

dr hab. inż. Maciej Budzanowski (Prof. Instytutu)  
Instytut Fizyki Jądrowej  
im. Henryka Niewodniczańskiego  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Radzikowskiego 152  
31-342 Kraków

Kraków, 07.04.2021

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Katarzyny Antończyk-Szewczyk

Tytuł rozprawy:

**"Zastosowanie detektorów żelowych Fricke gel PVA – GTA oraz filmów dozymetrycznych Gafchromic™ EBT3 Ballcube I do analizy blokowanych ekspozycji promieniowania w technice Gamma Knife®"**

### Wstęp

W ostatnich kilkunastu latach znacząco wzrosło zastosowanie ulepszonych technik radioterapii nowotworów takich jak Gamma Knife, Cyber Knife czy radioterapia protonowa, węglowa lub jonami helu. Głównym powodem rozwoju nowoczesnej radioterapii jest dążenie do bardziej precyzyjnego dostarczania dawki letalnej od promieniowania jonizującego z urządzeń zewnętrznych do obszaru nowotworu z jednocześnie minimalną dawką na obszary organów krytycznych lub/i zdrowej tkanki. Dotychczas do weryfikowania planu leczenia stosuje się powszechnie filmy dozymetryczne typu Gafchromic™, obrazujące powierzchniowy rozkład dawki (2D), choć stosując różne ułożenie czy sklejanie filmów można otrzymać rozkłady 3D. Autorka w swojej pracy poczyniła krok dalszy i przygotowała detektory żelowe na bazie Fricke gel PVAGTA tak aby porównać z rozkładami dawki filmami dozymetrycznymi i umożliwić zobrazowanie 3D i tym samym z punktu widzenia naukowego podjęła się nowej, ciekawej i praktycznej tematyki. Docelowo, gdyby stosować technikę obrazowania 3D w dużej rozdzielczości do planowania leczenia promieniowaniem jonizującym byłoby to znaczące osiągnięcie praktyczne w onkologii.

### Opis rozprawy

Przedstawiona maszynopisem rozprawa doktorska ma całkowitą objętość 202 stron, zawiera 88 rysunków i wykresów oraz 13 tabel. Praca jest podzielona na kilka rozdziałów zawierających typowe i kompletne elementy każdej pracy doktorskiej tzn. cele badań, wstęp, stosowane techniki i materiały, wyniki badań, dyskusję wyników, podsumowanie i literaturę. Rozdział 1 obejmuje bardzo szczegółowo opisaną metodę radiochirurgii stereotaktycznej. Rozdział jest znacznie rozbudowany bo zawiera ok. 30 stron i może służyć z powodzeniem za dobry przewodnik po metodach stosowanych w radiochirurgii promieniowaniem jonizującym. Niestandardowo, w rozdziale 2 Autorka przedstawia cel badań w pięciu punktach. Rozdziały 3 i 4 zawierają zastosowane materiały i metodykę badań. Rozdział 5 obejmuje zabrane wyniki optymalizacji,

kalibracji oraz analizy porównawcze stosowanych metod pomiaru rozkładu dawki. Rozdział 6 obejmuje ciekawą dyskusję wyników a rozdział 7 podsumowuje prace w kilku dobrze rozbudowanych i zebranych punktach. Pozostałe elementy pracy to literatura oraz załączniki w postaci przedstawienia 9 planów radioterapii nerwu trójdzielnego a także spis rysunków i tabel. Autorka jasno zdefiniowała swój cel badań i je wykonała, zdaniem recenzenta wzorowo. Wybrała do porównań 9 różnych planów leczenia neuralgii nerwu trójdzielnego, dla których zachodziła konieczność zastosowania zablokowanej ekspozycji lub techniki hybrydowej. Plany zostały skrupulatnie opisane i obejmowały wszystkie ważne parametry. Celem wykonania porównań opracowała własny i oryginalny fantom głowy ludzkiej w postaci czaszki wypełnionej roztworem agarowym z miejscem do umocowania filmów Gafchromic™ oraz dwa fantomy, jeden wypełniony wodą z umieszczonym detektorem żelowym oraz kolejny z detektorem żelowym umieszczonym stabilnie w roztworze agarowym. Ciekawym naukowo opisem jest przygotowanie oraz badania charakterystyk dozymetrycznych detektora żelowego. Autorka wykazała się tutaj dużą wiedzą żeby wykonać na miejscu w Uniwersytecie roztwór żelowy Fricke aktywny jako detektor promieniowania. Wyniki oryginalne Autorki prac są bardzo szerokie, obejmują badanie optymalnych warunków detektorów żelowych Fricke gel PVA-GTA, kalibracje i badanie rozkładu dawek filmami dozymetrycznymi Gafchromic™ oraz pomiar rozkładu dawek detektorami żelowymi. Tutaj na podkreślenie zasługuje pomysł i ogrom pracy nad przeniesieniem obrazów MR, z wycinaniem tła o niskim sygnale poprzez program MATLAB i przedstawienie analizy jakościowej w postaci rozkładów dawek w płaszczyznach Z-Y, Z-X i Y-X. W rozdziale opisującym otrzymane rozkłady dawek Autorka szczegółowo analizuje już izodozy, ich zagęszczenie i rozciągnięcie oraz porównuje do planu leczenia i obrazów rozkładu dawki otrzymanych przy użyciu filmów dozymetrycznych. Zostały również zweryfikowane plany leczenia za pomocą niezależnego oprogramowania MuCheck. Autorka potwierdziła, że wyniki weryfikacji mieściły się w granicach dopuszczalnej różnicy. Dodatkowo porównano rozkłady dawek z filmów dozymetrycznych i planów leczenia z użyciem oprogramowania FilmQA Pro a do oceny wykorzystano współczynnik  $\gamma$ . Ważnym wynikiem są dane przedstawione na rys. 68, które pokazują zgodność pomiędzy wartością izodozy V80% wyznaczonej w planie leczenia oraz pomiarów filmami dozymetrycznymi. Na rys. 69 pokazana jest zależność stosunku objętości izodozy 80% do objętości nerwu trójdzielnego i zostały wyjaśnione różnice w wynikach w zależności od zastosowanych ekspozycji z blokowaniem oraz hybrydowych. W rozdziale 5.5.2 przedstawione są wyniki i analiza dla detektorów Fricke gel PVA-GTA. Podobnie jak w przypadku poprzednich porównań przedstawiono wykresy wartości V80% oraz stosunku  $V80\%/V_{nerwu}$  dla każdego planu oraz skomentowano korzyści wynikające z zastosowania odpowiednich blokad czy tak jak było w planie 3, hybrydowym z blokowaniem dwóch sektorów w pierwszej ekspozycji oraz trzech w drugiej. W rozdziale Dyskusja Autorka podsumowała i skomentowała otrzymane wyniki, dodała również sugestie. Ważnym stwierdzeniem jest również podkreślenie, że badanie przestrzennego rozkładu dawki dawkomierzami żelowymi jest korzystniejsze niż filmami dozymetrycznymi a dodatkowo dawkomierze żelowe wykazują się wyższą



czułością na wysoką dawkę promieniowania czego nie dało się zauważyć w rozkładach dawek z zastosowaniem filmów dozymetrycznych i programem do planowania.

Otrzymane przez Autorkę wyniki, analizy i porównania wskazują jak ważne są parametry przestrzenne ekspozycji nowotworów czy nerwu trójdzielnego i mam nadzieję, że każdy kolejny plan radioterapii dla pacjentów będzie uwzględniał nowe metody weryfikacji i wpłynie to na optymalizację planu leczenia.

#### Uwagi krytyczne do rozprawy

- w pracy jako separator dziesiątą raz stosowany jest system z przecinkiem a raz z kropką, przykład w jednym zdaniu str. 81 – „84,32+-1.00 Gy, .....5.86+-0.82 Gy”;
- str. akapit 2, stwierdzenie „dość prostych liniach” jest mało precyzyjne dla fizyka;
- str. 35 rys. 15, brak opisu co oznaczają niebieskie symetryczne okręgi;
- str. 39 rys. w opisie są uwzględniane trzy odcienie koloru niebieskiego a na rysunku są dwa i zielony;
- str. 42 akapit 4, nie jasne jest czy opisywane różnice 1,7% i 1,2% są pomiędzy filmami dozymetrycznymi i TLD czy alanina i TLD ?;
- str. 49, rys. 20, brak opisu kolorów izodoz, co oznacza duży okrąg czerwony na rys 20C pokrywający się z izodozą zieloną?, chyba 50%;
- str. 81, nie jest zrozumiałe do czego odnosi się stwierdzenie oznaczone gwiazdką pod tabelą;
- str. 146, akapit 1, jaka jest jednostka niepewności pomiarowej 0.004?;
- str. 147, rys. 71, czy byłaby by możliwość naniesienia niepewności pomiarowych do punktów ? Autorka stwierdza w tekście że „wyniki dla żelu dozymetrycznego nieznacznie odbiegają od wyników otrzymanych SPL”. Jeżeli nie ma możliwości obliczenia niepewności pomiarowej to ewentualnie można w tekście opisać jaką różnica w wynikach i porównaniach jest nieistotna. Dotyczy to również rys. 72 na str. 159.

Recenzent znalazł w kilkunastu miejscach literówki, które w żaden sposób nie wpływają na ocenę pracy a raczej świadczą o szczegółowym przeczytaniu przez recenzenta.

### Podsumowanie

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Antończyk-Szewczyk jest dobrze i logicznie napisana, ma szczegółowo zdefiniowany cel i zakres badań, jest ciekawa i poznawcza, zawiera wyniki, które potwierdzają dobry wybór metody z zastosowaniem detektorów żelowych Fricke gel i jest poprawna pod względem naukowym. Praca doktorska jest ponadprzeciętnie rozbudowana o część teoretycznego wstępu ale dzięki temu spełnia również cel dydaktyczny bo jest zrozumiała nawet dla osoby nie związanej zawodowo z radioterapią, planowaniem radioterapii i dozymetrią promieniowania jonizującego.

Mimo powyższych drobnych uwag uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest na wysokim poziomie merytorycznym, zawiera oryginalne wyniki, napisana jest bardzo dobrym fachowym językiem i zawiera wszystkie te elementy, które w dobrej pracy doktorskiej powinny się znaleźć, dlatego reasumując uważam, że przedstawiona **praca doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Antończyk-Szewczyk spełnia ustawowe i merytoryczne warunki stawiane pracy doktorskiej w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne** i wnoszę o dopuszczenie do dalszego etapu przewodu doktorskiego.

