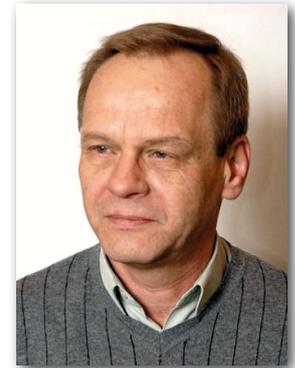


# Terapia hadronowa

Poszukiwanie metod monitorowania lokalizacji dawki



Terapia hadronowa stała się dobrze opanowaną techniką wykorzystywaną do klinicznego leczenia nowotworów. Obserwowany jest bardzo szybki rozwój tego typu terapii i ciągle powstają nowe ośrodki, które ją wykorzystują. Jednym z takich ośrodków jest Narodowe Centrum Radioterapii Hadronowej w Centrum Cyklotronowym Bronowice (CCB – IFJ PAN) stanowiące dział Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. W 2013 roku w ośrodku CCB uruchomiony został cyklotron, który dedykowany będzie terapii hadronowej, ale równocześnie będzie mógł być wykorzystywany do badań związanych z fizyką jądrową.

W pewnych aspektach terapia hadronowa osiągnęła duży stopień perfekcji, jakkolwiek ciągle istnieją w niej niecałkowicie zbadane pola, które wymagają dokładnych badań. Jednym z ważniejszych, ciągle nierozwiązanych, problemów terapii hadronowej jest lokalizacja piku Bragga, czyli pozycji w ciele pacjenta odpowiadającej maksymalnej dawce absorbowanej, która powinna przypadać w miejscu ze zmianami nowotworowymi. Opracowanie takiej metody pozwoli w pełni wykorzystać bardzo dobrze zdefiniowany w terapii hadronowej profil deponowanej dawki. Poszukiwana metoda lokalizacji piku Bragga powinna być możliwa do zastosowania w czasie naświetlania, co pozwoli na ewentualne korekty planowanej terapii.

Prof. dr hab. Andrzej Magiera zajmuje się badaniami naukowymi z dziedziny fizyki jądrowej i cząstek elementarnych, a ostatnio także zastosowaniami fizyki jądrowej w terapii hadronowej nowotworów. Jest współautorem 85 artykułów w recenzowanych czasopiśmie naukowych. Badania prowadzi głównie we współpracy z Forschungszentrum Jülich. Prace nad terapią hadronową realizuje w Narodowym Centrum Radioterapii Hadronowej w Centrum Cyklotronowym Bronowice stanowiącym dział Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie oraz RWTH Aachen.

[andrzej.magiera@uj.edu.pl](mailto:andrzej.magiera@uj.edu.pl)

Obecnie jedyną metodą stosowaną *in vivo* jest monitorowanie oparte na pozytronowo-elektronowej tomografii. Jednakże metoda ta pozwala na weryfikację absorbowanej dawki tylko po zakończeniu naświetlania, co generuje dodatkowe problemy związane z rozmyciem lokalizacji spowodowane procesami biologicznymi, w wyniku których następuje przemieszczenie mierzonych tą metodą izotopów. Wydaje się, iż o wiele lepszą metodą lokalizacji piku Bragga powinna być detekcja wtórnego promieniowania gamma oraz X emitowanego w wyniku procesów oddziaływania wiązki z jądrami znajdującymi się w materiale tkanki.

Planowane są badania oddziaływania protonów z grubymi tarczami dobrze symulującymi tkankę ludzką. Wykonane zostaną pomiary korelacji emitowanego promieniowania gamma i X z miejscem, w którym to promieniowanie zostało wywołane przez wiązkę protonową. Wyniki będą stanowiły podstawę do poszukiwania metody określania pozycji piku Bragga, a docelowo planowana jest budowa systemu detekcyjnego pozwalającego na monitorowanie deponowanej dawki w czasie leczenia klinicznego.

Bardzo ważnym aspektem w terapii hadronowej jest także dokładne poznanie reakcji zachodzących wzdłuż całej drogi jaką przebywa wiązka w tkance. Wymaga to stworzenia odpowiednio precyzyjnych modeli opisujących te reakcje. Dlatego równolegle prowadzone będą pomiary elementarnych reakcji (p. gamma) dla różnych pierwiastków wchodzących w skład tkanki ludzkiej dla cienkich tarcz. Obecnie dostępne dane są ograniczone do dosyć niskich energii wiązki, więc informacja eksperymentalna, z którą były konfrontowane modele używane do obliczeń jest niepełna. Podobny problem niekompletności danych eksperymentalnych istnieje również w astronomii pro-

mieniowania gamma. Znajomość eksperymentalnych przekrojów czynnych na emisję promieniowania gamma jest tu bardzo istotna dla interpretacji widm tego promieniowania emitowanego w czasie rozbłysków słonecznych, pomiaru temperatury i przepływów w dyskach akrecyjnych oraz badaniu charakterystyk promieniowania kosmicznego. Dlatego uzyskane dane będą stanowiły również istotny wkład w badanie tych problemów astrofizycznych.

Zaraz po uruchomieniu cyklotronu w CCB wykonany został pierwszy eksperyment w celu przetestowania systemów detekcyjnych, które będą używane w pomiarach. Test wykonano dla grubych tarcz podzielonych na cienkie płytki wykorzystując trzy różne systemy detekcyjne. Wyniki wskazują, iż dostępne systemy detekcyjne w pełni spełniają te najbardziej niesprzyjające warunki eksperymentalne. Otrzymano także pierwsze rezultaty pokazujące pewne korelacje widm promieniowania gamma z miejscem jego emisji.

W projekt, oprócz fizyków z Zakładu Fizyki Jądrowej, zaangażowani są także naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego oraz RWTH Aachen.