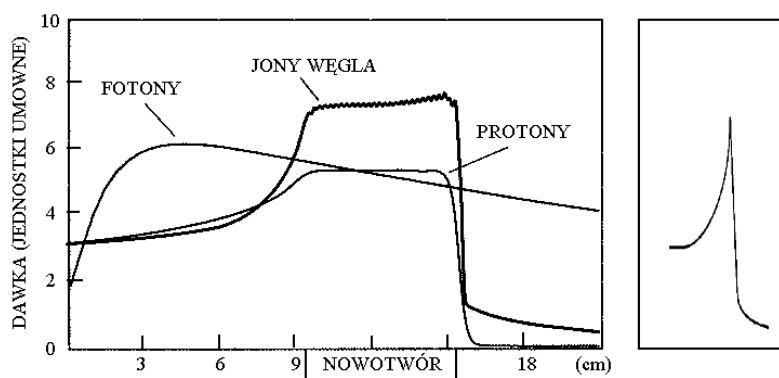


## Terapia ciężkimi jonami<sup>1</sup>

Barbara Warczak

Radioterapia chorób nowotworowych ma już ponadstuletnią tradycję, zrodziła się bowiem wraz z odkryciem promieniowania jonizującego. Po raz pierwszy, już w roku 1897 w Wiedniu, użyto sztucznie wytworzonej wiązki promienni X do naświetlania raka skóry. W kolejnych latach rozwój tej metody polegał przede wszystkim na wprowadzaniu do terapii nowych źródeł promieniowania X i  $\gamma$ , głównie radu. Po skonstruowaniu przez Ernesta Orlando Lawrence'a pierwszego cyklotronu, w 1932 roku, wystarczyło 15 lat, by szybkie protony wytwarzane w tym urządzeniu znalazły zastosowanie w medycynie. Ich wyjątkowe działanie polega na tym, iż energia wiązki deponowana jest głównie w bardzo wąskim obszarze naświetlania, którego lokalizacja zależy od energii protonów. Pozwala to na dobranie takich parametrów wiązki, aby energia deponowana była przede wszystkim w obszarze tkanki chorej.



Rys. 1. Dawka pochłonięta jako funkcja głębokości penetracji tkanki dla fotonów, dla protonów, dla jonów węgla. Widoczna na wykresie dla jonów i protonów (w obszarze nowotworu) struktura powstała po zsumowaniu dawek (krzywych Bragga), jakie deponowane są przez jony w prostopadłym do kierunku padania wiązki „plasterku” chorej tkanki. Każdy taki „plasterek” jest bowiem skanowany, jak ekran telewizyjny, jonami o określonej energii. Im większa jest energia jonów, w tym głębszej warstwie jest ona deponowana, a rozkład pochłoniętej przez tkankę dawki ograniczony do bardzo wąskiego obszaru (rysunek z prawej strony)

<sup>1</sup> Artykuł jest jedynie nawiązaniem do wywiadu z profesorem Gerhardem Kraftem z GSI. Obszerniejszy tekst, pod tym samym tytułem, znajdziecie Państwo w *Fotonie* 50, 1997.

Zastosowanie jonów w terapii zlokalizowanych nowotworów (około 58% wszystkich nowotworów) było i jest jedyną szansą dla tych chorych, u których nowotwór zlokalizowany jest w miejscu praktycznie niedostępnym dla chirurgicznego skalpela, a chemioterapia jest nieskuteczna lub niemożliwa. Ciężkie jony, stosowane w celach terapeutycznych od roku 1994, mają te same zalety co protony, ale obszar, w którym deponowana jest energia jonów o określonej energii, jest jeszcze węższy (rys. 1). Pozwala to na zniszczenie chorej tkanki z jednoczesnym niewielkim zaburzeniem, lub nawet całkowitym jego brakiem, zdrowej tkanki.

Instytucja	Jony	Terapia od roku	Liczba pacjentów*
LBL, Berkeley, USA	Protony	1954–1957	30
	hel	1957–1987	2054
	ciężkie jony, najczęściej neon	1975–1993	433
GWI Upsala, Szwecja	protony	1957	220
HCL Cambridge, Boston, USA	protony	1961	7694
JINR Dubna, Rosja	protony	1967	124
ITEP Moskwa, Rosja	protony	1969	3039
PINP St. Petersburg, Rosja	protony	1975	1029
PMRC Tsukuba, Japonia	protony	1983	576
LCUMC – Loma Linda, USA	protony	1990	3433
NAC Faure, Afryka Południowa	protony	1993	263
UC Davis, USA	protony	1993	162
NIRS Chiba (HIMAC), Japonia	jony węgla	1994	389
PSI Villigen, Szwajcaria	protony	1996	11
GSI Darmstadt, Niemcy	jony węgla	1997	89

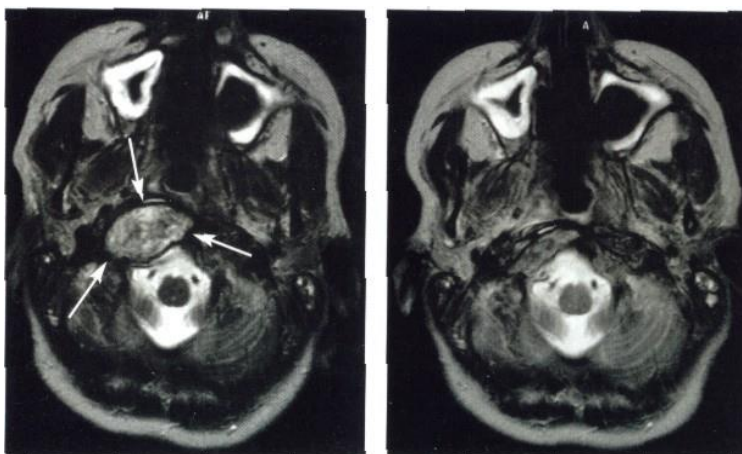
\* W kolumnie czwartej podano liczbę pacjentów do roku 1997, jedynie dla GSI dane zostały uaktualnione do roku 2001.

Terapia ciężkimi jonami prowadzona jest jedynie w trzech ośrodkach: LBL (Lawrence Berkeley Laboratory) w Berkeley (USA), Centrum Radiologicznym w miejscowości Chiba koło Tokio (akcelerator HIMAC – Heavy Ion Medical Accelerator) oraz w Instytucie Badań Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadt. W pozostałych ośrodkach stosuje się protony (tabela).

W Instytucie Badań Ciężkich Jonów prace nad skutecznością i bezpieczeństwem radioterapii ciężkimi jonami prowadzone są od kilkunastu lat. Przedsięwzięciem kieruje profesor Gerhard Kraft, koordynując prace prowadzone w trzech ośrodkach:

- Radiologische Universitätsklinik Heidelberg,
- Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg,
- Gesellschaft für Schwerionenforschung Darmstadt.

Wszyscy wierzą w sukces metody, bo i efekty są bardzo obiecujące. Wyniki badań pacjentów po naświetlaniu nie wskazują na działania uboczne, a otrzymane zdjęcia miejsc poddanych terapii dają dobre rokowania (rys. 2).



Rys. 2. Zdjęcie mózgu pacjenta z widocznym guzem przed rozpoczęciem naświetlań jonami węgla (po lewej) oraz po naświetlaniu (po prawej stronie)

Obecnie powstał projekt budowy kliniki w Heidelbergu, w której możliwe będzie prowadzenie naświetlań ciężkimi jonami już nie w ramach prób klinicznych, lecz terapii finansowanej przez kasy chorych.

Źródłem zdjęć oraz informacji umieszczonych w tabeli jest biuletyn informacyjny *Construction of a Clinical Therapy Facility for Cancer Treatment with Ion Beams* wydany w sierpniu 1998 roku przez GSI.