

Ocena rozprawy doktorskiej Pana mgr **Błażeja Baica** zatytułowanej:

**WPLYW PARAMETRÓW PRACY AKCELERATORA LINIOWEGO  
NA WERYFIKACJĘ DYNAMICZNYCH PLANÓW LECZENIA W  
RADIOTERAPII**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr **Błażeja Baica** dotyczy bardzo ważnego i aktualnego tematu weryfikacji dozymetrycznej złożonych planów leczenia w radioterapii technikami dynamicznymi z wykorzystaniem modulacji intensywności wiązki i zapewnienia kontroli jakości w tej dziedzinie.

Układ rozprawy jest typowy dla tego rodzaju opracowań. Praca liczy 130 stron i składa się z wstępu, siedmiu rozdziałów, oraz wykazu literatury składającego się z 94 pozycji. Pod względem merytorycznym i edytorskim rozprawa spełnia wymogi stawiane pracy doktorskiej. Jest bardzo dobrze opracowana graficznie.

Autor podzielił rozprawę na dwie części – część teoretyczną (rozdziały 1 – 4) i część praktyczną (rozdziały 5 – 6). Ponadto w spisie treści wymienione są Wstęp, Cel Pracy oraz Dyskusja. Rozdział 8, Wnioski, nie jest wymieniony w spisie treści (pewne niedopatrzenie).

Na początku rozprawy autor umieścił Słownik Skrótów, bardzo pomocny w jej czytaniu. Niestety nie są tam umieszczone wszystkie używane skróty, np. SMLC i DMLC, które czytelnik musi rozszyfrować samodzielnie.

Oczywiście autor nie wystrzegł się pewnej liczby błędów edytorskich, głównie literowych i interpunkcyjnych, które jednak w żadnym stopniu nie wpływają na ocenę wartości naukowej pracy.

Jak podano we wstępie, przedłożona rozprawa przedstawia praktyczne zastosowanie weryfikacji dynamicznych planów leczenia VMAT w radioterapii, z uwzględnieniem wpływu pracy listków kolimatora wielolistkowego MLC Agility akceleratora medycznego ELEKTA Versa HD na wynik weryfikacji. W opracowaniu zaprezentowano różnice dawek na narządy krytyczne oraz na zmiany nowotworowe jakie otrzymuje

pacjent w trakcie całego procesu napromieniania. Dodatkowo, przeprowadzono testy kontroli jakości QA kolimatora wielolistkowego MLC Agility.

Jak to formułuje autor, celem pracy była ocena wpływu działania listków kolimatora wielolistkowego MLC Agility akceleratora medycznego Elekta Versa HD na weryfikację dynamicznych planów leczenia. Prawidłowe funkcjonowanie akceleratora medycznego, ze szczególnym uwzględnieniem układu kolimującego wiązkę promieniowania, ma bezpośredni związek z prawidłowym podaniem zaplanowanej dawki promieniowania pacjentowi, co z kolei pośrednio wpływa na skuteczność całego leczenia.

Przeprowadzenie badań w zakresie doboru i zastosowania w przyszłości odpowiednich testów mechanicznych kontroli jakości kolimatora wielolistkowego MLC, ich dozymetrycznej weryfikacji, jak również ustalenie częstotliwości testowania aparatury terapeutycznej, może w znaczący sposób wpłynąć na wynik weryfikacji klinicznych planów leczenia pacjentów w radioterapii.

Aby zrealizować ten cel autor przedstawił listę 8 zadań, które podjął się wykonać:

1. Przygotowano plany leczenia techniką dynamiczną VMAT z zastosowaniem energii fotonów 6MV dla 3 różnych obszarów napromieniania (klatka piersiowa, głowa/szyja oraz miednica).
2. Wykonano weryfikacje z użyciem matrycy detektorów MatriXXX firmy IBA.
3. Pomiary weryfikacyjne wybranych dynamicznych planów leczenia przeprowadzono w ciągu 30 dni pomiarowych w dwóch porach dnia: rano – przed rozpoczęciem pracy akceleratora oraz wieczorem po jej zakończeniu.
4. Sprawdzone czy pora pomiaru ma wpływ na pracę listków MLC w trakcie realizacji planu leczenia, a tym samym czy ma wpływ na wynik weryfikacji planów leczenia
5. Przeprowadzono testy jakości QA kolimatora wielolistkowego celem uwzględnienia ich wyników w weryfikacjach dozymetrycznych.
6. Sprawdzone wpływ przesunięcia (offset'u) MLC na wyniki testów QA kolimatora wielolistkowego.
7. Sprawdzone wpływ przesunięcia (offset'u) MLC na wynik weryfikacji dynamicznych planów leczenia techniką VMAT.

8. Przeanalizowano wprowadzenie testów sprawdzających poprawne funkcjonowanie listków MLC akceleratora medycznego.

Zadania te zostały przez autora wykonane.

Z metodycznego punktu widzenia praca została przygotowana bardzo starannie.

Rozdziały 1-4 rozprawy obejmują część teoretyczną. W rozdziale 1 przedstawiono budowę i działanie akceleratora ze szczególnym uwzględnieniem wielolistkowego kolimatora AGILITY, kształtowanych przez niego wiązek, oraz metod kontroli jakości działania tego MLC.

W rozdziale 2 przedstawiono poszczególne etapy procesu radioterapii i przygotowania planów leczenia w różnych lokalizacjach nowotworów – w obszarze klatki piersiowej, obszarze głowy i szyi, oraz w obszarze miednicy. Obejmuje to również przygotowanie planów leczenia.

Rozdział 3 przedstawia plany leczenia typowe dla trzech powyższych lokalizacji.

Rozdział 4 opisuje metody weryfikacji dozymetrycznej planów leczenia. Przedstawia systemy komputerowe i oprogramowanie użyte przez autora, a także zastosowane urządzenia dozymetryczne takie jak matryce detektorów. Przedstawiono i opisano także formalizm parametru gamma zastosowanego do tej weryfikacji.

W części praktycznej rozprawy (rozdziały 5-6) przedstawiono zagadnienia, które pozwalają przybliżyć problemy, które nie zostały ujęte w rozporządzeniach krajowych bądź zaleceniach producentów akceleratorów medycznych dotyczące testowania kolimatora wielolistkowego MLC w trakcie eksploatacji aparatu w pracy klinicznej.

W rozdziale 5 przedstawiono wyniki weryfikacji planów leczenia w obszarze klatki piersiowej, obszarze głowy i szyi oraz obszarze miednicy dla obszarów GTV, CTV, PTV, targetu i narządów krytycznych. Pomiarów przeprowadzono w reżimie rano/wieczorem w ciągu 30 kolejnych dni.

Analizy planów leczenia opisane w Rozdziale 5 pokazały, że występują pewne różnice między wielkościami dawek uzyskanych z TPS a wielkościami uzyskanymi z pomiarów na akceleratorze liniowym. W tym celu postanowiono wykonać testy kontroli kolimatora wielolistkowego, aby sprawdzić, czy powstałe różnice wynikają z pracy akceleratora i MLC czy z różnicy algorytmów obliczeniowych rozkładów dawek

W rozdziale 6 przedstawiono wyniki testów prawidłowości funkcjonowania listków kolimatora wielolistkowego.

Autor wykorzystał i przeprowadził szereg typów testów dla różnych rodzajów funkcjonowania MLC - 9 typów testów dla kolimatora SMLC oraz 4 typy testów dla kolimatora DMLC. Wyniki testów są bardzo starannie zaprezentowane i omówione.

W rozdziale Dyskusja autor podsumowuje i analizuje wyniki swoich pomiarów co prowadzi go do następujących wniosków:

Wyniki badań przedstawione przez autora sugerują wprowadzenie zaleceń dotyczących

- optymalizacji procesu weryfikacji dynamicznych planów leczenia,
- sprawdzania prawidłowej pracy akceleratora medycznego w warunkach klinicznych.
- oraz -sprawdzania wpływu działania listków kolimatora MLC na realizację planów leczenia.

Według autora kluczowym wnioskiem wynikającym z przedstawionych badań jest potrzeba wprowadzenia jednolitego i jednoznacznego zapisu w prawie polskim o konieczności przeprowadzania okresowych testów kontroli jakości głowicy akceleratora medycznego w tym kolimatora wielolistkowego MLC. Dzięki temu będzie możliwe zniwelowanie przyczynków wynikających z braku precyzji funkcjonowania MLC mających wpływ na dawkę otrzymywaną przez pacjenta.

Autor zasugerował częstotliwość wykonywania określonych testów dla MLC, która nie powinna znacząco wpływać na okresowe pomiary dozymetryczne na akceleratorze.

Przedstawiona rozprawa jest wartościowym opracowaniem przydatnym dla fizyków medycznych prowadzącym kontrolę jakości funkcjonowania akceleratorów medycznych, szczególnie akceleratorów firmy Elekta (około połowa akceleratorów zainstalowanych w Polsce).

Z obowiązku recenzenckiego muszę wytknąć autorowi używanie niewłaściwego sformułowania dotyczącego ważnego pojęcia w nowoczesnej radioterapii jaką jest „modulacja intensywności wiązki” (prawidłowe, użyte pięć razy), a mianowicie posługiwanie się sformułowaniem „intensywna modulacja wiązki”, powszechny błąd, użyte sześć razy, który to błąd niestety pojawia się też w Słowniku Skrótów.

Pozytywnie oceniam zarówno wyniki uzyskane przez Autora jak i staranną redakcję tekstu oraz użycie jednolitej nomenklatury. Praca została bardzo dobrze przygotowana metodycznie i graficznie.

Z uwagi na pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej Pana mgr Błażeja Baica wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Wojciech Bulski

