581.4	-0.28
	PTV 5940	5945.6	0.09
P3	PTV 6000	6079.2	1.32
	PTV 5400	5322.1	-1.44
	PTV 6750	6748.9	-0.02
P4	PTV 6000	6058.8	0.98
	PTV 6750	6743.9	-0.09
P5	PTV 7000	6997.2	-0.04
	PTV 6300	6475.9	2.79
	PTV 5950	5994.9	0.75
P6	PTV 5400	5538.1	2.56
	PTV 6000	6161.9	2.70
	PTV 6750	6756.3	0.09
P7	PTV 5940	5937.9	-0.04
	PTV 6600	6280.8	-4.84
	PTV 5610	5725.5	2.06
P8	PTV 6000	5992.1	-0.13
	PTV 5400	5504.6	1.94

Źródło: Opracowanie własne.

w przypadku Pacjenta 7. Powodem był sposób konturowania targetów PTV600 i PTV5940. Fragment targetu PTV5940 obejmował target PTV600. Decyzją lekarza prowadzącego dawka we fragmencie targetu PTV6600 została zmniejszona. Najmniejszą rozbieżność $-0,02\%$ zanotowano w przypadku PTV 6750 Gy dla Pacjenta 3.

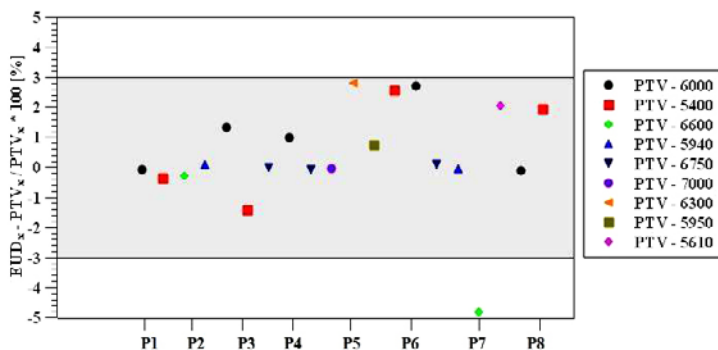
Podsumowanie

Analiza planów leczenia dla 8 pacjentów z zastosowaniem koncepcji Jednorodnej Dawki Równoważnej wykazała, że rozbieżności pomiędzy wartościami zleconymi dawkami i obliczonymi są niewielkie (Rys. 1). Tylko w jednym przypadku różnica przekroczyła $\pm 3,00\%$. W tym przypadku taka różnica wynikała z decyzji lekarskiej, zgodnie z którą objętość tarczowa o wyższej dawce mogła otrzymać nieznacznie niższą dawkę.

Przedstawiona analiza ma istotny aspekt praktyczny w przypadku planowania leczenia u pacjentów z kilkoma obszarami tarczowymi. Wprawdzie zauważono nieznaczny wpływ jednej objętości tarczowej na drugą, ale jest on na tyle mały, że nie powinien mieć wpływu na efekt leczenia.

Literatura

- H.A. Gay, A. Niemerko: *A free program for calculating EUD-based NTCP and TCP in external beam radiotherapy*, Physica Medica, 23, 2007, 115-125.
- M. Mrozowska, P. Kukołowicz: *Koncepcja Równoważnej Dawki Jednorodnej w radioterapii*, Inżynier i Fizyk Medyczny, 4, 2012, 149-151.



Rys. 1 Procentowe odstępstwo obliczonych jednorodnych dawek równoważnych EUD od dawki zaplanowanej dla obszarów tarczowych u poszczególnych pacjentów (P1, P2, ..., P8). Różne symbole punktów opisanych w legendzie, odpowiadają wartościom zaplanowanych dawek PTV

Źródło: Opracowanie własne.