

## Otrzymano pierwszy w Polsce obraz płuc człowieka *in vivo* metodą tomografii magnetycznego rezonansu z użyciem optycznie spolaryzowanego $^3\text{He}$ .

Jak podają Światowa Organizacja Zdrowia (WHO), European Respiratory Society (ERS) oraz European Lung Foundation (ELF), choroby płuc, obok chorób układu krwionośnego i udaru mózgu, są jednymi z głównych przyczyn zgonów na świecie. Najcięższymi chorobami płuc są przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP, nazywana też rozedmą lub przewlekłym bronchitem) oraz złośliwy nowotwór płuc. Obie choroby są ściśle związane z paleniem tytoniu, zanieczyszczeniem powietrza, wzrostem koncentracji alergenów i patogenów chorobotwórczych w otoczeniu, a także z czynnikami związanymi z danym typem pracy zawodowej. Indywidualna dla każdego człowieka podatność na te choroby oraz odżywianie i styl życia również wpływają na zachorowalność. Na obecnym poziomie rozwoju cywilizacyjnego nie jesteśmy w stanie uniknąć kontaktu z wyżej wymienionymi czynnikami, dlatego tak ważna jest świadomość zagrożenia chorobami płuc, częste badania dróg oddechowych i profilaktyka. Innymi chorobami płuc są m.in. astma, zapalenie płuc, gruźlica i mukowiscydoza (cystic fibrosis).

Raport ELF z 2006 roku (*Lung Health in Europe - facts and figures*, <http://www.european-lung-foundation.org/>) przewiduje, że w okresie 2000 - 2020 wśród 68 mln zgonów na świecie, 11,9 mln będzie spowodowanych chorobami płuc. Największy odsetek stanowi PoChP (4,7 mln), następnie plasują się zapalenie płuc (2,5 mln), gruźlica (2,4 mln) i nowotwór płuc (2,3 mln). POChP powoduje trudności w oddychaniu wskutek zwężenia oskrzeli, co utrudnia przepływ powietrza. Ze względu na powolny rozwój POChP, zazwyczaj chorobę diagnozuje się u osób powyżej 40 roku życia. Według danych WHO z 2004 roku 64 mln ludzi na całym świecie cierpi na POChP. Obecnie choroba ta jest nieuleczalna, a terapia polega na łagodzeniu jej skutków. Przy odpowiednio wczesnym zdiagnozowaniu POChP, postęp choroby można powstrzymać na danym etapie zaawansowania. Wymaga to wprowadzenia do praktyki klinicznej zaawansowanych metod diagnostycznych, z których najbardziej obiecującą jest tomografia magnetycznego rezonansu z użyciem optycznie spolaryzowanych gazów szlachetnych.

Choroby płuc mają często podłoże genetyczne i zależą od indywidualnej podatności. Konieczna jest więc intensyfikacja badań w kierunku poznania źródeł ich powstawania i efektywności terapii w ich powstrzymaniu. Obrazowanie płuc staje się tym samym również podstawową metodą diagnostyki. Standardowa tomografia komputerowa oparta na zastosowaniu promieniowania X ma tutaj ograniczone zastosowanie ze względu na słabą czułość i niską rozdzielczość uzyskiwanych obrazów płuc. Ponadto istnieje ryzyko

przekroczenia dozwolonej dawki promieniowania, co nie pozwala na zbyt częste jej stosowanie. Osoby cierpiące na mukowiscydozę wymagające częstego monitorowania tej choroby mają więc ograniczone możliwości badań diagnostycznych. Tomografia magnetycznego rezonansu z użyciem optycznie spolaryzowanych gazów szlachetnych może być stosowana dowolnie często dzięki jej nieinwazyjności. Wysoka czułość i zdolność rozdzielcza uzyskiwanych obrazów, a także możliwość badania dynamiki wentylacji płuc czyni tę metodę preferencyjną w diagnostyce nie tylko mukowiscydozy, ale wszelkich chorób płuc.

Oprócz obniżonego poziomu życia i dyskomfortu pacjentów, wykrywanie i leczenie chorób płuc pociąga za sobą poważne skutki ekonomiczne. Raport ELF z 2006 roku opisuje wydatki rządu 102 mld Euro rocznie w Europie, na które składają się koszty bezpośrednie (hospitalizacja, rehabilitacja, leki, porady lekarskie, badania diagnostyczne) oraz pośrednie (niezdolności do pracy, przedwczesne zgony), ponoszone z powodu samych chorób płuc. W 2000 roku całkowity koszt wyniósł 101,9 mld Euro (48,3 mld € - utracone dni pracy, 17,8 mld € - hospitalizacje, 9,1 mld € - leczenie ambulatoryjne, 6,7 mld € - leki oraz 20,0 mld € - inne koszty).

W Polsce od 2007 roku umiera więcej kobiet z powodu raka płuc niż raka piersi. Badania diagnostyczne pod kątem raka piersi, prostaty oraz jelita grubego wykonywane są rutynowo i dają możliwość wczesnego wykrycia tego typu chorób. Natomiast wykrycie raka płuc w stadium na tyle wczesnym, żeby była szansa na skuteczne leczenie jest znacznie trudniejsze, bo na przykład standartowe zdjęcie rentgenowskie nie ma wystarczającej czułości. W Polsce jedynie 14% pacjentów zgłasza się do lekarza gdy choroba jest we wczesnym stadium i można jeszcze dokonać zabiegu chirurgicznego. Pacjenci w stadium zaawansowanym poddawani są radio- i chemioterapii.

Pierwszy w Polsce obraz płuc *in vivo* metodą tomografii magnetycznego rezonansu z użyciem optycznie spolaryzowanego  $^3\text{He}$  został wykonany 12 lutego 2011 roku przez grupę prof. Tomasza Dohnalika z Zakładu Optyki Atomowej Instytutu Fizyki im. M. Smoluchowskiego Uniwersytetu Jagiellońskiego, we współpracy z Ośrodkiem Diagnostyki, Prewencji i Telemedycyny ze Szpitala Specjalistycznego im. Jana Pawła II w Krakowie. Grupa prof. Dohnalika od lat zajmuje się optyczną polaryzacją gazowego izotopu helu -  $^3\text{He}$  do celów medycznych. W latach 2000-2004 prowadziła badania w ramach sieci naukowej PHIL (Polarized Helium to Image Lung, <http://www.phil.ens.fr/>). PHIL zrzeszał 9 grup naukowych z 6 państw Europy, które opracowały skuteczną metodę obrazowania płuc z wykorzystaniem spolaryzowanego  $^3\text{He}$ . Skupiono się głównie na badaniach POChP i rozedmy. Tematyka ta była kontynuowana w latach 2007-2011 w ramach programu

PHeLINet (Polarized Helium Lung Imaging Network, <http://www.phelinet.eu/>) skupiającego 17 partnerów z sektora akademickiego i prywatnego.

Standardowa tomografia magnetycznego rezonansu wykorzystuje sygnał od wody obecnej w organizmie ludzkim, namagnesowanej przez silny magnes, który jest integralną częścią skanera medycznego. Obrazowanie płuc tą metodą jest utrudnione z powodu niskiej zawartości wody w tym organie. Spolaryzowany optycznie  $^3\text{He}$ , wprowadzony do dróg oddechowych pacjenta podczas wdechu, daje silny sygnał, który wystarcza do uzyskania nie tylko dobrej jakości obrazu anatomicznego, ale również do badania dynamiki wentylacji. Metoda jest nieinwazyjna, a sam  $^3\text{He}$  jest absolutnie nietoksyczny i neutralny dla organizmu ludzkiego.

Przygotowanie optycznie spolaryzowanego  $^3\text{He}$  odbywa się w specjalnie skonstruowanym polaryzatorze. Przez szklaną komórkę umieszczoną w jednorodnym polu magnetycznym przepływa  $^3\text{He}$  pod niskim ciśnieniem, w którym gaz jest jonizowany za pomocą wyładowań o częstotliwości radiowej. Kołowo spolaryzowane światło wiązki laserowej wytwarza polaryzację gazu, który po wyjściu z komórki jest kompresowany i mieszany z gazami buforowymi, tak aby otrzymać ciśnienie atmosferyczne. Tak przygotowana mieszanka posiada magnetyzację równą lub większą w stosunku do magnetyzacji wody uzyskiwanej w magnecie tomografu medycznego. Obrazowanie realizowane jest w odpowiednio zaadaptowanym medycznym skanerze magnetycznego rezonansu wyposażonym w cewkę nadawczo-odbiorczą dostrojoną do częstotliwości rezonansowej  $^3\text{He}$ .

Pierwsze eksperymenty kliniczne zostały wykonane z użyciem  $^3\text{He}$  spolaryzowanego w Instytucie Fizyki im. M. Smoluchowskiego i przewiezionego do szpitala im. Jana Pawła II w specjalnym pojemniku. Wewnątrz pojemnika utrzymywane jest jednorodne pole magnetyczne, dzięki któremu polaryzacja gazu jest zachowana przez wystarczająco długi czas. Docelowo przewidziana jest instalacja kompaktowego polaryzatora helowego w szpitalu, który dzięki nowo opracowanej metodzie polaryzacji  $^3\text{He}$  w wysokim polu magnetycznym będzie wykorzystywał magnes w skanerze medycznym. Prototyp nowego polaryzatora jest w końcowej fazie realizacji.

W ramach Narodowego Laboratorium Technologii Kwantowych (projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2.2) zostały zakupione dwie cewki nadawczo-odbiorcze na częstotliwość helową i ksenonową (optyczna polaryzacja  $^{129}\text{Xe}$  do celów medycznych jest obecnie drugim polem działania grupy prof. Dohnalika). Dokonano również modernizacji skanera Sonata Magnetom 1.5 T firmy SIEMENS w szpitalu Jana

Pawła II w Krakowie, dzięki czemu stało się możliwe obrazowanie płuc za pomocą gazów spolaryzowanych w warunkach klinicznych.

Pierwszy obraz płuc w Polsce wykonany z użyciem spolaryzowanego  $^3\text{He}$  załączono poniżej.

