

Radiofarmaceutyki w Polsce

Tomografia pozytonowa PET, jedna z najdokładniejszych technik śledzenia procesów zachodzących w organizmie pacjenta, wymaga precyzyjnie skonstruowanych, nietrwałych substancji chemicznych — radiofarmaceutyków. Mazowieckie szpitale i kliniki będą mogły się w nie zaopatrywać w Warszawie, w nowoczesnym [Ośrodku Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków](http://www.slcj.uw.edu.pl/pet/petuw-pl.htm) (<http://www.slcj.uw.edu.pl/pet/petuw-pl.htm>), który został otwarty 15 maja w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego.

JAK DZIAŁA PET?

Aby skutecznie leczyć, lekarz musi dysponować zarówno danymi o anatomii pacjenta, jak i pracy jego narządów. Pierwsze metody diagnostyczne, służące obrazowaniu wnętrza ciała żywego człowieka, wynaleziono ponad wiek temu i od tego czasu ciągle ulepszano. Prześwietlenia z użyciem promieniowania rentgenowskiego, tomografia komputerowa czy badania za pomocą rezonansu magnetycznego są dziś standardowymi narzędziami w praktyce lekarskiej. Dostarczają niezbędnej wiedzy o „geografii” wnętrza pacjenta — lecz nie o tym, jak działają jego narządy.

Konieczność zobrazowania nie tyle samego wyglądu organu wewnętrznego, ile zachodzących w nim procesów, zmusiła fizyków, chemików, biologów i lekarzy do opracowania potężnej metody diagnostycznej: tomografii pozytonowej (Positron Emission Tomography, PET).

U źródeł metody PET leży prosty pomysł: pacjentowi należy podać substancję chemiczną, której cząsteczki będą aktywne biologicznie i włączą się w procesy życiowe interesujące lekarza. Po pewnym czasie drobiny rozprzestrzenia się w organizmie i zaczną się grupować w tych tkankach, w których procesy z ich udziałem przebiegają najintensywniej. Różnice w koncentracji cząsteczek wewnątrz organizmu będą niosły informację o tym, jak funkcjonują określone narządy.

Jak zobaczyć koncentrację cząsteczek substancji wewnątrz żywego człowieka? Gdyby chodziło o bakterię, wystarczyłoby, żeby cząsteczki emitowały światło — ciało bakterii jest przezroczyste i różnice w intensywności świecenia organelli byłyby łatwe do zauważenia pod mikroskopem. Naukowcy musieli zatem znaleźć promieniowanie, dla którego ludzkie ciało byłoby odpowiednio przezroczyste. Wymogi spełniało promieniowanie rentgenowskie oraz gamma, czyli kwanty promieniowania elektromagnetycznego o (odpowiednio) dużych oraz bardzo dużych energiach. Cząsteczki znaczników podawanych pacjentom, u których chcielibyśmy zobrazować działanie narządów wewnętrznych, powinny więc świecić w którymś z tych zakresów promieniowania. Pomysł był dobry, miał jednak wadę: tak świecące cząsteczki nie istnieją.

Problem rozwiązano dzięki sprytnemu spostrzeżeniu. Jeśli sama cząsteczka znacznika nie może emitować kwantów promieniowania o dużych energiach, to może mogłaby pobudzić swoje najbliższe otoczenie do takiej emisji? Fizycy znali już odpowiedni proces. Była nim anihilacja, czyli zamiana dwóch cząstek elementarnych — materialnej i jej antymaterialnego partnera — w energię unoszoną przez kwanty gamma. Ale jak dostarczyć antymaterię do ciała pacjenta? Okazało się, że w ogóle nie trzeba tego robić, bo można ją wyprodukować na miejscu.

Cząsteczki substancji podawanych pacjentowi przed badaniem PET, czyli radiofarmaceutyków, są zmodyfikowane. Oprócz części aktywnej biologicznie zawierają izotop promieniotwórczy. Jest on dobrany w taki sposób, że jego jądro rozpada się w procesie beta plus. Podczas rozpadu jądra powstaje m.in. pozyton, czyli antymaterialny partner elektronu. Pozyton anihiluje, gdy na swej drodze spotka elektron. A elektronów w ludzkim ciele jest przecież bardzo dużo.

Podczas anihilacji pozytonu z elektronem dochodzi do emisji dwóch kwantów gamma, każdego o tej samej, dobrze określonej energii (511 kiloelektronowoltów). Kwanty te rozbiegają się w przeciwnych kierunkach i mogą zostać zarejestrowane przez pierścień detektorów, przez który powoli przesuwana jest stół z leżącym na nim pacjentem.

Dane zebrane przez detektory promieniowania gamma są przetwarzane za pomocą wyrafinowanych algorytmów. Efektem ich pracy jest na przykład trójwymiarowy obraz koncentracji radiofarmaceutyku w organizmie pacjenta.

Obrazy otrzymane za pomocą skanerów PET mają stosunkowo niewielką rozdzielczość przestrzenną. W zależności od typu skanera i użytego radioizotopu, wynosi ona od jednego do kilku milimetrów w każdym z wymiarów. Mała rozdzielczość wynika z niepewności co do długości drogi, jaką przed anihilacją przebywają pozytony w ciele pacjenta (zależy ona od użytego radioizotopu i wynosi zwykle kilka milimetrów), oraz z faktu, że oba emitowane podczas anihilacji fotony nie

rozbiegają się w idealnie przeciwnych kierunkach.

Wzrost dokładności obrazów ze skanerów PET udało się uzyskać dzięki zastosowaniu bardzo szybkich detektorów promieniowania gamma. Można dzięki nim zmierzyć czas przelotu kwantów gamma. Dane te pozwalają precyzyjniej ustalić położenie punktu, w którym doszło do anihilacji.

Mimo wzrostu rozdzielczości obrazów ze skanerów PET, są one zwykle nakładane na zdjęcia wnętrza ciała otrzymywane za pomocą innych, bardziej dokładnych metod obrazowania anatomicznego, takich jak typowa tomografia komputerowa czy rezonans magnetyczny.

RADIOFARMACEUTYKI I ICH PRODUKCJA



1. Kontrola jakości radiofarmaceutyków wytworzonych w Ośrodku Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków przy Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. Tu sprawdza się, czy wyprodukowany radiofarmaceutyk spełnia kryteria medyczne. (Źródło: ŚLCJ UW, Grzegorz Krzyżewski)

Radiofarmaceutyk to substancja chemiczna, której cząsteczki pełnią podwójną rolę. Z jednej strony są aktywne biologicznie i uczestniczą w procesach, które chcemy śledzić w organizmie pacjenta. Z drugiej strony w cząsteczce radiofarmaceutyku znajduje się izotop promieniotwórczy, którego rozpad prowadzi do powstania pozytonów, czyli cząstek antymaterii. W zetknięciu z elektronami w ciele pacjenta zamieniają się one w promieniowanie, rejestrowane następnie przez skaner PET.

Odpowiednio dobierając część aktywną biologicznie i część promieniotwórczą można wyprodukować radiofarmaceutyki włączające się w różne procesy życiowe. Anomalie w dystrybucji radiofarmaceutyku w organizmie pacjenta pozwalają diagnozować różne procesy chorobowe.

Obecnie do diagnozy stosuje się kilkanaście radiofarmaceutyków. W warszawskim ośrodku będzie produkowany przede wszystkim fluor ^{18}F , węgiel ^{11}C oraz, w mniejszych ilościach, izotop tlenu ^{15}O .

Podstawowe znaczenie medyczne ma obecnie fluor ^{18}F . Jako znacznik jest on wprowadzany m.in. do fluorodeoksyglukozy (FDG) — odmiany glukozy rozprzestrzeniającej się w organizmie podobnie jak glukoza. Fluorem znakuje się też cholinę, związek służący do diagnostyki nowotworów o wolnym metabolizmie (często używany do badania nowotworów prostaty). Dwa inne zastosowania fluoru to dopa, substancja metabolizowana do dopaminy i używana do wczesnego wykrywania choroby Parkinsona, oraz mizonidazol, związek do diagnozowania stanów niedotlenienia tkanek.

Izotop węgla ^{11}C jest krótkożytywy — jego czas połowicznego rozpadu to ok. 20 minut. Radiofarmaceutyki zawierające ten izotop mogą być więc transportowane wyłącznie w ramach jednej aglomeracji. Węgiel ma jednak ogromną zaletę: występuje naturalnie w aktywnych biologicznie cząsteczkach. Zamiana jednego atomu węgla w cząsteczce na izotop ^{11}C nie zmienia jej własności fizyko-chemicznych. W efekcie tak oznakowana cząsteczka włącza się w dokładnie te same procesy fizjologiczne, w których uczestniczą cząsteczki nieoznakowane. Węgiel ^{11}C ma zastosowanie w związkach używanych do badania procesów neurologicznych i kardiologicznych.

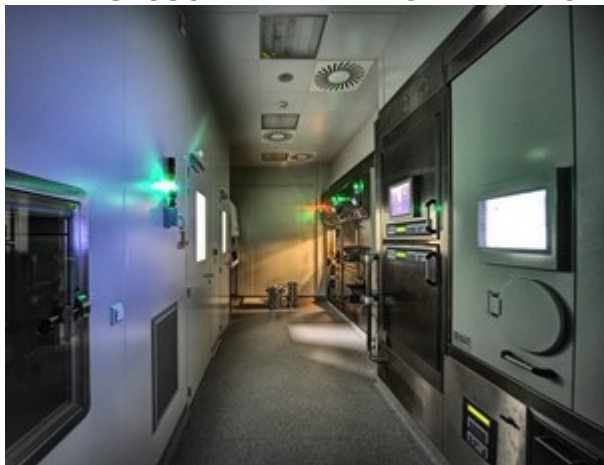
Radiofarmaceutyk jest podawany pacjentowi zazwyczaj dożylnie. W zależności od części aktywnej biologicznie, należy następnie odczekać, aż radiofarmaceutyk włączy się w monitorowany proces. Czas oczekiwania jest uregulowany w procedurze podawania konkretnego radiofarmaceutyku i zazwyczaj wynosi kilkadziesiąt minut.

Czas połowicznego rozpadu to czas, w którym połowa atomów ulega rozpadowi. W przypadku izotopów stosowanych w radiofarmaceutykach dla potrzeb PET jest on bardzo krótki: dla fluoru ^{18}F wynosi 110 minut, dla węgla ^{11}C — 20 minut, dla azotu ^{13}N — 10 minut, a dla tlenu ^{15}O zaledwie nieco ponad dwie minuty. Oznacza to, że wprowadzony do organizmu radiofarmaceutyk, nawet jeśli będzie wolno usuwany drogami biologicznymi, po kilku godzinach od badania i tak przestanie być aktywny z przyczyn fizycznych.

Czy badanie PET jest bezpieczne? Roczna dawka promieniowania na terenie Polski, przyjmowana przez każdego z nas ze źródeł naturalnych (pierwiastki promieniotwórcze w ziemi, promieniowanie kosmiczne itp.), wynosi 2,5-3 milisiwerty, a w rejonach górskich jest wyższa nawet dwukrotnie. Tymczasem dawka promieniowania pochłaniana przez pacjenta wskutek wprowadzenia radiofarmaceutyku do organizmu to 7-10 milisiwertów. Jest ona zwiększana o dawkę pochodzącą z przeprowadzanej równoległe z badaniem PET tomografii komputerowej. Łącznie w ciągu kilku godzin pacjent otrzymuje ok. 15 milisiwertów. Tak niewielki — a na dodatek tylko chwilowy! — skok promieniowania nie jest zagrożeniem dla zdrowia.

Warto dodać, że znakowanie izotopami, zwłaszcza węglem ^{11}C , zdobywa coraz większą popularność w ośrodkach poszukujących nowych leków. Dzięki wprowadzeniu izotopu w miejsce któregoś z atomów węgla w testowanym związku, można szybko sprawdzić, czy lek kumuluje się we właściwych miejscach organizmu.

ZASTOSOWANIA MEDYCZNE RADIOFARMACEUTYKÓW



2. Wnętrze laboratorium badawczo-rozwojowego Ośrodka Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków przy Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. Naukowcy będą tu poszukiwać nowych radiofarmaceutyków. (Źródło: ŚLCJ UW, Grzegorz Krzyżewski)

Tomografia pozytonowa (Positron Emission Tomography, PET) służy do obrazowania procesów zachodzących w ciele pacjenta, pozwala diagnozować i oceniać stany nowotworowe oraz prowadzić bezinwazyjną diagnostykę kardiologiczną i neurologiczną. W literaturze światowej przyjmuje się, że jeden działający skaner PET powinien przypadać mniej więcej na milion mieszkańców. W Polsce urządzeń tego typu jest nieco mniej — około 20.

Radiofarmaceutykami o największej liczbie zastosowań w tomografii pozytonowej jest fluorodeoksyglukoza FDG, analog glukozy, w którym jeden atom wodoru został zastąpiony przez promieniotwórczy fluor ^{18}F . Podobnie jak glukoza jest on preferencyjnie absorbowany przez komórki nowotworowe i służy do obrazowania zachodzących w nich procesów metabolicznych.

Badanie PET jest uważane za jedną z najbardziej czułych technik w diagnostyce onkologicznej. Jego wysoka użyteczność jest związana przede wszystkim z możliwością diagnozowania bardzo wczesnych zmian nowotworowych, co ma kluczowe znaczenie dla powodzenia późniejszej terapii. Dzięki stosunkowo szerokim możliwościom doboru radiofarmaceutyków można diagnozować nowotwory różnego typu, zarówno o aktywnym, jak i spowolnionym metabolizmie, oraz bardzo wczesnie wykluczać niektóre podejrzenia lekarzy co do natury procesu chorobowego. Obrazowanie za pomocą skanera PET pozwala też łatwo określić, czy mamy do czynienia z pierwotną zmianą nowotworową, czy ze zmianą wtórną, rozbudowaną — czyli z przerzutami. Dysponując tą wiedzą,

lekarz-klinicysta może w bardziej odpowiedni sposób dobrać taktykę postępowania z pacjentem.

W praktyce medycznej skanery PET służą do wczesnego wykrywania nowotworów i ich nawrotów, ustalania stopnia złośliwości zmiany nowotworowej i jej fazy rozwoju, wykluczaniu przerzutów, oceny żywotności komórek nowotworowych i ich rozkładu, określania miejsca biopsji oraz weryfikowania skuteczności leczenia. PET jest używany w przypadku raka mózgu, płuc, przełyku, jelita grubego, trzustki, wątroby, tarczycy, nerki, piersi, jądra, gruczołu krokowego oraz nowotworów podścieliska przewodu pokarmowego i nabłonkowych głowy i szyi. Zastosowania neurologiczne obejmują lokalizowanie ogniska padaczkorodnego, diagnostykę chorób otępiennych, przedoperacyjną ocenę złośliwości biologicznej guzów mózgu oraz określenie, czy doszło do wznowienia procesu nowotworowego w obrębie układu nerwowego. Wśród innych zastosowań należy wymienić ocenę żywotności mięśnia sercowego pomagającą ustalić, czy rzeczywiście doszło do jego martwicy wskutek zawału, oraz badania weryfikujące chorobę niedokrwienną.

Koszt badania za pomocą skanera PET oraz konieczność narażenia pacjenta na pewną dawkę promieniowania powodują, że tomografia pozytonowa nie może być stosowana jako badanie profilaktyczne.

NAJCIEKAWSZE FAKTY



3. Cyklotron GE-PETtrace w Ośrodku Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków przy Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. Urządzenie generuje wiązkę protonów lub deuteronów służącą do wytworzenia izotopów promieniotwórczych niezbędnych przy produkcji radiofarmaceutyków. (Źródło: ŚLCJ UW, Grzegorz Krzyżewski)

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego (ŚLCJ UW) powstało w 1979 roku. Od 1994 roku pracuje tu największy w Polsce cyklotron ciężkich jonów U-200P.

Ośrodek Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków (OPBR-PET-UW) znajduje się na terenie ŚLCJ UW. Będzie pełnił podwójną rolę: producenta radiofarmaceutyków do diagnostyki medycznej oraz centrum badawczego poszukującego innowacyjnych radiofarmaceutyków. Budowa Ośrodka kosztowała ok. 26 mln zł.

Radiofarmaceutyk to substancja chemiczna, której cząsteczki pełnią podwójną rolę. Z jednej strony są aktywne biologicznie i uczestniczą w procesach, które chcemy śledzić w organizmie pacjenta. Z drugiej strony w cząsteczce radiofarmaceutyku znajduje się izotop promieniotwórczy.

W wyniku rozpadu izotopu w radiofarmaceutyku powstaje pozyton, antymaterialna cząstka, która napotykając elektron w ciele pacjenta zamienia się w energię. Wskutek anihilacji powstają dwa kwanty promieniowania gamma biegnące w przeciwnych kierunkach. Dzięki odpowiednim detektorom oraz metodom przetwarzania danych, kwanty te pozwalają skonstruować obraz rozmieszczenia radiofarmaceutyku w ciele pacjenta. Opisana metoda — tomografia pozytonowa (Positron Emission Tomography, PET) — pozwala badać procesy zachodzące w organizmie.

Radiofarmaceutyki są stosowane w badaniach PET aż w 80% przypadków u osób z problemami nowotworowymi. W 15% przypadków chodzi o diagnostykę neurologiczną, związaną z określaniem aktywności obszarów mózgu i/lub badaniami procesów transmisji sygnałów nerwowych. Pozostałe 5% to zastosowania w kardiologii, zwłaszcza diagnostyka mięśnia sercowego.

W warszawskim ośrodku będzie produkowany głównie fluor ^{18}F , węgiel ^{11}C oraz, w mniejszych

ilościach, tlen ^{15}O . Pierwszym etapem działalności będzie rejestracja radiofarmaceutyku ^{18}F -FDG oraz jego komercjalizacja z ukierunkowaniem na ośrodki medyczne w Warszawie i okolicach.

Działalność badawczą Ośrodek rozpocznie pod koniec 2012 roku, we współpracy z 20 jednostkami naukowo-badawczymi z Mazowsza, tworzącymi Warszawskie Konsorcjum Współpracy PET.

Wytwarzanie radiofarmaceutyków w Ośrodku jest całkowicie zautomatyzowane, operator jedynie nadzoruje poprawność produkcji.

Z uwagi na krótki czas życia radiofarmaceutyków, zasięg oddziaływania Ośrodka jest ograniczony do ok. 200 km w przypadku transportu samochodowego. Transport drogą lotniczą zwiększa zasięg oddziaływania nawet trzykrotnie.

Możliwości produkcyjne nowego Ośrodka są dostatecznie duże, aby zapewnić zaopatrzenie w radiofarmaceutyki dla 3-4 skanerów PET działających codziennie przy pełnym obciążeniu.

OŚRODEK PRODUKCJI I BADANIA RADIOFARMACEUTYKÓW



4. Całkowicie zautomatyzowany syntezator do przeprowadzania chemicznych reakcji syntetycznych, których celem jest wyprodukowanie radiofarmaceutyku.

Urządzenie działa w Ośrodku Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków przy Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. (Źródło: ŚLCJ UW, Grzegorz Krzyżewski)

Ośrodek Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków (OPBR-PET-UW) utworzono na terenie Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego. Będzie pełnił podwójną rolę: producenta radiofarmaceutyków do diagnostyki medycznej techniką tomografii pozytonowej PET oraz centrum badawczego poszukującego innowacyjnych radiofarmaceutyków.

W ośrodku zainstalowano kompletne linie do produkcji radiofarmaceutyków. W skład linii wchodzi: umieszczony w specjalnym bunkrze cyklotron z tarczami do produkcji izotopów fluoru ^{18}F , węgla ^{11}C i tlenu ^{15}O , syntezery do produkcji fluorodeoksyglukozy ^{18}F -FDG oraz specjalistyczne roboty do rozdostawiania radiofarmaceutyków. Wszystkie te urządzenia są umieszczone w komorach osłonnych zabezpieczających personel i otoczenie przed niekorzystnymi warunkami środowiska pracy. Producentem cyklotronu i syntezatorów FDG oraz głównym wykonawcą instalacji jest firma General Electric Medical Systems. Układ i wykonanie pomieszczeń umożliwiają zarówno produkcję radiofarmaceutyków do diagnostyki klinicznej, jak i prowadzenie prac badawczych.

Oprócz fluorodeoksyglukozy ^{18}F Ośrodek będzie wytwarzać inne radiofarmaceutyki z fluorem, takie jak ^{18}F cholina czy ^{18}F dopa oraz związki z krótkożyjącymi izotopami węgla i tlenu, takie jak ^{11}C -metionina czy H_2^{15}O . Istnieje również możliwość produkcji radioizotopów metalicznych.

Wytwarzanie radiofarmaceutyków jest zautomatyzowane, operator jedynie nadzoruje

poprawność produkcji. Proces zaczyna się w cyklotronie GE-PETtrace. Urządzenie to wytwarza, w zależności od potrzeb, wiązkę protonów o energii 16,5 megaelektronowoltów lub deuteronów o energii 8,4 MeV. Wyprowadzona z cyklotronu wiązka jest kierowana na odpowiednią tarczę, w której powstaje pożądaný izotop promieniotwórczy.

Fluor ^{18}F wytwarza się za pomocą wiązki protonowej, która uderza w wodę wzbogaconą w izotop tlenu ^{18}O . Węgiel ^{11}C powstaje także z użyciem wiązki protonowej, lecz tarczą jest gazowy azot ^{14}N odpowiednio domieszkowany wodorem albo tlenem. Domieszki decydują, czy izotop węgla powstanie w tarczy w postaci zredukowanej, czy utlenionej, co ma wpływ na późniejszą syntezę chemiczną konkretnego radiofarmaceutyku. Do produkcji tlenu ^{15}O używa się wiązki deuteronów i gazowej tarczy.

Izotop, który powstał wskutek ostrzału tarczy wiązką z cyklotronu, trafia do osłoniętej ołowiem kapilary i jest nią przesyłany — w postaci ciekłej lub gazowej, zależnie od tarczy — do komory gorącej z syntezerami. Komora gorąca to duża szafa obłożona ołowiem, chroniącym personel przed promieniowaniem. Wewnątrz komory znajdują się syntezery, czyli urządzenia automatycznie przeprowadzające kilkanaście do kilkudziesięciu chemicznych operacji syntetycznych. Operacje te włączają izotopy w bardziej skomplikowane, aktywne biologicznie związki chemiczne. Związki te są następnie poddawane oczyszczaniu. Usuwa się wtedy rozpuszczalniki stosowane podczas produkcji radiofarmaceutyku oraz różnego rodzaju produkty uboczne i zanieczyszczenia.

Zsyntetyzowany i oczyszczony radiofarmaceutyk trafia do drugiej komory gorącej, z dyspenserami. Urządzenia te dozują radiofarmaceutyk o odpowiedniej aktywności do fiolek. Krótkie czasy połowicznego rozpadu powodują, że aktywność tę należy dobrać bardzo starannie: pacjent badany o godzinie ósmej musi dostać tę samą dawkę co np. pacjent badany pięć godzin później. Dawki są więc w odpowiedni sposób przeliczane, a fiolka z radiofarmaceutykami odpowiednio przygotowana i opisana. Fiolka jest następnie napełniania w warunkach sterylnych, po czym trafia do pojemnika osłonowego gwarantującego bezpieczeństwo podczas transportu

Akcelerator i automatyka związana z chemią to odrębne urządzenia. Ich połączenie w sprawnie funkcjonującą całość było możliwe dzięki pracownikom Środowiskowego Laboratorium Ciężkich Jonów UW, którzy odpowiednio zaprojektowali proces produkcji oraz zapewnili bezpieczne i sterylne środowisko pracy urządzeń. Należy podkreślić, że ŚLCJ UW dysponuje również wieloma przyrządami umożliwiającymi kontrolę jakości radiofarmaceutyków.

Możliwości produkcyjne nowego Ośrodka są dostatecznie duże, aby zapewnić zaopatrzenie w radiofarmaceutyki dla 3-4 skanerów PET działających codziennie przy pełnym obłożeniu.

Z uwagi na krótki czas życia radiofarmaceutyków, zasięg oddziaływania Ośrodka jest limitowany. Zazwyczaj przyjmuje się, że przesłanie radiofarmaceutyku do pracowni diagnostycznej nie powinno trwać dłużej niż 2-3 okresy połowicznego rozpadu użytego w danym przypadku izotopu. Oznacza to, że przy transporcie drogowym Ośrodek będzie mógł przesyłać radiofarmaceutyki na odległość do 200 km. Z uwagi na położenie niedaleko lotniska, w grę wchodzi także transport drogą lotniczą. Zasięg oddziaływania może się wtedy zwiększyć nawet trzykrotnie.

Pierwszym etapem działalności Ośrodka będzie rejestracja podstawowego radiofarmaceutyku ^{18}F -FDG oraz jego komercjalizacja z ukierunkowaniem na ośrodki medyczne dysponujące skanerami PET w Warszawie i okolicach. Działalność badawczą Ośrodek rozpocznie pod koniec bieżącego roku, we współpracy z innymi jednostkami wchodzącymi w skład utworzonego w 2003 roku Warszawskiego Konsorcjum Współpracy PET. Obecnie w skład Konsorcjum wchodzi 20 jednostek naukowo-badawczych z terenu Mazowsza.

Ośrodek Produkcji i Badania Radiofarmaceutyków w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego został zbudowany dzięki grantom Ministerstwa Nauki i Informatyzacji (obecnie MNiSzW), Ministerstwa Zdrowia, Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, Europejskim Funduszom Strukturalnym oraz funduszom własnym UW.

O LABORATORIUM...

Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego (ŚLCJ UW) powstało w 1979 roku na mocy porozumienia między Ministerstwem Nauki i Informatyzacji (obecne Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego), Państwową Agencją Atomistyki i Polską Akademią Nauk. Jest jednym z dwóch polskich ośrodków dysponujących cyklotronem przystosowanym do prac badawczych i zmierzających do zastosowań wiązek cząstek naładowanych.

Od 1994 roku w Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów UW pracuje największy w Polsce cyklotron ciężkich jonów U-200P. Urządzenie przyspiesza jony od helu ^4He do ksenonu ^{131}Xe , do energii od 2 do 10 megaelektronowoltów na nukleon (nukleon to pojedyncza cząstka

w jądrze — proton lub neutron). Cyklotron ten jest używany przez polskie i zagraniczne zespoły prowadzące prace eksperymentalne z zakresu fizyki jądrowej, fizyki atomowej, fizyki ciała stałego, badań materiałowych oraz biologii. Wiązki przyspieszanych jonów są też stosowane do testów nowych detektorów promieniowania jądrowego, przeznaczonych do pracy przy innych akceleratorach.

Drugim cyklotronem w ŚLCJ UW jest GE-PETtrace firmy General Electric, uruchomiony w 2011 roku w ramach Ośrodka Produkcji i Badań Radiofarmaceutyków. Cyklotron ten przyspiesza protony do energii 16,5 MeV i deuterony do energii 8,4 MeV. Jego wyłącznym zadaniem jest produkcja radiofarmaceutyków do diagnostyki medycznej z użyciem tomografii pozytonowej PET.

W ŚLCJ UW prowadzi się też prace badawcze nad radioizotopowymi metodami terapeutycznymi. We współpracy z Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ) oraz Instytutem Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, za pomocą dużego cyklotronu wytwarza się astat ^{211}At . Znakowaniem wybranych substancji chemicznych tym izotopem zajmuje się IChTJ. Cel to opracowanie radiofarmaceutyku wiążącego się z komórkami nowotworowymi, które następnie byłyby niszczone wskutek emisji cząstek alfa z izotopu ^{211}At . Cząstki alfa mają niewielki zasięg w tkance, a jednocześnie zachowują dużą zdolność destrukcyjną. Umieszczone w komórce rakowej, stają się doskonałym narzędziem niszczenia nici DNA komórek nowotworu, przy niewielkim oddziaływaniu z komórkami zdrowymi.

Materiał opracowany przez [Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów Uniwersytetu Warszawskiego](http://www.slcj.uw.edu.pl/) (<http://www.slcj.uw.edu.pl/>)

(Publikacja: 17-05-2012)

[Oryginał.](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,8043) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,8043>)

Contents Copyright © 2000-2012 Mariusz Agnosiewicz

Programming Copyright © 2001-2012 Michał Przech

Właścicielem portalu Racjonalista.pl jest Fundacja Wolnej Myśli.

Autorem portalu jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tego portalu i jakiegokolwiek jego części.

Wszystkie elementy tego portalu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tego portalu oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tego portalu i nie korzystać z jego zasobów.

Informacje zawarte na tym portalu przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów portalu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na portalu. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna**
Racjonalista.pl

lub oryginalna wersja tekstu, jaki prezentuje.

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych portalu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl