



Praca poglądowa/Review paper

Aspekty fizyczne i techniczne radioterapii śródoperacyjnej.
Przegląd publikacji ustnych oraz plakatowych podczas konferencji
ESTRO w Barcelonie w 2015 r.

Clinical and technical aspects of intraoperative radiotherapy.
Review of oral and poster presentations at the ESTRO Forum,
Barcelona 2015

Bartosz Pawałowski^{1,2}

¹ Zakład Fizyki Medycznej, Wielkopolskie Centrum Onkologii

² Wydział Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska

Streszczenie

W 2015 roku w Barcelonie odbyła się kolejna konferencja Europejskiego Towarzystwa Radioterapii i Onkologii - ESTRO (European Society for Radiation and Oncology). W trakcie trwania konferencji wyodrębniony został osobny panel, podczas którego prezentowane były doniesienia związane z fizycznymi i technicznymi aspektami radioterapii śródoperacyjnej. Większość prezentowanych podczas tej sesji prac przedstawiała doświadczenia różnych ośrodków związane z wykonywaniem pomiaru dawki *in vivo* oraz trudności z tym związane. Zaprezentowano również wyniki dla modelu obliczeniowego rozkładu dawki Monte Carlo, dla którego osiągnięto bardzo dobrą zgodność z pomiarami. Jednym z bardziej interesujących wystąpień była praca, w której porównywano obecnie dostępne metody leczenia radioterapeutycznego typu *boost*. Również podczas sesji plakatowej przedstawione zostały bardzo interesujące prace naukowe, m.in. dozymetryczna weryfikacja modyfikatorów dawki oraz osłon wykorzystywanych w radioterapii śródoperacyjnej.

Abstract

In 2015, the 3rd ESTRO Forum (European Society for Radiation and Oncology) was held in Barcelona. During the conference, one of the panels was related to physical and technical issues of intraoperative radiotherapy. Most of the papers presented were about experiences of various centers with in-vivo dose measurements and related difficulties. Moreover, Monte Carlo dose calculation model was presented. The authors obtained a very good agreement between calculation and measurement. One of the most interesting presentations was about the comparison between available modern boost techniques. Also during the poster

Adres do korespondencji

mgr Bartosz Pawałowski

Starszy Asystent

Zakład Fizyki Medycznej

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

Telefon: +48 618850552

e-mail: bartosz.pawalowski@wco.pl

session, some very interesting studies were presented, including reports on dosimetric verification dose modifier and shielding plate.

Słowa kluczowe: radioterapia śródoperacyjna; pomiar dawki in-vivo; symulacje Monte Carlo

Keywords: intraoperative radiotherapy; in-vivo dose measurement; Monte Carlo simulations

Dozymetria *in vivo* w radioterapii śródoperacyjnej

Dozymetria *in vivo* powszechnie wykorzystywana jest do pomiaru dawki wejściowej podczas rutynowej procedury leczenia radioterapeutycznego techniką 3D CRT (3D Conformal Radiation Therapy). Wykonywana jest celem kontroli zgodności planu realizowanego z planem obliczonym przez system planowania leczenia [1]. Najczęściej detektor półprzewodnikowy umieszczany jest w osi wiązki na ciele pacjenta. Współczesne systemy planowania leczenia oprócz możliwości podglądu kształtu pola oraz geometrii pacjenta, umożliwiają również precyzyjne określenie dawki referencyjnej dla każdego pola napromieniania. W przypadku dozymetrii *in vivo* w trakcie radioterapii śródoperacyjnej nie ma jednak takiej możliwości. Wyniki obarczone są zazwyczaj dużymi niepewnościami pomiarowymi wynikającymi przede wszystkim z braku możliwości precyzyjnego określenia osi wiązki promieniowania i kształtu napromienianego obszaru. Dodatkowym ograniczeniem jest także brak możliwości podglądu skanów tomograficznych pacjenta. Te i inne ograniczenia znacząco wpływają na procedurę pomiarową. Podczas jednej z prezentacji przedstawiono uzyskane wyniki podczas wdrażania dozymetrii *in vivo* przy wykorzystaniu detektorów półprzewodnikowych typu MOSFET i filmów radiochromowych typu Gafchromic [2]. Dwa detektory półprzewodnikowe umieszczane były w osi wiązki, jeden pod bolusem oraz drugi za płytka osłonową. Wszystkie zmierzone dawki wejściowe dla 27 chorych leczonych PBI (Partial Breast Irradiation) znajdowały się w tolerancji $\pm 4\%$ od wartości dawki zaplanowanej. Uzyskane wyniki dla tej metody pomiarowej umożliwiły wprowadzenie metody pomiaru dawki *in vivo* do praktyki rutynowej. Kolejnym bardzo interesującym wykładem nie tylko z praktycznego punktu widzenia była praca dotycząca dozymetrii przy zastosowaniu filmów typu Gafchromic podczas IOERT (Intraoperative Electron Radio Therapy) nowotworu rectum. Nowotwory tego typu są zaraz po sutkach najczęściej leczonymi z wykorzystaniem radioterapii śródoperacyjnej w Europie [3]. Na podstawie wyników zauważono, że wyróżnić można trzy rodzaje napromienianych powierzchni: równo wklęsłą, centralnie wklęsłą i wklęsło-wypukłą. Wszystkie typy powierzchni wprowadzają jednak niepewność i należy je dokładniej zweryfikować, aby lepiej dopasowywać metody pomiarowe do danej sytuacji klinicznej.

Pomiar dawki poza polem promieniowania

Jedyną pracą dotyczącą ochrony radiologicznej chorego była prezentacja belgijskich naukowców dotycząca pomiaru dawek poza polem promieniowania [4]. W pracy tej dla bardzo dużej grupy chorych leczonych PBI (580 pacjentek) umieszczano detektory termoluminescencyjne w trzech lokalizacjach (okolice tarczycy, mostka i gonad). Wszystkie pacjentki otrzymały dawkę 21 Gy. Średnie zmierzone dawki dla obszarów wynoszą odpowiednio $0,80 \pm 0,59$ cGy ; $0,40 \pm 0,23$ cGy ; $0,14 \pm 0,11$ cGy. Na podstawie wyników zaobserwowano, że pacjentki otrzymywały dawkę pochodzącą od promieniowania rozproszonego około sto razy mniejszą w porównaniu do radioterapii zewnętrznymi wiązkami EBRT (External Beam Radio Therapy). Ponadto stwierdzono, że na dawki wpływ ma energia promieniowania, natomiast wpływu nie ma lokalizacja oraz osłona przed promieniowaniem.

Symulacje Monte Carlo

Metoda Monte Carlo jest powszechnie znanym i akceptowanym narzędziem wykorzystywanym w radioterapii do symulacji rozkładu dawek [4]. Symulacje można wykorzystać również do generowania rozkładów dawek otrzymywanych podczas radioterapii śródoperacyjnej. Bardzo ciekawe wyniki dotyczące symulacji zostały przedstawione przez międzynarodowy zespół badawczy [5]. Autorzy uzyskali bardzo dobrą zgodność pomiędzy obliczeniami i pomiarami, co świadczy o wysokiej wartości praktycznej symulacji.

Podsumowując, przedstawiony model obliczeniowy jest bardzo dobrym narzędziem umożliwiającym zasymulowanie różnych, nawet bardzo skomplikowanych sytuacji klinicznych. Pozwoli to lepiej zrozumieć specyfikę pomiaru dawki *in vivo* oraz pomoże dobrać odpowiednią metodę pomiarową do danej sytuacji.

Porównanie różnych technik leczenia typu BOOST

Najciekawszą z prezentowanych prac na panelu o radioterapii śródoperacyjnej był wykład, podczas którego zaprezentowano porównanie wszystkich obecnie dostępnych metod leczenia techniką *boost* [6]. W pracy porównano następujące metody:

- IOERT z wykorzystaniem osłon klatki piersiowej oraz bez,
- e-boost radioterapia wiązkami zewnętrznymi EBRT,
- brachyterapia LDR (Low Dose Rate),
- IORT nisko energetyczną wiązką promieniowania X.

Celem porównania rozkładów wprowadzono następujące korekcje:

- zależną od głębokości korekcję na względną skuteczność biologiczną RBE dla 50kV IORT,
- korekcję na frakcjonowanie (2Gy / frakcję) z wykorzystaniem modelu liniowo-kwadratowego dla różnych α/β (2Gy dla OAR, 2-4Gy dla zdrowej tkanki i 10Gy dla łoża po nowotworze).
- Na podstawie analizy histogramów autorzy przedstawili następujące wnioski:
- rozkłady dawek dla organów krytycznych (żebra, płuca, serce) nie różnią się znacząco w zależności od metody leczenia,
- zdrowa tkanka piersi może otrzymać znaczącą dawkę dla metody IORT X ($D_{2cc}=143,3$ Gy w porównaniu do IOERT $D_{2cc}=77$ Gy),
- za pomocą wiązek elektronowych można otrzymać najbardziej jednorodny rozkład dawki, najmniej jednorodny natomiast dla IORT X,
- osłony używane w IOERT nie mają znaczącego wpływu na rozkłady dawek.

Dozymetryczna weryfikacja osłon i bolusów w radioterapii śródoperacyjnej

Podczas sesji plakatowej najciekawszą pracą była prezentacja dotycząca dozymetrycznej weryfikacji wpływu płytki osłonnej oraz bolusów [7]. Autorzy za pomocą matrycy wielodetektorowej oraz filmów typu Gafchromic zmierzili rozkład dawki wzdłuż osi wiązki oraz poprzecznie. Przy użyciu filmów zmierzone zostały procentowe dawki na głębokości dla pól z bolusem oraz bez, natomiast za pomocą matrycy zmierzono rozkłady dawek poprzeczne w sytuacji z płytką oraz bez.

Na podstawie wyników zauważono, że:

- radiologiczna grubość bolusa zmienia się w zależności od energii,
- wzrost dawki powierzchniowej w obecności płytki osłonnej.

Podsumowanie

Przedstawione prezentacje wskazują obecny cel prowadzonych prac badawczych. Zdecydowana większość ośrodków radioterapeutycznych stara się opracować własną precyzyjną metodę pomiarową dawki *in vivo*, co ze względu na trudności pomiarowe jest procesem skomplikowanym i długotrwałym. Dla radioterapii nowotworu piersi najlepszą metodą wydaje się pomiar z wykorzystaniem detektorów półprzewodnikowych, dla której otrzymano najlepsze zgodności. Dla pozostałych lokalizacji należy wykonać jednak jeszcze wiele badań. Zauważono, że bardzo pomocne mogą być symulacje Monte Carlo, za pomocą których można spróbować przewidzieć rozkłady dawek w zależności od danej sytuacji klinicznej. Bardzo ważnym wydaje się również pomiar radiologicznej grubości bolusów.

Konflikt interesu / Conflict of interest

Nie występuje / None

Finansowanie / Financial support

Artykuł został sfinansowany z grantu Wielkopolskiego Centrum Onkologii w Poznaniu, nr 31/12/2014/FIZ/WCO/34. / This work was supported by the Greater Poland Cancer Centre, grant no 31/12/2014/FIZ/WCO/34.

Etyka / Ethics

Treści przedstawione w artykule są zgodne z zasadami Deklaracji Helsińskiej, dyrektywami EU oraz ujednoliconymi wymaganiami dla czasopism biomedycznych.

Piśmiennictwo / References

- [1] M. Essers, B.J. Mijnheer, In-Vivo Dosimetry During External Photon Beam Radiotherapy, *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 43 (1999) 245–259.
- [2] A. Petoukhova et al., In vivo dosimetry with MOSFETs and GAFCHROMIC films during IORT for PBI. 3rd ESTRO Forum Barcelona 2015.
- [3] E. Costa et al., In vivo dosimetry using GAFCHROMIC films during IOERT of rectal cancer. 3rd ESTRO Forum Barcelona 2015.
- [4] 3rd ESTRO Forum Barcelona 2015.
- [5] E.B. Podgorsak, *Radiation Oncology*, Vienna 2005.
- [6] A. Esposito et al., Monte Carlo model for IOERT dose distribution studies. 3rd ESTRO Forum Barcelona 2015.
- [7] S. Simon et al., Which boost is the best boost? 3rd ESTRO Forum Barcelona 2015.
- [8] S. Adamczyk et al., Verification of dosimetric impact of attenuation plate and bolus cap in IOERT for breast cap. 3rd ESTRO Forum Barcelona 2015.