

dr Antoni W. Ruciński
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

Ocena niepewności zasięgu efektu biologicznego w celu poprawy skuteczności radioterapii protonowej w Centrum Cyklotronowym Bronowice

Radioterapia protonowa jest innowacyjną techniką leczenia nowotworów, która jest przedmiotem badań z obszaru fizyki, biologii i medycyny. Niniejszy projekt usytuowany w dziedzinie fizyki medycznej ma na celu poprawę skuteczności radioterapii protonowej i zostanie zrealizowany w pierwszym i jedynym w Polsce centrum radioterapii protonowej, Centrum Cyklotronowym Bronowice w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. Skuteczność leczenia wiązką protonową nowotworów głowy i szyi oraz nowotworów u pacjentów pediatrycznych została potwierdzona badaniami klinicznymi i przyczyniła się w ostatniej dekadzie do budowy kilkudziesięciu nowych ośrodków radioterapii protonowej na świecie.

Podstawową zaletą radioterapii protonowej, w porównaniu z konwencjonalną radioterapią wykorzystującą promieniowanie rentgenowskie lub elektrony, jest zdolność do dostarczenia terapeutycznej dawki do nowotworu w sposób precyzyjny, z maksymalnym oszczędzeniem zdrowych tkanek. Pozwala to na trzykrotne obniżenie całkowitej dawki, którą napromieniany jest pacjent. Niepewność zasięgu, czyli dystans, który protony przebywają wewnątrz ciała pacjenta, ogranicza pełne wykorzystanie korzyści płynących z radioterapii protonowej. Chociaż zasięg protonów może zostać precyzyjnie wyznaczony w znanym, jednorodnym ośrodku, wyznaczenie zasięgu protonów w tkankach jest obciążone niepewnościami biologicznymi i fizycznymi. Wiązka protonowa ma podwyższoną skuteczność biologiczną w porównaniu z promieniowaniem rentgenowskim co jest uwzględnione w praktyce klinicznej poprzez przyjęcie współczynnika skuteczności biologicznej o średniej wartości 1.1. Wyższa gęstość jonizacji protonów pod koniec ich toru prowadzi do zwiększenia tam efektu biologicznego w postaci zmniejszenia przeżywalności komórek nowotworowych na jednostkę pochłoniętej dawki. Zjawisko to nie jest współcześnie brane pod uwagę przy planowaniu leczenia co może prowadzić do powstania komplikacji, szczególnie przy penetracji przez wiązkę zdrowych narządów krytycznych.

W ramach projektu zostaną przeprowadzone badania i przygotowane oprogramowanie umożliwiające określenie rzeczywistego efektu biologicznego w radioterapii protonowej, z uwzględnieniem niepewności modeli radiobiologicznych. Zostaną wyselekcjonowane i przetestowane modele radiobiologiczne, które najlepiej charakteryzują zmienną skuteczność biologiczną wiązki protonowej w oddziaływaniu z tkanką zdrową i nowotworową w warunkach klinicznych. Wykorzystanie tych modeli radiobiologicznych w systemach planowania leczenia oraz zastosowanie symulacji Monte Carlo transportu wiązek protonowych pozwoli na uzyskanie ilościowej informacji o niepewności zasięgu efektu biologicznego podczas radioterapii protonowej.

Zastosowanie zmiennej skuteczności biologicznej w procedurach planowania i kontroli jakości leczenia przyczyni się do lepszego zapewnienia jakości radioterapii protonowej pacjentów w Centrum Cyklotronowym Bronowice w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, a poprzez współpracę międzynarodową z wiodącymi ośrodkami radioterapii protonowej w Europie istotnie wpłynie na rozwój radioterapii protonowej w Polsce i na świecie. Wyniki przedstawionych badań są niezbędne, aby poprawić skuteczność i całkowicie wykorzystać korzyści płynące dla pacjenta wynikające z zastosowania wiązki protonowej w radioterapii.