

Szlachetne gazy w szlachetnej służbie



Każdy z nas na pewno raz w życiu widział obraz ludzkiego ciała wykonany techniką Magnetycznego Rezonansu Jądrowego (MRJ). Jest to bardzo dokładna metoda pozwalająca obrazować tkanki, ponadto może być stosowana często ze względu na jej nieinwazyjny charakter. Technika MRJ opiera się na badaniu sygnału emitowanego przez jądra atomów wodoru i tworzeniu obrazu na podstawie rozkładu ich gęstości w ludzkim organizmie. Jedyne organ, który

Mgr Anna Wojna-Pelczar zajmuje się badaniami naukowymi z dziedziny optyki atomowej i magnetycznego rezonansu jądrowego. W ramach doktoratu realizowanego w Zakładzie Optyki Atomowej zbudowała polaryzator do produkcji spolaryzowanego ^{129}Xe .

anna.wojna@uj.edu.pl



praktycznie nie może być obrazowany techniką MRJ to płuca – widoczne na obrazie jako czarna plama. Dzieje się tak dlatego, iż płuca są ubogie w wodę, a zatem w atomy wodoru, będące jej składnikiem. Co zrobić, by móc zobaczyć płuca? Istnieje wiele konkurencyjnych technik, takich jak tomografia komputerowa (TK), zdjęcia RTG, spirometria... Niestety, TK oraz RTG nie są tak dokładnymi metodami jak MRJ i nie mogą być zbyt często wykonywane ze względu na potencjalną dawkę promieniowania jonizującego, otrzymywaną w trakcie badania. Spirometria natomiast pozwala uzyskać informację tylko o całkowitej objętości płuc, bez konkretnych informacji o miejscach zaatakowanych chorobą. Na ratunek przychodzi technika wykorzystująca izotopy spolaryzowanych gazów szlachetnych: hel ^3He oraz ksenon ^{129}Xe .

W laboratorium Optycznej Polaryzacji Gazów Szlachetnych w Zakładzie Optyki Atomowej Instytutu Fizyki

UJ przygotowuję gazy do wykorzystania ich jako kontrast w badaniach MRJ. ^3He i ^{129}Xe grają teraz rolę wodoru. Gazy te wstępnie muszą być przygotowane. Polega to na ustawieniu spinów jąder w polu magnetycznym tak, by sygnał z ośrodka rzadkiego, jakim jest gaz, był wystarczająco silny do odtworzenia obrazu płuc. Istnieją dwie metody polaryzowania optycznego gazów szlachetnych: pompowanie optyczne z wymianą metastabilności (ang. Metastability Exchange Optical Pumping – MEOP) oraz pompowanie optyczne z wymianą spinu (ang. Spin Exchange Optical Pumping – SEOP), które pozwalają osiągnąć hiperpolaryzację – stan polaryzacji jąder, w którym do obrazowania jest przygotowanych kilka tysięcy razy więcej jąder niż w warunkach równowagowych. Obie metody są dwustopniowe. Najpierw zachodzi pompowanie optyczne z wykorzystaniem technik laserowych. Dokonujemy wtedy zmian w obsadzeniu poziomów energetycznych atomów ^3He lub metalu alkalicznego (np. Rb). Następnie wskutek zderzeń ^3He - ^3He (MEOP) lub Rb- ^{129}Xe (SEOP) następuje przekaz polaryzacji do jąder atomowych (zmiana ustawienia spinów). Procesy te zachodzą w jednorodnym polu magnetycznym, w czystych komórkach szklanych, gdyż jakiegokolwiek zderzenie z jądrami paramagnetycznymi obecnymi np. w szkle naczynia lub gradienty pola magnetycznego powodują niekorzystną depolaryzację. Odpowiednie warunki fizyczne dla procesów MEOP i SEOP są stwarzane w urządzeniach – polaryzatorach.

Spolaryzowane gazy podawane są pacjentowi w skanerze MRJ i po kilku sekundach tworzony jest wysokiej rozdzielczości obraz płuc. Zaaplikowanie obojętnego biologicznie znacznika (spolaryzowanego ^3He czy ^{129}Xe) polega na wykonaniu przez pacjenta jednego wdechu. Badanie to jest całkowicie bezpieczne i może być stosowane u osób z trudnościami z oddychaniem. Metoda ta pozwala na wykrycie raka płuc wcześniej niż z użyciem innych metod diagnostycznych, pozwala także na kontrolę postępu choroby w przypadku przewlekłej obturacyjnej choroby płuc, mukowiscydozy oraz astmy, czy obserwację pracy płuc po przeszczepach. Obrazowanie płuc MRJ nie jest ograniczone dawką promieniowania, a zatem można je powtarzać dowolnie często. Badanie trwa krótko, nie jest uciążliwe dla pacjenta. Podczas badania wykorzystywane są dostępne skanery MRJ, dzięki czemu można uniknąć dodatkowych kosztów zakupu sprzętu. Ponadto obrazowanie spolaryzowanymi ^3He lub ^{129}Xe pozwala na śledzenie drogi gazu w płucach, i tym samym utworzenie klatki po klatce filmu. Analiza rozchodzenia się gazu w płucach umożliwia natychmiastowe rozpoznanie miejsc wyłączonych z oddychania.

Spolaryzowane gazy szlachetne rzucają nowe światło na niezwykle trudną diagnostykę płuc, a dzięki interdyscyplinarnym i nowatorskim badaniom z zakresu technik laserowych i magnetycznego rezonansu jądrowego eliminowane są wszystkie ograniczenia dotychczas stosowanych metod, uznanych za klasyczne.