

wprost

WT.

POLSKA NAUKA DLA ROZWOJU MEDYCYNY  
I ZDROWIA POLAKÓW



POLSCY FIZYCY  
I INŻYNIEROWIE W MEDYCYNIE  
DRUK 3D, IMPLANTY CUSTOM MADE,  
RADIOFARMACEUTYKI,  
NOWOCZESNE AKCELARATORY

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA, PRYZNANYCH PRZEZ  
MINISTRA NAUKI W RAMACH PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego



*Nauka dla rozwoju medycyny*

POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY

**PRZYCHODZI  
KARDIOLOG  
DO FIZYKA I...  
CO Z TEGO  
WYNIKA**



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*O zadziwieniu fizyków, gdy okazało się, że **ZBYT REGULARNY RYTM SERCA WCALE NIE JEST DOBRY**; o komórkach serca zachowujących się jak... kolektyw (!), o kolejnych zadziwieniach, które rodzą się, gdy rozmawiają fizycy z lekarzami i jak może to zmienić leczenie pacjentów – mówi **DR HAB. INŻ. TEO-DOR BUCHNER**, specjalista fizyki medycznej.*



*Tekst:* **Katarzyna Pinkosz**

**Fizycy z Politechniki Warszawskiej, wspólnie z kardiologami z Narodowego Instytutu Kardiologii pracują nad stworzeniem urządzenia, które pomoże ocenić wynik badania EKG z pomocą sztucznej inteligencji. To się uda?**

Pracujemy nad tym, a lista współpracujących z nami szpitali jest dłuższa, obejmuje chociażby Centrum Zdrowia Dziecka, Szpital Wolski, czy Szpital Dzieciątka

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Jezus. Ale pierwszy był Anin. Nasza współpraca z kardiologami rozpoczęła się w latach 90. Lekarze z Anina: dr Wanda Popławska i Rafał Baranowski zwrócili się do nas, mówiąc, że mają problem, ponieważ jest grupa młodych osób, które umierają z przyczyn kardiologicznych, chociaż nie mają żadnej organicznej choroby serca.

Kardiolodzy nie wiedzieli, jaka jest przyczyna tych nagłych zgonów i jak oszacować ryzyko; byli tak zeterminowani, że poprosili o pomoc fizyków. Byli gotowi nauczyć się „języka” fizyki, by uzyskać odpowiedź, kto jest zagrożony nagłym zgonem. Podziwiałem ich determinację.

---

*Dr hab. inż. Teodor Buchner*

– pracuje w Zakładzie Fizyki Układów Złożonych na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, specjalizuje się w fizyce ciała stałego oraz fizyce medycznej.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Udało się zdiagnozować, dlaczego ci młodzi ludzie umierali?**

Tak, chociaż jak zwykle w nauce odpowiedź rodzi nowe pytania. Pionierem tych badań na Politechnice był mój mentor, profesor Żebrowski, który zajmował się teorią chaosu. Można streścić tę teorię stwierdzeniem, że w szumie zawarta jest informacja. Takim „szumem” w przypadku kardiologii był rytm serca. Nie jest on równy, serce pobudzane jest trochę rzadziej lub trochę częściej, odległość między kolejnymi pobudzeniami, którą można zmierzyć w EKG, zmienia się. Kardiolodzy przyszedli do nas z pytaniem, czy w tym szumie coś może być ukryte, czy jesteśmy w stanie to zobaczyć. Początki nie były łatwe: profesor Żebrowski, oceniając rytm serca, podzielił pacjentów na grupy, stwierdzając, że pierwsza grupa jest chora, a druga zdrowa. Okazało się, że było dokładnie odwrotnie: ci, których profesor Żebrowski uznał za chorych, byli w rzeczywistości zdrowi. Okazało się, że jeżeli rytm serca jest zbyt regularny, to nie jest dobrze. To było nasze pierwsze zdziwienie.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Później, w toku dalszej współpracy, takich zaskoczeń było więcej, zarówno po stronie fizyków jak lekarzy. Dla mnie jednym z takich ciekawych wątków okazał się oddech. Proces oddychania jest podporządkowany aktualnemu zapotrzebowaniu na tlen, a to z kolei decyduje o tym, jaki jest rytm serca. Z rytmu serca można odczytać emocje, podobnie jak z oddechu. Oddech i praca serca są mocno powiązane. Badanie tych powiązań okazało się fascynujące. Poznajemy świat, ale też staramy się wykorzystać te informacje w diagnostyce kardiologicznej.

*Historii dotyczących oddechu jest wiele. Na przykład **JASZCZURKA, KIEDY „BIEGA”, TO NIE ODDYCHA**, a kiedy oddycha, to nie biega, ponieważ wykorzystuje te same mięśnie do oddychania i do biegania.*

Gdy przepłoszy się jaszczurkę, to ona przebiegnie kilka metrów i zastyga. To nie jest element strategii,

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

tylko konieczność uzupełnienia tlenu. Z kolei psy mają bardzo silną arytmie oddechową, tzn. szybszy rytm serca na wdechu, a wolniejszy na wydechu.

**Wróćmy do współpracy z Instytutem Kardiologii. Udało się znaleźć wspólny język fizyczno-medyczny, ale też nawiązać współpracę, która owocowała...**

Okazało się, że obecność fizyków w Instytucie Kardiologii to był początek. Zaczęliśmy współpracować z wieloma innymi jednostkami medycznymi w Polsce, chociażby z Wojskowym Instytutem Medycznym, z którym badaliśmy ciśnienie krwi w tak zwanym teście pochyleniowym. Spotykamy się wspólnie na dorocznych konferencjach Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego, bo tematów, które moglibyśmy wspólnie eksplorować, jest wiele.

### **Fizyk może pomóc klinicyście?**

Lekarz klinicysta jest na pierwszej linii frontu, ma za zadanie w bardzo krótkim czasie podjąć optymalną dla pacjenta decyzję, na podstawie wiedzy, którą posiada i niepełnych danych o pacjencie. Jako fizycy mo-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

żemy wspomóc klinicystów w rozwijaniu wyobraźni, aby byli w stanie rozwiązywać problemy stabilności elektrycznej serca. Nawet, jak zamkną oczy, żeby widzieli to, co im pokazaliśmy, by mieli na czym budować swoją intuicję kliniczną.

**Ajak pomoże klinicystom aparat, nad którym obecnie pracujecie, który ma ułatwić interpretację wyniku EKG?**

Serce składa się z komórek, z których każda, gdy zostaje pobudzona elektrycznie, kurczy się, i jednocześnie przekazuje pobudzenie do następnej komórki; w ten sposób płynie fala pobudzenia. Gdy popatrzyliśmy na ten proces od strony fizycznej, to zauważyliśmy, że wiele pojedynczych komórek zachowuje się jak kolektyw. Z perspektywy fizyki możemy ten proces rozłożyć na dwa różne. Pierwszym jest proces podróży fali pobudzenia przez tkankę – którądy płynie, aby objąć wszystkie komórki serca. Drugi proces to odpowiedź jaką pojedyncza komórka reaguje na takie pobudzenie, w postaci napięcia elektrycznego, które rejestrujemy jako EKG. Spró-



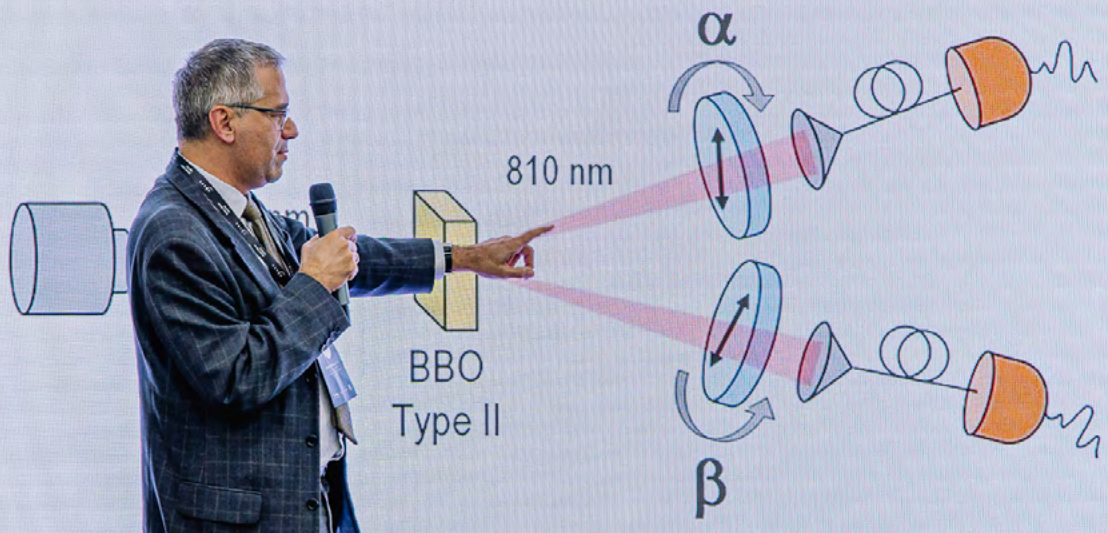
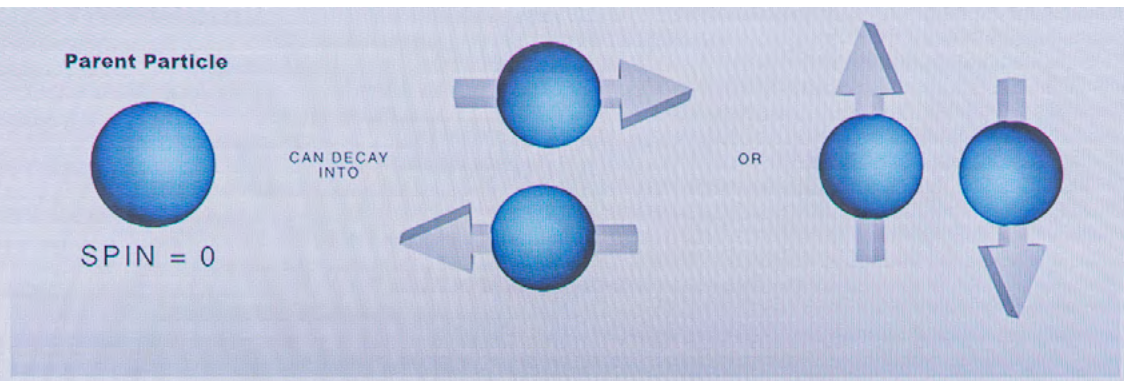
## *Nauka dla rozwoju medycyny*

bowaliśmy proces pobudzenia całego serca rozłożyć na te dwie składowe. Zaprzęgliśmy sztuczną inteligencję, aby obsłużyła nam ten podział na dwa procesy. Jak do komórki dotrze pobudzenie, to ona zareaguje elektrycznie w określony sposób, a sztuczna inteligencja ma na podstawie zarejestrowanego u pacjenta EKG powiedzieć, którądy ten impuls szedł po sercu.

*Sztuczna inteligencja potrafi odtworzyć tę drogę - tworzy nam „mapę”, która mówi, do której elektrody EKG i w jakiej kolejności pobudzenie dociera. **TO NOWY SPOSÓB MYŚLENIA**; nie widziałem na świecie prac naukowych, gdzie byłby zastosowany.*

On jest bardzo „fizyczny”: zastosowaliśmy do serca sposób patrzenia na świat, za pomocą którego analizujemy wszystkie układy fizyczne, czyli dzielimy go na składowe.

# *Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Materiały prasowe

*Prof. Teodor Buchner na wykładzie*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Teraz jesteśmy na etapie przedklinicznej walidacji: pokazujemy nasz pomysł kolegom fizykom, bioinżynierom, lekarzom, fizjologom, biochemikom. Pytamy, czy im się to przyda. Póki co reagują na nasze pomysły bardzo życzliwie.

### **Jest szansa na zastosowanie kliniczne?**

Tak, choć trzeba na to czasu. Pomysły w fizyce medycznej są oceniane na podstawie skuteczności: czy dzięki nim klinicyści będą w stanie lepiej zrozumieć sytuację pacjenta, podejmować lepsze decyzje. Trzeba zbudować *body of evidence*, czyli korpus wiedzy, opis, co ta metoda daje w odniesieniu do różnych grup chorych; czy zmiany, które pokazujemy, rzeczywiście mają znaczenie. Jeżeli nam się to uda, to będziemy mieli działającą metodę, a jeśli nie, to poszukamy innego podejścia. EKG jest bardzo trudne do oceny, bardzo łatwo popełnić błąd, który będzie miał bardzo poważne skutki, dlatego narzędzie, nad którym pracujemy, na pewno będzie potrzebne. Zmiana „języka”, o której mówiłem, wiąże się rów-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

niez z uproszczeniem pojęć, kryteriów klinicznych rozpoznania.

*Lekarze, którzy muszą podjąć decyzję na podstawie EKG, będą ją lepiej rozumieli, a **PRZEZ TO DIAGNOZY BĘDĄ LEPSZEJ JAKOŚCI.** Sztuczna inteligencja jest takim narzędziem, które wykonało za nas pewne operacje matematyczne, bo nadal o wszystkim decyduje lekarz ze swoją bogatą intuicją kliniczną.*

### **Kiedy takie narzędzie ułatwiające ocenę EKG mogłoby wejść do praktyki klinicznej?**

W tej chwili pracujemy na wcześniej zarejestrowanych zapisach w publicznych bazach danych, w których są zapisy EKG i rozpoznania pacjentów. Na tej podstawie możemy konstruować podstawową wiedzę. Korzystamy też z bazy niemieckiej PTB, która zawiera ponad 19.000 zapisów EKG. Chcemy wspólnie z lekarzami

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

rozpocząć projekt badawczy, w ramach którego rozwijalibyśmy ten temat. Natomiast cały czas pracujemy nad postawami fizycznymi, aby coraz lepiej rozumieć te złożone zjawiska.

**„Nowotwór widzimy przede wszystkim z perspektywy uszkodzeń DNA, a tymczasem jest to złożony układ dynamiczny, w którym niebagatelną rolę odgrywają zjawiska bioelektryczne” - mówił Pan podczas seminarium na wydziale Fizyki PW na temat nowotworów. Czy fizyka może pomóc w lepszym zrozumieniu biologii nowotworów, w ich wcześniejszym wykrywaniu i leczeniu?**

Jednymi z pierwszych zmian zachodzących w rozwijającej się komórce, która degeneruje się po mutacji w stronę komórki nowotworowej, są zmiany o charakterze elektrycznym. Wykryto, że występują one bardzo wcześnie: następuje aktywacja kanałów jonowych transportujących sód przez błonę komórki.

Jeśli byśmy potrafili te kanały blokować wyłącznie w komórkach nowotworowych, to być może one by się

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

nie rozwijały. Zmiany elektryczne decydują o cechach charakterystycznych nowotworu. Po pierwsze, jest on bardzo chłonny na energię (ma wysoki poziom metabolizmu), a po drugie bardzo intensywnie się dzieli.

Obydwa te mechanizmy mają podłoże elektryczne, i w wielu przypadkach służą człowiekowi, występują np. w procesie gojenia ran. Mechanizm elektryczny – zmiana potencjału spoczynkowego – powoduje, że przy gojeniu ran komórki szybko się dzielą, podobnie jak przy bardzo szybkim podziale komórek nowotworowych. Wspólnym w tych obydwu zmianach jest etap polegający na zmianie własności elektrycznych błony takiej komórki, która wie, że ma się intensywnie dzielić. To samo dotyczy metabolizmu: zmiana własności elektrycznych błony powoduje przemodelowanie procesów metabolicznych komórki. Jeśli szybko się dzieli, to musi dużo energii zużyć na wytworzenie wszystkich struktur dla nowej komórki.

Fizyka w nowotworach idzie dalej. W Stanach Zjednoczonych już pojawiła się terapia jednego z trudniej-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

szych do wyleczenia nowotworów – glejaka. Są wykorzystywane specjalne czepki, które do mózgu wysyłają słabe pole elektromagnetyczne, czyli fale radiowe o odpowiedniej częstotliwości, które powoduje, że rozwój nowotworu zatrzymuje się. Przestaje on się dzielić. Obecność tych fal powoduje, że proces podziału komórki co prawda nadal zachodzi, ale jest nieskuteczny, to znaczy komórki są na tyle upośledzone, że nie są w stanie przeżyć. Liczba komórek nie rośnie, w związku z tym guz nowotworowy się nie rozwija.

*To jest bardzo ciekawa metoda terapeutyczna, określana handlowo jako tumor treating fields (TTF): **HAMUJE ROZWÓJ GLEJAKA** przez zastosowanie pola elektrycznego o niskiej częstotliwości.*

**Uświadomienie faktu, że zmiany nowotworowe rozpoczynają się zmianami o charakterze elektrycznym, mogłoby być ważne zarówno, jeśli chodzi**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **o wczesną diagnostykę jak wczesny etap leczenia nowotworów?**


Wiemy, że komórki nowotworowe mają inny obraz elektryczny niż komórki zdrowe, tylko nie umiemy jeszcze na bardzo wczesnym etapie ich odróżnić. Obraz elektryczny komórek w organizmie jest bardzo kapryśny dlatego, że metody oddziaływania procesu elektrycznego w organizmie są bardzo bogate. Jest jeszcze wiele do zrobienia, by ten proces zrozumieć, ale jeśli to się uda, to mamy nadzieję na nowe metody leczenia, takie jak TTF. Jej genezą było przecież patrzenie okiem fizyka czy bioinżyniera na żywą tkankę.

Na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej prowadzimy zresztą badania nad wpływem promieniowania jonizującego na przeżywanie komórek, co jest ważne w terapii, ale również dla BHP pracowników elektrowni atomowych, czy personelu pokładowego samolotów. To jest ciekawy temat, o którym kiedyś chętnie opowiemy.

### **Fizyka coraz częściej będzie więc wspomagała medycynę?**



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Taką mam nadzieję; tematem współpracy i tematem zastosowania fizyki w medycynie są zainteresowane różne jednostki po obu stronach granicy, m.in. Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Collegium Medicum i Wydział Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Gdański Uniwersytet Medyczny, Warszawski Uniwersytet Medyczny, a także uczelnie zagraniczne, m.in. z Holandii, Danii, Słowacji, Niemiec. Jest chęć wzajemnego zrozumienia specjalistów z różnych dziedzin. 

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



*Nauka dla rozwoju medycyny*

POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY



# POLIMER O WŁAŚCIWOŚCIACH PRZECIWGGRZYBICZYCH

*W badaniach in vitro potwierdzono, że polimer skutecznie oddziałuje na grzyby powodujące różne choroby*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Polimery nigdy wcześniej nie były stosowane jako leki. Otwieramy drzwi do czegoś większego. **PRÓBUJEMY WPROWADZIĆ COŚ NOWEGO DO PALETY SUBSTANCJI BIOLOGICZNIE AKTYWNYCH, KTÓRE ZNAJDUJĄ SIĘ NA PÓŁKACH W APTEKACH MÓWI DR N. MED. MAGDALENA SKÓRA z Zakładu Kontroli Zakażeń i Mykologii Katedry Mikrobiologii Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum I DR KAMIL KAMIŃSKI z Zakładu Chemii Fizycznej i Elektrochemii na Wydziale Chemii UJ.***



*Tekst:* **Anna Koprzas-Fijołek**

**Odkryliście syntetyczny polimer o silnych właściwościach przeciwgrzybiczych i jednocześnie bardzo niskiej toksyczności. To ważne odkrycie, ponieważ obecnie na rynku istnieje tylko kilka substancji wykorzystywanych w leczeniu grzybicy oraz profilaktyce. A zakażenia te są coraz częstsze...**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**DR N. MED. MAGDALENA SKÓRA:** Rzeczywiście preparatów przeciwgrzybiczych stosowanych obecnie w terapii i profilaktyce zakażeń grzybiczych jest niewiele. Mając na uwadze zmieniającą się epidemiologię zakażeń i narastający problem lekooporności wśród patogenów, poszukiwanie nowych substancji o aktywności antymykotycznej jest bardzo zasadne.

**Badania prowadzone były i są w ramach projektu finansowanego z Narodowego Centrum Nauki. Otrzymaliście z NCN 1,5 mln zł, na 4 lata.**

**DR KAMIL KAMIŃSKI:** Nasz plan badawczy i potencjał tego, co robimy, został doceniony. To całkiem spory zastrzyk na początek, na podstawowe badania.

**M.S.:** Bez tego grantu nie byłyby możliwe żadne badania, które przeprowadziliśmy. Wszystkie odczynniki, materiały laboratoryjne są bardzo kosztowne.

**Odkryte polimery mają obiecujące właściwości fizyko-chemiczne z punktu widzenia branży kosmetycznej i farmaceutycznej. Jakie zainteresowanie wzbudziło Państwa odkrycie?**

*Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Materiały prasowe

*Dr n. med. Magdalena Skóra*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**K.K.:** Jeżeli chodzi o wprowadzanie nowych substancji biologicznie aktywnych - to nie jest rzecz prosta. My wykonujemy badania podstawowe, następnie powinien się w to włączyć przemysł farmaceutyczny. Następne badania należy przeprowadzić na zwierzętach, na modelach bardziej złożonych, potem - badania kliniczne.

*Przemysł farmaceutyczny, choć powinien szukać nowych leków, robi to odrobinę niechętnie. My w ograniczony sposób możemy się zareklamować: **PISZEMY PUBLIKACJE NAUKOWE NA TEMAT TEGO, CO UDAŁO NAM SIĘ ZBADAĆ I ODKRYĆ. Staramy się „przebić” na świat.***

**Czy w trakcie prowadzonych badań coś Państwa zaskoczyło?**

**K.K.:** Jeżeli chodzi o poszukiwanie nowych leków, szczególnie antybiotyków, dochodzimy w pewnym sen-

*Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Materiały prasowe

*Dr Kamil Kamiński*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

się do ściany: leki, którymi dysponujemy, mają wiele ograniczeń. Jeżeli chodzi o polimery, nigdy wcześniej nie były one stosowane jako leki. To nie mieści się w kanonie myślenia o substancjach biologicznie aktywnych. Myślę, że w tym tkwi duża siła tego, co robimy. Otwieramy drzwi do czegoś szerszego. Próbujemy wprowadzić coś nowego do palety substancji biologicznie aktywnych, które znajdują się na półkach w aptekach.

Jeżeli chodzi o polikationy, czyli polimery z ładunkiem dodatnim, to było wiadomo, że mają właściwości przeciwbakteryjne, natomiast okazało się, że mają również własności przeciwgrzybicze. Są one selektywne, dotyczą tylko niektórych grzybów. Jest nowa obserwacja, która pokazuje, że badane przez nas związki zachowują się zupełnie inaczej niż przypuszczano.

**M.S.:** Na pewno zaskoczyła nas ta selektywność. Do tej pory przebadaliśmy kilkadziesiąt różnych gatunków grzybów i okazuje się, że polimery wykazują działanie przeciwgrzybicze tylko w stosunku do niektórych



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

z nich. Są gatunki, na które absolutnie tej aktywności nie wykrywamy. Zamierzamy się tym tematem głębiej zająć, by bliżej poznać mechanizm działania polimerów. To trudna kwestia. Nawet jak chodzi o niektóre znane nam leki przeciwgrzybicze, stosowane w terapii, też nie zawsze te mechanizmy działania są dobrze opisane.

*Ograniczone spektrum przeciwgrzybicze polimerów daje nam pewne przesłanki, gdzie ten polimer mógłby mieć zastosowanie praktyczne. Wiemy, że **MA AKTYWNOŚĆ W STOSUNKU DO GRZYBÓW, KTÓRE POWODUJĄ ZAKAŻENIA SKÓRY I PAZNOKCI, ALE NIE TYLKO. WŚRÓD WRAŻLIWYCH NA POLIMER GRZYBÓW SĄ TAKŻE PATOGENY,** które powodują inne zakażenia np. rogówki bądź głębokie infekcje.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Na całym świecie wrosła ilość zakażeń grzybiczych. Dlaczego tak się dzieje?**

**M.S.:** Wzrost zakażeń grzybiczych na świecie związany jest przede wszystkim z tym, że stajemy się coraz bardziej podatni na rozwój tych infekcji. Paradoksalnie to właśnie postęp w niektórych dziedzinach medycyny, m. in. umożliwiający leczenie chorób nowotworowych, ciężkich lub przewlekłych zakażeń bakteryjnych i wirusowych, przeszczepy narządów, prowadzi do stosowania procedur medycznych i terapii, które mogą osłabiać nasz układ odpornościowy, zaburzać naturalną mikrobiotę i skutkować zakażeniami grzybiczymi. Grzyby są wszechobecne w przyrodzie i zdecydowana większość z nich nie stanowi dla nas zagrożenia. Występują również naturalnie w naszym organizmie, obok bakterii kolonizujących skórę i błony śluzowe. Natomiast jeżeli dojdzie do zaburzenia równowagi w organizmie, np. z powodu jakiejś choroby i konieczności zastosowania odpowiednich metod leczenia, grzyby mogą stać się przyczyną bardzo poważnych infekcji

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**K.K.:** Jeżeli pacjent ma infekcję, to jest prawdopodobieństwo, że dojdzie do mutacji i powstanie kolejny szczep, bardziej agresywny.

”*Widzieliśmy to podczas epidemii COVID-19. Wiele osób chorowało na COVID, w związku z tym pojawiały się jego nowe szczepy. Była „okazja”, by patogen mógł zmutować. Z grzybami jest dokładnie tak samo. I tak samo będzie: **IM WIĘCEJ OSÓB BĘDZIE CHOROWAĆ NA CHOROBY GRZYBOWE, TYM CZĘŚCIEJ BĘDZIE DOCHODZIŁO DO MUTACJI**, będą powstawały bardziej chorobotwórcze, bardziej niebezpieczne szczepy.*

Trzeba więc myśleć o środkach zaradczych, lekarskich, o antybiotykach działających przeciwgrzybiczo.

**M.S.:** Obserwujemy to na przykład w przypadku terbinafiny – leku, który jest powszechnie stosowany

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

w leczeniu grzybicy skóry i paznokci. Stosujemy go już od ok. 30 lat i od pewnego czasu, zwłaszcza w Indiach, odnotowuje się jest duży odsetek szczepów opornych na ten lek. Obawiamy się, że ta niewielka liczba dostępnych obecnie w terapii preparatów przeciwgrzybiczych i coraz większa liczba grzybic może doprowadzić do sytuacji, kiedy kolejne gatunki będą nabywały oporności na leki i nie będziemy mieli aktywnych substancji. Sytuację pogarsza fakt, że niektóre substancje stosowane jako leki przeciwgrzybicze równocześnie są wykorzystywane jako środki ochrony roślin. To sprawia, że szczepy bytujące w środowisku i powodujące choroby roślin, nabywają także oporności na leki przeciwgrzybicze. Pacjent tymi szczepami może się zarazić. Już na wstępie pojawi się problem w leczeniu, bo pewnych leków nie będzie można zastosować.

### **Jak COVID wpłynął na zwiększenie zakażeń grzybiczych?**

**M.S.:** U pacjentów z ciężkim przebiegiem choroby koronawirusowej, którzy wymagali hospitalizacji na

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

oddziałach intensywnej terapii, obserwowano częściej niektóre inwazyjne zakażenia grzybicze. W związku z chorobą podstawową, w tym wypadku zakażeniem COVID-19, które samo w sobie powodowało poważne zaburzenia w całym organizmie, ale także w związku ze stosowaną terapią obejmującą sterydy, antybiotyki przeciwbakteryjne, inwazyjne procedury medyczne, pacjenci byli bardziej podatni na infekcje grzybicze. W wielu miejscach na świecie odnotowywano bardzo dużo przypadków poważnych grzybic.


*To jest sygnał i zarazem dowód na to, że sytuacja epidemiologiczna może nas jeszcze niejednokrotnie zaskoczyć.*

**MOŻE ZA JAKIŚ CZAS OKAZAĆ SIĘ, ŻE WYŁONIA SIĘ NOWE, DOTYCHCZAS NIE-OPISYWANE PATOGENY GRZYBICZE,**  
*które staną się przyczyną poważnych infekcji.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**Tym bardziej efekty Państwa pracy powinny zostać jak najszybciej wykorzystane. Co powinno się w tym zakresie teraz wydarzyć, na co czekacie?**

**K.K.:** Byłoby dobrze, gdyby zainteresował się nami przemysł farmaceutyczny i włączył się w badania. Bez tego będzie jedynie kolejna wzmianka w literaturze fachowej, że taki związek powstał, jakie ma własności. Może być tak, że gdzieś ten potencjał się zgubi i jeżeli będzie nagła potrzeba opracowania leku przeciwgrzybiczego, działającego na innej zasadzie, to gdzieś nam to „ucieknie”, jeśli wcześniej nie będą przeprowadzone badania z udziałem zwierząt, ludzi

**M.S.:** Może zainteresuje się efektami naszych badań np. firma kosmetyczna, obuwnicza czy odzieżowa. Mając na uwadze spektrum przeciwgrzybicze, które do tej pory potwierdziliśmy i które obejmuje patogeny powodujące zakażenia skóry czy paznokci, można byłoby wykorzystać efekty naszych badań w produkcji lakierów do paznokci, kremów czy wkładek obuwniczych. 

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



*Nauka dla rozwoju medycyny*

**POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY**



# **IMPLANT, KTÓRY ODBUDOWUJE KOŚĆ**

*Krzysztof Kolankowski – Wiceprezes ds. rozwoju start-upu BoneReg,  
doktorant III-roku Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej.*



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**- KILKA LAT TEMU PROF. KRZYSZTOF FICEK ZASUGEROWAŁ, ŻE BRAKUJE MATERIAŁÓW, KTÓRYMI MOŻNA WYPEŁNIĆ UBYTKI KOSTNE.**

*Jego zdaniem te produkty, które się stosuje, są słabe, pojawiają się stany zapalne, które powinny zostać wyeliminowane, a czas leczenia skrócony.*

**POWIEDZIAŁ: ZRÓBCIE COŚ LEPSZEGO! I MY PODJĘLIŚMY SIĘ TEGO ZADANIA – MÓWI KRZYSZTOF KOLANKOWSKI,** *wiceprezes start-upu BoneReg, który pracuje nad implantami wspierającymi odbudowę kości.*



Rozmawiała **Dorota Bardzińska**

**Bioaktywny substytut kości gąbczastej - implant na bazie polimeru biodegradowalnego. Na czym polega wasz wynalazek? Jakie są jego cechy?**

Nasz implant ma za zadanie przyspieszyć regenerację kości tam, gdzie powstał ubytek kostny. Po wpro-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wadzeniu w to miejsce naszego implantu namnażają się na nim komórki i powstaje nowa kość. Jest to rusztowanie komórkowe. Nasz implant jest bioresorbowalny, po pewnym czasie ulega rozkładowi na proste związki, które są wchłaniane przez organizm. Z czasem implant degraduje, a coraz więcej powstaje nowej, odbudowanej kości.

Implant jest bioaktywny, pokryty specjalnymi powłokami, które powodują lepsze dopasowanie do organizmu pacjenta. Są to powłoki hydrofilizujące, sprawiające, że implant „lubi wodę”. Nasz organizm przede wszystkim składa się właśnie z wody. Opracowany implant jest spersonalizowany. Wyszliśmy z założenia, że powinien być dopasowany dla danego pacjenta, a nie uniwersalny, czyli taki sam dla każdego. Implant może być nasączony osoczem bogatopłytkowym pacjenta (biorcy). Dzięki temu organizm rozpoznaje go jako swój, co zmniejsza ryzyko odrzutu.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

”*Dobranie rozmiaru implantu to też zabieg personalizacji. Implanty obecne na rynku, używane przez ortopedów, są produkowane w standardowych rozmiarach. **NASZ IMPLANT JEST SPRĘŻYSTY, DLATEGO MOŻNA JEGO WIELKOŚĆ DOSTOSOWAĆ NA SALI OPERACYJNEJ.***

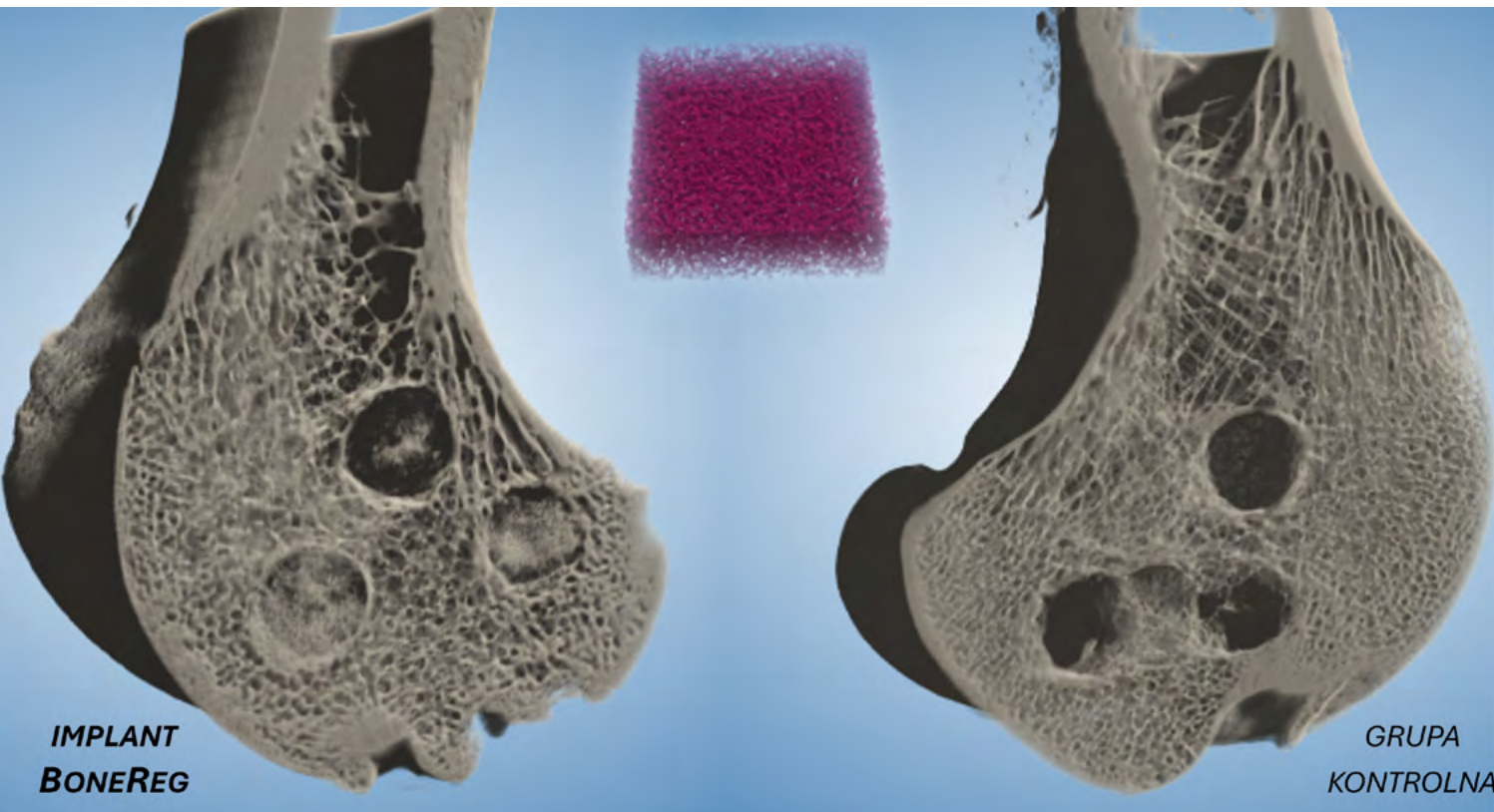
### **Zczego jest zbudowany implant?**

Z syntetycznego polimeru, który degradowa do kwasu mlekowego, czyli związku, który nasz organizm dobrze zna.

### **Skąd pomysł na poszukiwanie bioaktywnego substytutu kości gąbczastej?**

Nasz projekt jest efektem współpracy praktyków – chirurgów ortopedów – i naukowców chemików. Kilka lat temu prof. Krzysztof Ficek zasugerował nam, że widzi lukę w ortopedii. Brakuje materiałów kościozastępczych, którymi można by wypełnić ubytki kostne.

*Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Materiały prasowe

*Implant Bonereg vs. grupa kontrolna*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Są rynkowe produkty, których on używa na sali operacyjnej, ale jego zdaniem są za słabe. W obserwacji pooperacyjnej pojawiają się stany zapalne, które powinny zostać wyeliminowane, a czas leczenia skrócony. Powiedział: zróbcie coś lepszego! I my podjęliśmy się tego zadania.

Prace nad implantem rozpoczęły się na Politechnice Warszawskiej w 2016 roku, a już w 2022 r. zaczęły się badania przedkliniczne na zwierzętach.

### **Jakie zastosowania może mieć Państwa wynalazek?**

Widzimy bardzo szerokie zastosowania naszych implantów. Począwszy od chirurgii ortopedycznej, w której mogłyby być wykorzystywane przy zabiegach niezbędnych po urazach mechanicznych i przy zabiegach rewizyjnych. Drugim zastosowaniem byłoby uzupełnianie ubytków kostnych, które powstają w wyniku nowotworów i osteoporozy.

Rozważamy także zastosowanie stomatologiczne, do odbudowy kości gąbczastej w obrębie żuchwy pod

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

implanty stomatologiczne. Byłoby to rozwiązanie dla pacjentów o zbyt słabej kości, w którą nie można wkręcić implantu zębowego. Rozmawialiśmy ze stomatologami, którzy chcą wypróbować nasze rozwiązanie.

### **Na jakim etapie jest projekt?**

Nasz projekt, finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER XI pt. „Porowate, biodegradowalne implanty do regeneracji kości gąbczastej” kończy się na etapie badań przedklinicznych na dużym modelu zwierzęcym. Badania były prowadzone na owcach wrzosówkach, których kości są najbardziej zbliżone do ludzkich. Aby zminimalizować wpływ cech osobniczych, skrupulatnie dobieraliśmy owce biorące udział w badaniu. Były to osobniki z tego samego stada, o podobnej masie ciała. Badania zakończyły się sukcesem, ponieważ zaobserwowano markery kościotworzenia. Działanie implantu było takie, jak zakładaliśmy.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Nowa kość zaczęła powstawać – co wi-  
dać na obrazach z mikrotomografii,  
a w trakcie obserwacji pooperacyjnej nie  
zauważono stanu zapalnego. **WSZYST-  
KIE OSOBNIKI PODDANE BADANIU PRZE-  
SZŁY OPERACJĘ I REKONWALESCENCJĘ  
POOPERACYJNĄ BARDZO DOBRZE.**

W lipcu 2022 r. założyliśmy start-up BoneReg Sp. z o.o. z udziałem Politechniki Warszawskiej, który ma za zadanie komercjalizować opracowane rozwiązanie.

**Po badaniach na zwierzętach teraz pora na sprawdzenie, jak działa implant na ludziach?**

Chcielibyśmy przejść do eksperymentów medycznych na ludziach. Badania na zwierzętach wykazały, że implant jest bezpieczny i wspomaga odbudowę kostną. W najbliższym czasie chcielibyśmy zacząć badanie kliniczne, do którego musimy wyselekcjonować odpowiednio liczną grupę pacjentów. To się oczywiście wiąże z kosztami.

*Nauka dla rozwoju medycyny*





## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Widzi Pan szansę na komercjalizację?**

Komercjalizacja wynalazku może być długa i trudna. Będzie wymagała dużych nakładów czasu i pieniędzy. Konieczne będzie pozyskanie funduszy lub inwestora do przeprowadzenia pełnego badania klinicznego. Po pozytywnym jego wyniku czeka nas procedura związana z rejestracją wyrobu medycznego.

### **Jest w Polsce rynek dla takich implantów?**

Z wywiadów środowiskowych, które przeprowadziliśmy, wynika, że jest dużo operacji ponownych, rewizyjnych, więzadła krzyżowego, co jest podyktowane tym, że kość w tunelu kostnym się nie odbudowuje, nie zarasta, więc trzeba jej pomóc. Tak więc byłoby zapotrzebowanie na taki implant.

Dodatkowo rynek stomatologiczny w Polsce jest przede wszystkim prywatny, a przy wszczepianiu implantów zębowych – jak wspomniałem – często konieczna jest odbudowa kości gąbczastej w obrębie twarzoczaszki.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Macie konkurencję? Czy inni naukowcy zajmują się implantami kości?**

Odbudowa kości gąbczastej jest popularnym tematem wśród naukowców. Konkurencja oczywiście jest; wiele zespołów pracuje nad podobnymi rozwiązaniami.

### **Dlaczego wasz implant miałby być lepszy od tych innych rozwiązań?**

Kluczową różnicą jest materiał, z którego nasz implant został wykonany, oraz możliwość jego personalizacji przez nasączenie osoczem bogatopłytkowym i dobranie rozmiaru. Dodatkowo implant pozwala na skrócenie czasu rekonwalescencji dzięki powłokom bioaktywnym, powodującym, że implant jest łatwiejszy do zasiedlenia przez komórki kostne.

### **Kto jest zaangażowany w prace start-upu?**

Prezesem Spółki, kierownikiem projektu Bonereg, jest prof. uczelni dr hab. inż. Agnieszka Gadomska-Gajadhur, która od początku zajmuje się pracami nad implantem. Pracowało nad nim również wielu studentów i doktorantów Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

”*W ramach prac powstały liczne zgłoszenia patentowe i patenty. Teraz **NAD TECHNOLOGIĄ DALEJ PRACUJĄ CHEMICY ORAZ SPECJALIŚCI W DZIEDZINIE TECHNIK OBRAZOWYCH ODBUDOWANYCH STRUKTUR KOSTNYCH.** Wyniki konsultowane są ze środowiskiem lekarskim. Zespół uzupełnia technolog, który zajmuje się wytwarzaniem implantów.*


### **Czym jeszcze się zajmujecie?**

Pracujemy również nad implantem wstrzykiwalnym, który chirurg mógłby wprowadzić i uformować w miejscu ubytku kostnego dwoma zastrzykami. Taki implant miałby przeciwdziałać złamaniom osteoporotycznym w miejscach o obniżonej gęstości kości. Osteoporoza jest problemem globalnym, a chorują głównie kobiety.

**Wyobrażam sobie, że można będzie go wstrzykiwać, np. w szyjkę kości udowej, co pozwoliłoby uniknąć**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **wielu hospitalizacji, operacji, niepełnosprawności, zgonów...**

Wyobrażamy sobie ten implant tak samo. Przy nieinwazyjnym podaniu można by uniknąć wielu urazów i powikłań medycznych. Skład implantu i aspekty mechaniczne są już określone. Prowadzimy badania biologiczne i komórkowe. Te badania wymagają jednak od nas jeszcze dalszych prac. 

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY



# TU POWSTAJĄ NOWOCZESNE URZĄDZENIA DO RADIOTERAPII

*Dyrektor Jan Trzuszkowski (z lewej) i prof. Sławomir Wronka (w środku) z NCBJ – twórcy nowoczesnych urządzeń do radioterapii – w rozmowie z red. Katarzyną Pinkosz.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*W Narodowym Centrum Badań Jądrowych specjaliści stworzyli super nowoczesne urządzenie do radioterapii śródoperacyjnej. Jest już testowane w Wielkopolskim Centrum Onkologii. PROF. SŁAWOMIR WRONKA I DYREKTOR JAN TRZUSKOWSKI ZDRADZAJĄ, JAK TWORZY SIĘ NAJNOWOCZEŚNIEJSZA AKCELERATORY I JAK BĘDZIE WYGLĄDAĆ RADIO-TERAPIA PRZYSZŁOŚCI.*



*Tekst:* **Katarzyna Pinkosz**

**Osoby leczone radioterapią rzadko zastanawiają się, gdzie wytwarzane są urządzenia, za pomocą których są leczone: akceleratory. Jak działają akceleratory medyczne?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Akceleratory to urządzenia do przyspieszania cząstek naładowanych: elektrony, protony oraz atomy, które nie są elektrycznie

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

obojętne, możemy przyspieszać w polu elektrycznym i wykorzystywać do różnych zastosowań, np. w medycynie do leczenia pacjentów; w przemyśle do modyfikacji materiałów; przy ochronie granic do sprawdzania, co jest znajduje się w ciężarówkach wjeżdżających na teren Polski. W uproszczeniu można powiedzieć, że akcelerator to elektryczne urządzenie, które służy do uzyskania promieniowania jonizującego.

W medycynie wiązka promieniowania jest wykorzystywana przede wszystkim do radioterapii, w celu zniszczenia komórek nowotworowych, przy maksymalnym oszczędzaniu komórek zdrowych.

**Pacjenci często obawiają się radioterapii z powodu możliwych skutków ubocznych...**

---

*Prof. dr hab. inż. Sławomir Wronka*

jest kierownikiem Zakładu Fizyki i Techniki Akceleracji Cząstek w NCBJ. Jan Trzuskowski jest dyrektorem ds. Technicznych Zakładu Aparatury Jądrowej ZdAJ w NCBJ.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Radioterapia to jedna z trzech podstawowych metod leczenia nowotworów, obok chirurgii i chemioterapii. Jest stosowana miejscowo, do niszczenia komórek nowotworowych w konkretnym obszarze. To promieniowanie jest zabójcze, jednak fizycy medyczni, lekarze onkolodzy robią wszystko tak, by to zabójcze działanie promieniowania niszczyło komórki nowotworowe, oszczędzając zdrowe. Dostosowujemy dawkę do tolerancji komórek zdrowych. Oczywiście, mogą zdarzyć się powikłania, ale nie są one zabójcze. Chcemy pacjenta wyleczyć – kosztem akceptowalnych skutków ubocznych.

**Dziś radioterapia jest zupełnie inna niż 20-30 lat temu, między innymi dzięki nowoczesnym urządzeniom, które powstają także tu - w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. Jakie akceleratory tu są tworzone?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Rozwój akceleratorów w dużej mierze polegał na zwiększaniu energii wiązki. Większa energia przyspieszanych cząstek po-



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

woduje, że dawka jest deponowana głównie w głębi ciała, a nie na skórze. Zwykła lampa rentgenowska, wynaleziona ponad 100 lat temu, również mogłaby być wykorzystywana do leczenia nowotworów, ale tylko powierzchniowych, na skórze.

*Jeśli chcielibyśmy lampą rentgenowską leczyć tkanki głębiej położone, wiązałyby się to ze zniszczeniem skóry. **AKCELERATORY ZAPOBIEGAJĄ TEMU POPRZECZ WYKORZYSTANIE WIĄZEK O DUŻO WIĘKSZYCH ENERGIACH.***

Oczywiście w ciągu ostatnich dwudziestu lat znacząco rozwinęły się układy sterowania i kontroli, sposoby weryfikacji obszaru leczonego za pomocą obrazowania, specjalne kolimatory i wiele innych technik i metod, których wszystkich nie sposób wymienić.

**WNCBJ stworzyliście m.in. akcelerator śródoperacyjny. Na czym polega jego działanie?**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**JAN TRZUSKOWSKI:** Akcelerator do terapii śródoperacyjnej służy do naświetlania komórek nowotworowych, które pozostały po usunięciu chirurgicznym guza. Takie urządzenie podjeżdża do pacjenta, który leży na stole operacyjnym, wkładamy w lożę operacyjną aplikator, który prowadzi wiązkę elektronów niszczących komórki nowotworowe, jakie mogły pozostać po usunięciu guza.

AKCELERATOR, KTÓRY STWORZYLIŚMY, PRZEKAZALIŚMY DO WIELKOPOLSKIEGO CENTRUM ONKOLOGII W POZNANIU, z którym współpracowaliśmy, w celu oceny klinicznej. Po uzyskaniu pozytywnej oceny klinicznej, urządzenie zostanie przekazane do leczenia.

**Takie urządzenie to ogromna praca inżynierów, naukowców, lekarzy. Ile lat trwa, zanim zostanie stworzone?**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*



*Akcelerator AQURE FLASH (RT): pierwszy tego rodzaju w Polsce i jednym z nielicznych na świecie, umożliwiający generowanie wiązki elektronów z możliwością elastycznego modelowania impulsu dawki promieniowania. Zbudowany przez inżynierów z NCBJ już wspomaga badania nad tym sposobem leczenia w Wielkopolskim Centrum Onkologii.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**JAN TRZUSKOWSKI:** Kilka lat, a czas pandemii, powodujący wiele ograniczeń, jeszcze ten okres wydłużył. Podczas tworzenia tego akceleratora współpracowaliśmy z lekarzami, fizykami, z operatorami z WCO, przystosowaliśmy je do potrzeb użytkowników.

**To nie jest jednak jedyny akcelerator, który tu w NCBJ udało się stworzyć?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Jeśli chodzi o medycynę, to akcelerator śródoperacyjny jest naszym głównym projektem. Jego kontynuacją i uzupełnieniem jest akcelerator do terapii bardzo wysokimi mocami dawek.

Dla naukowców to była lekcja pokory: przez wiele lat wydawało się, że już bardzo dobrze rozumiemy leczenie onkologiczne, wiemy, jak komórki reagują na promieniowanie, w jakich porcjach (frakcjach) to promieniowanie należy dostarczać. Pacjent przychodził codziennie przez kilka tygodni na napromienianie w małych dawkach tak, by nie uszkodzić komórek zdrowych.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Wiemy, że komórki nowotworowe są naprawiane dużo gorzej, dużo mniej efektywnie niż komórki zdrowe. Dlatego*  
**DAJEMY ZDROWYM KOMÓRKOM CZAS NA NAPRAWĘ. KOMÓRKI NOWOTWOROWE ŁATWIEJ ULEGAJĄ USZKODZENIU i naprawiają się gorzej.**

Mieliśmy już opanowany sposób postępowania dla danego nowotworu, a tu nagle okazało się, że jeśli tę sama dawkę dostarczymy nie w ciągu kilku minut, tylko w ułamek sekundy, to odpowiedź organizmu jest zupełnie inna.

### **Silniejsza?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Komórki zdrowe reagują dużo słabiej, czyli łatwiej je oszczędzić, natomiast dużo szybciej ulegają zniszczeniu komórki nowotworowe. Ten efekt wysokiej dawki szybko podanej, był zaskakujący. Co więcej, dobrze nie wiemy, dlaczego tak się dzieje. Możemy jednak ten efekt wykorzystywać, dlatego nasz następny akcelerator dostarcza bardzo

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

dużej mocy dawek w krótkim czasie, żeby efektywniej prowadzić leczenie. A my mamy lekcję pokory, ponieważ myśleliśmy, że już wszystko wiemy; tymczasem okazało się że nie, że natura odkrywa przed nami nieznanne obszary.

Duża dawka promieniowania jest w stanie szybko zniszczyć komórki nowotworowe, ale pozostawić komórki zdrowe. Ta sama dawka, która zniszczyłaby komórki zdrowe, dostarczona w krótkim błysku nie niszczy zdrowych komórek. Dlaczego: tego nie wiemy.

**Stworzenie tego nowego urządzenia to były też lata pracy?**

**JAN TRZUSKOWSKI:** Niecałe dwa lata. To urządzenie też jest już przekazane do Wielkopolskiego Centrum Onkologii. Korzystają z niego radiobiolodzy, którzy zajmują się badaniem zjawiska wpływu promieniowania na różnego rodzaju komórki. Okazało się, że na komórki różnych nowotworów promieniowanie działa w różny sposób. Dostarczyliśmy urządzenie, które ma możliwość modyfikowania wiązki, badania wpływu

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

tych parametrów na zachowanie się komórek, zarówno zdrowych, jak nowotworowych.

**A jak wygląda bezpieczeństwo pacjenta? Czy przy stosowaniu dużych dawek nie ma większego ryzyka napromienienia zdrowych tkanek, np. jeśli pacjent poruszy się mimowolnie?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** O bezpieczeństwie pacjenta myślimy przede wszystkim i to jest to, czym różni się zwykły akcelerator od akceleratora medycznego. Jest cały system zabezpieczeń, by nie narazić na promieniowanie operatora, który cały czas jest przy terapii, ani pacjenta na niepotrzebną, rozproszoną dawkę.

**KAŻDY ELEMENT AKCELERATORA JEST ZABEZPIECZONY PODWÓJNIE, A CZĘSTO POTRÓJNIE.** *Gdy jedziemy samochodem i coś by się zepsuło, np. urwałaby się kierownica, to mielibyśmy problem.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

W akceleratorze żadne pojedyncze uszkodzenie nie może doprowadzić do zagrożenia dla pacjenta.

Oczywiście, pacjent nie poruszy się, ponieważ cały zespół pilnuje, żeby unieruchomienie było takie, by nie zaszkodzić pacjentowi np. w przypadku zakasłania. Akcelerator też nie ma prawa wykonać żadnego zbędnego ruchu. Moc dawki jest bardzo precyzyjnie określona i pilnowana, by oszczędzić zdrowe komórki.

**A poruszanie się klatki piersiowej przy oddychaniu nie wpłynie na to, że zostanie napromieniony nie ten obszar, który powinien? Np. w przypadku raka płuca?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Nowoczesna technologia umożliwia kilka rozwiązań tego problemu. Pierwsza rzecz to współpraca z pacjentem, jeśli jest on w stanie wstrzymać oddech lub w pewnym zakresie go kontrolować. Druga: śledzimy ruchy oddechowe pacjenta i włączamy/ wyłączamy wiązkę, gdy obszar nasświetlania wyjdzie poza zdefiniowany przez nas cel. Trzecia opcja: urządzenie podąża za ruchem oddecho-



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wym pacjenta. Zakłada on np. koszulkę w paski; wtedy łatwiej śledzimy jego ruchy oddechowe. Wszystkie te rozwiązania istnieją na rynku. W przypadku naszego akceleratora nie ma takiej konieczności, gdyż pacjent jest uśpiony. Nasz akcelerator jest przeznaczony do wykorzystania przy operacjach oszczędzających, np. nowotworów piersi, układu pokarmowego. W przypadku płuc to urządzenie nie było jeszcze testowane, ale kto wie, co przyniesie przyszłość.

**Czym pod względem technicznym różni się akcelerator śródoperacyjny od tego, którym są napromieniowani pacjenci w normalnych cyklach radioterapii?**

**JAN TRZUSKOWSKI:** Jest to akcelerator mobilny, podjeżdża pod łóżko pacjenta. Jeśli chodzi o promieniowanie, to emituje tylko wiązkę elektronów, ponieważ nie są one tak przenikliwe jak promieniowanie fotonowe; działają bezpośrednio na komórki, które są w polu wiązki. Kolejny element to sterylny aplikator, biokompatybilny, ograniczający promieniowanie rozproszone.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Ten* **APLIKATOR TO PATENT NCBJ, OPRACOWALIŚMY GO PODCZAS TWORZENIA AKCELERATORA.** *Ten aplikator jest przezroczysty, umożliwia osłonę tych części ciała, które nie powinny być naświetlane.*

**Akcelerator trafił do WCO. Czy trafi też do innych ośrodków onkologicznych, gdzie jest stosowana radioterapia i wykonywane są operacje?**

**JAN TRZUSKOWSKI:** Liczymy, że tak się stanie.

**Co dalej? Jakie kolejne plany?**

**JAN TRZUSKOWSKI:** Na tym etapie będziemy udoskonalać stworzony przez nas akcelerator, są możliwości rozbudowy, bardziej ekonomicznego wykorzystania. Odeszliśmy od produkowania tradycyjnych akceleratorów, są producenci, którzy tym się zajmują. My jesteśmy instytutem naukowym, badawczym, chcemy tworzyć nowe innowacyjne rozwiązania, nowe urządzenia.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Jako fizyk: jak widzi Pan przyszłość akceleratorów w medycynie?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Efekt flash, czyli błysku, łatwo jest uzyskać dla wiązek bezpośrednich, jak elektrony czy protony. Natomiast fotony uzyskujemy pośrednio, przez uderzenie elektronem w tarczę konwersji. Wydajność tego procesu jest dosyć niska, dlatego uzyskanie efektu flash, czyli bardzo wysokiej mocy dawki, dla fotonów obecnie jest wyzwaniem inżynierijnym, konstrukcyjnym. Powinna być to nowa generacja maszyn, znacznie wydajniejszych.

*Jeśli będziemy mieli bardziej wydajną wiązkę i zastosowalibyśmy tradycyjną tarczę konwersji, to uległaby ona stopieniu. Dlatego **TRZEBA ZAPROJEKTOWAĆ NOWĄ TARCZĘ DLA FOTONÓW.** Z kolei tak wysokie dawki muszą być mierzone w nowy sposób. Detektory dotychczas używane wymagają modyfikacji.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Kolejna rzecz to terapia przestrzenna, okazuje się, że jeśli to samo zjawisko błysku zastosujemy przestrzennie, czyli zamiast szerokiej wiązki podzielimy ją na takie mikroszpilki, to odpowiedź organizmu będzie jeszcze inna. Naświetlamy ten obszar malutkimi, ale bardzo wysokimi mocami dawek, pomiędzy nimi pozostawiając obszary nienaświetlone. Okazuje się, że jest „zjawisko świadka”: komórki nienaświetlone też ulegają zniszczeniu, ponieważ sąsiadują z komórkami zniszczonymi. Naświetlanie takimi „szpilkami” powoduje zupełnie inną odpowiedź organizmu. W powiązaniu z wysokimi mocami dawek to zupełnie nowe pole: do zbadania i zastosowania.

### **A korzyści dla pacjentów?**


**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Wszystko to robimy dla pacjentów, żeby leczyć, przedłużyć życie, poprawić jego jakość, jak najmniejszym kosztem skutków ubocznych.

**JAN TRZUSKOWSKI:** Terapia flash, jeśli okaże się skuteczna, spowoduje, że pacjent w ciągu jed-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

nej sesji dostanie wystraczającą dawkę, podczas gdy obecnie musi zgłaszać się do szpitala wiele razy. Nie będzie musiał wracać do traumy szpitalnej. Będzie to miało ogromny wpływ na jego psychikę. Takie leczenie będzie też bezpieczniejsze dla pacjentów.

### **Radioterapia jest dziedziną medycyny, która będzie się rozwijać?**

**PROF. SŁAWOMIR WRONKA:** Radioterapia jest niezwykle fascynującą dziedziną medycyny. Bardzo ważna jest tu współpraca lekarzy, fizyków, elektroników, elektryków, programistów – by uczynić z radioterapii narzędzie przyszłości. To jeden z najbardziej dynamicznie rozwijających się obecnie działów medycyny. 

# *Nauka dla rozwoju medycyny*

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY



# BADANIA NAUKOWCÓW Z PW

Fot. Materiały prasowe

*Nowoczesna imitacja sali operacyjnej na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, na której wykonywane są badania dotyczące wpływu systemów klimatyzacji na hipotermię pacjentów poddawanych operacji*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*To tu, NA NOWOCZESNEJ SALI OPERACYJNEJ, SĄ PRZEPROWADZANE BADANIA, JAK ZAPOBIEC HIPOTERMII U PACJENTA PODDAWANEGO OPERACJI. Jeśli jego temperatura wewnętrzna spadnie poniżej 36 stopni C, może to spowodować m.in. problemy kardiologiczne, oddechowe, większe ryzyko zakażeń. TO JEDNA Z TRZECH SAL OPERACYJNYCH W EUROPIE, NA KTÓRYCH SĄ PROWADZONE TEGO TYPU BADANIA – MÓWI PROF. ANNA BOGDAN z Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.*



*Tekst:* **Katarzyna Pinkosz**

**Wciąż często nie zdajemy sobie sprawy z tego, jak ważna w szpitalu jest wentylacja i klimatyzacja, w tym właściwa temperatura - nie tylko dla komfortu pacjenta, ale też w celu uchronienia go przez zakaże-**



*Nauka dla rozwoju medycyny*

**niami szpitalnymi. Tymczasem w wielu starszych szpitalach w salach chorych jedynym sposobem wentylacji jest wciąż... otworzenie okna?**

To, jak ważne są systemy klimatyzacji w szpitalach, zostało bardzo mocno dostrzeżone w trakcie epide-



*Dr hab. inż. Anna  
Bogdan*

profesor PW, prodziekan ds. ogólnych i nauki Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Prezes Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych (w kadencji 2020-2024), delegat Polski w Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA).

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

mii COVID-19. Przypomnijmy, że wentylacja polega tylko na wymianie powietrza, zaś klimatyzacja to wentylacja i wpływ na temperaturę powietrza, jego prędkość i wilgotność, a zatem równocześnie na środowisko cieplne. W niektórych przypadkach środowisko cieplne może pogorszyć proces zdrowienia pacjenta. W wielu starszych szpitalach niestety nie ma systemów klimatyzacji, a wentylacja polega na otwarciu okna. W standardowych salach pacjentów są duże okna; z jednej strony to dobrze, bo korzystnie wpływa to na psychikę, a z drugiej strony – przez takie bardzo duże okno wpada dużo ciepła, które nie jest w żaden sposób odprowadzane z sali i powoduje odczucie gorąca u pacjentów.

Dziś mamy coraz większe możliwości technologiczne, by instalować nowoczesne metody klimatyzacji i wentylacji, ale gdy budynek jest stary, przedwojenny, to potrzebne są duże środki na dostosowanie obiektu i montaż urządzeń lub instalacji zapewniających odpowiednie warunki środowiska wewnętrznego.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**Latem w salach jest gorąco i w zasadzie zimą też, gdyż grzeją kaloryfery, co również powoduje, że powietrze jest mocno wysuszone.**

Wzrost świadomości, jak ważne jest oczyszczone powietrze i właściwe warunki cieplne, jest istotny zarówno u osób, które zarządzają szpitalami, jak u osób przekazujących środki na szpitale. Wiadomo, że na pierwszym miejscu jest zapewnienie leczenia, pensje dla personelu, zapłacenie na media itp., a dopiero potem zastanawiamy się, czy znajdą się pieniądze na remonty. Gdy przeprowadzałam na ten temat badania w szpitalach, to przekonałam się, że personel techniczny doskonale zdaje sobie sprawę z tego, jak powinny wyglądać optymalne metody wentylacji i klimatyzacji. Problem polega jednak na tym, że zapisy rozporządzeń dotyczących warunków w szpitalach są bardzo ogólne i w zasadzie każdy szpital je spełnia. Jednak wiedza na temat wpływu parametrów powietrza wewnętrznego jest coraz większa, co szczególnie zostało dostrzeżone podczas pandemii.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Do wielu poważnych zakażeń dochodzi właśnie w szpitalach...**

Niestety, było wiele przypadków, kiedy pacjenci zarażali się COVID-19 w szpitalach, ponieważ na jednej sali leżało wielu pacjentów o różnym stopniu zakażenia, a nie było możliwości ani ich dostatecznego rozdzielania, ani zastosowania dodatkowych zabezpieczających rozwiązań technicznych.

*„Oczywiście, zupełnie inna sytuacja jest w salach OIOM oraz salach operacyjnych – **TAM MUSZĄ BYĆ ZAMONTOWANE BARDZO DOBRE SYSTEMY WENTYLACJI I KLIMATYZACJI.***

Wiemy jednak, że w przypadku standardowych sal pacjentów też można zastosować pewne rozwiązania, które chronią przed zakażeniami, np. moglibyśmy nad każdym pacjentem zainstalować pewnego typu „okap wyciągowy” – podobny do tego, jak mamy w kuchni.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Są już takie możliwości?**

Oczywiście; nad każdym pacjentem można zainstalować specjalny nawiewnik - są systemy, które potrafią zrobić taką „kurtynę” dookoła łóżka pacjenta, żeby wydychane przez niego powietrze nie przepłynęło do innego chorego, a także zabezpieczyć go przed napływem zanieczyszczeń z innych części sali.

### **Dlaczego w takim razie tak rzadko się je stosuje?**

Tego typu urządzenia w zwykłych salach pacjentów to więcej niż wymagania minimalne. Przede wszystkim dyrektor szpitala musi mieć świadomość, że takie systemy powinny być zainstalowane i mieć na to odpowiedni budżet.

Zdarza się też, że na etapie projektowania nowych przestrzeni projektant dostaje informację, że w danej sali będą dwa łóżka; nad każdym z nich projektuje on system chroniący pacjenta. A potem w praktyce okazuje się, że jednak pacjentów w danej sali musi być więcej. Nawet jeśli daje się to zrobić pod kątem technicznym, to może się okazać, że „kurtyny” nie są już nad

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

pacjentem, tylko obok, co może jeszcze pogorszyć sytuację.

**Ale są szpitale, w których już takie systemy są instalowane.**

Tak dzieje się w nowo budowanych szpitalach. Gorzej jest w tych starszych; często zwracają się do mnie z prośbą o konsultację, ponieważ przychodzą do nich firmy oferujące różnego typu układy lub urządzenia do zamontowania w istniejących obiektach. Niestety, nie zawsze ma to sens. Przykład: w sali operacyjnej powinniśmy mieć kaskadę filtrów oczyszczających powietrze – na początku filtr wstępny, potem kolejne, a na końcu, przed nawiewnikiem, filtr o najwyższej sprawności, np. HEPA, gdyż powietrze docierające do pola operacyjnego musi być naprawdę czyste. Firma chce dostarczyć urządzenie, które ma filtrować powietrze, a ono nawet nie ma zainstalowanych odpowiednich filtrów, albo wydajność urządzenia nie jest dopasowana do kubatury sali. Zdarza się też, że producenci pokazują, że w warunkach laboratoryjnych dane urządzenie świet-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

nie oczyszcza powietrze z bakterii, ale nie mają takich danych z rzeczywistych sali operacyjnej, udowadniających, że konkretne urządzenie naprawdę działa.

”*Warunki laboratoryjne są zupełnie inne od tych, które są w rzeczywistości. Stąd* **PRZED WYBOREM DANEGO URZĄDZENIA CZY SYSTEMU WARTO BARDZO DOKŁADNIE PRZEANALIZOWAĆ WSZYSTKIE DOSTĘPNE DANE TECHNICZNE I WYNIKI BADAŃ POTWIERDZAJĄCYCH SKUTECZNOŚĆ**, *aby mieć pewność, że to konkretne rozwiązanie spełni swoje zadanie.*

**Szczególne warunki muszą panować w sali operacyjnej: często podczas operacji dochodzi do niezamierzonej hipotermii, temperatura spada poniżej 36 stopni C, co powoduje m.in. większe ryzyko infekcji, gorsze gojenie ran, ale też problemy kardiologiczne,**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **oddechowe. Pani zespół zajmuje się też badaniami nad rozwiązaniami, by temu zapobiec. Jak zapobiec hipotermii podczas operacji?**

To nie jest łatwe. Do wychłodzenia podczas operacji dochodzi z kilku powodów. Z jednej strony powodem jest znieczulenie, podczas którego naturalne mechanizmy termoregulacji człowieka ulegają osłabieniu, obniża się więc temperatura ciała; ale także przyczyną jest konieczność braku przyjmowania pokarmów przez wiele godzin przed zabiegiem. Z drugiej strony w sali znajduje się personel medyczny – osoby te pracują w odpowiedniej odzieży ochronnej, w tym w fartuchach nieprzepuszczalnych dla powietrza, płynów itp. W konsekwencji jest im gorąco, czasem wręcz mówią, że pot spływa im do butów, dlatego chcą, by temperatura w pomieszczeniu była nieco niższa. A pacjent często jest w cienkiej koszulce, duże pole operacyjne jest odsłonięte, leży w nadmuchu powietrza z systemu klimatyzacji, bo przecież otoczenie pola operacyjnego musi być odpowiednio czyste.



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Są dostępne na rynku systemy ogrzewania pacjenta, ale ich efektywność jest różna. Historycznie patrząc, na początku po prostu cieplej nakrywano pacjenta, ale okazywało się, że to za mało.

„Pacjent ma zbyt mało ciepła w sobie, by to ciepło utrzymać. **SĄ WIĘC SPECJALNE SYSTEMY, NP. NA ŁÓŻKO OPERACYJNE KŁADZIE SIĘ NAGRZEWANY MATERAC, STOSUJE SIĘ TEŻ SPECJALNE OGRZEWANE „OBŁOŻENIA” PACJENTA.** Takich systemów jest wiele, pomagają zapobiec obniżeniu temperatury ciała.

Mają jednak też „minusy”, jeśli chodzi o czystość powietrza. Można sobie to wyobrazić tak: gdy ogrzewamy pacjenta, ciepłe powietrze idzie do góry, a nad pacjentem tworzy się strumień konwekcyjny. Powstaje taka „poduszka ciepłego powietrza”, a z drugiej strony (od

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

strony sufitu) mamy system wentylacji, z którego czyste powietrze ma dotrzeć w okolice pola operacyjnego. Są już badania pokazujące, że stosowanie systemów ogrzewania zaburza przepływ czystego powietrza. Nie wiemy jeszcze jednak, czy wpływa to na ryzyko zakażenia miejsca operowanego.

**Nie wiadomo więc, czy faktycznie zainstalowanie systemów ogrzewania pacjenta pomaga czy szkodzi?**

Na pewno pomaga, chroniąc pacjenta przed hipotermią. Nie wiemy jednak, czy konsekwencje zwiększenia ryzyka niedotrzymania czystości powietrza w polu operacyjnym są poważniejsze dla pacjenta niż ryzyko hipotermii.

**Nie wiadomo jeszcze, jak zaradzić, by nie tworzyła się poduszka powietrzna?**

Analizujemy to. Nasz zespół na Politechnice prowadził projekt badawczy, polegający na ogrzewaniu pacjenta przez promieniowanie (za pomocą promienników). Mamy nadzieję, że wtedy ta poduszka cieplna będzie mniejsza.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Przeprowadziliśmy wstępne badania, były też dyskusje, **GDZIE TAKI PROMIENNIK MOŻNA BY NA SALI OPERACYJNEJ POSTAWIĆ, BY OGRZEWAĆ TYLKO PACJENTA, A NIE NP. PERSONEL MEDYCZNY I ŻEBY NIE PRZESZKADZAŁ ON W TRAKCIE OPERACJI.** Okazało się, że może on stać tylko od strony głowy pacjenta lub nóg. Kolejna rzecz – system musiałby być tani, by można było go powszechnie stosować.

Trzeba też opracować, jaka powinna być jego moc, by np. pacjenta ogrzać, ale nie oparzyć.

Oczywiście; przy naszych projektach współpracujemy z lekarzami i z epidemiologami zajmującymi się zakażeniami szpitalnymi.

**Od niedawna na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, gdzie Pani pracuje i prowadzi prace**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

**badawcze, znajduje się bardzo nowoczesna sala operacyjna. To w niej przeprowadzi się badania nad wpływem systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych na temperaturę pacjenta?**

Tak, udało nam się taką salę stworzyć i – dzięki grantom i współpracy z firmami branżowymi – wyposażyć w taki sposób, by znakomicie imitowała warunki na nowoczesnej sali operacyjnej. W zasadzie jedyną różnicą jest to, że jej wymiary są mniejsze niż typowej sali operacyjnej w szpitalu. Nasza eksperymentalna sala jest jedną z takich trzech w Europie, w której tego typu badania można prowadzić. Mamy systemy nawiewu stosowane w salach operacyjnych szpitalnych, manekiny termiczne, udające personel (wydzielają tyle ciepła, ile człowiek). Sala spełnia wszystkie wymagania dotyczące czystości, szczelności. Prowadzimy w niej m.in. badania związane z ryzykiem hipotermii u pacjentów przy zastosowaniu dwóch najczęściej obecnie występujących w salach operacyjnych systemów klimatyzacji. Badania są pro-


## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wadzone z udziałem ludzi; obecnie mamy 50 ochotników, ponieważ chcieliśmy, żeby grupa badawcza była stosunkowo duża.

### **To zdrowe osoby?**

Tak, to zdrowe osoby, nie podajemy im też znieczulenia okołoperacyjnego – stwierdziliśmy, że to wiązałoby się ze zbyt dużym ryzykiem. Badanie polega na tym, że są oni poddawani najpierw działaniu jednego z systemów klimatyzacji. Sprawdzamy temperaturę ciała, temperaturę wewnętrzną (przy pomocy specjalnych jednorazowych kapsułek), tętno, oceniamy ryzyko hipotermii. Następnie w drugim pomieszczeniu pacjenci ogrzewają się, a później są poddawani działaniu drugiego z systemów klimatyzacyjnych. Przy tym projekcie współpracujemy z Państwowym Instytutem Medycznym MSWiA, z Instytutem Medycyny Doświadczalnej PAN, a także innymi lekarzami i specjalistami, którzy tworzą Radę Doradczą naszego zespołu. Badania jeszcze nie są zakończone, ale już widzimy, że jest różnica między

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

tymi systemami, jeśli chodzi o wystąpienie hipotermii. Mamy nadzieję, że nasze badania przyczynią się do odpowiedzi na pytanie, jak jej skutecznie zapobiec, jednocześnie chroniąc pacjenta przed zakażeniem. 

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego


---



*Nauka dla rozwoju medycyny*

**POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY**

*Dr hab. inż.  
Filip Górski*



**DRUK 3D:  
REWOLUCYJNA  
TECHNOLOGIA**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Coraz większa jest konieczność zatrudniania inżyniera w szpitalu. Na Zachodzie to już funkcjonuje. **SPRZĘT MEDYCZYNY I TECHNOLOGIE STOSOWANE W SZPITALACH, NIE TYLKO ZWIĄZANE Z DRUKIEM 3D, WCHODZĄ NA TAK KOSMICZNY POZIOM, ŻE INŻYNIER PRACUJĄCY U BOKU LEKARZA BĘDZIE POTRZEBNY NA STAŁE – MÓWI DR HAB. INŻ. FILIP GÓRSKI** z Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, lider zespołu zajmującego się rozwojem innowacyjnych rozwiązań z zakresu rzeczywistości wirtualnej, komputerowo wspomaganego projektowania i druku 3D.*



*Tekst:* **Anna Rogala**

**Od pewnego czasu coraz więcej mówi się o druku 3D, ta innowacyjna technologia wykorzystywana jest w wielu dziedzinach. Na czym polega druk 3D?**



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Druk 3D prawidłowo nazywamy technikami wytwarzania przyrostowego. Ta nazwa dość dobrze obrazuje, czym jest ta technologia. Materiał nakładany jest od zera, warstwa po warstwie; w ten sposób można tworzyć nawet bardzo skomplikowane kształty, które z użyciem konwencjonalnych metod byłyby bardzo trudne do osiągnięcia. Druk 3D jest o tyle rewolucyjny, że zaczynamy od pustej komory. Możemy drukować w zasadzie dowolną geometrię, jaka nam przyjdzie do głowy, za każdym razem inną. Technik druku 3D jest dużo i są stosunkowo zróżnicowane, najbardziej znane i rozpowszechnione jest wytłaczanie materiału przez głowicę. Polega to na tym, że wyciskamy nitkę materiału przez nagrzaną do odpowiedniej temperatury dyszę, i ona formuje kontur zewnętrzny naszego wydruku, później go zapełnia, a następnie drukowane są kolejne warstwy. Są też inne techniki, w których mamy materiał ciekły w postaci żywicy (utwardzany za pomocą światła lasera), czy też materiał w postaci proszku, który podlega spiekaniu lub stapianiu.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **Kiedy pojawiły się koncepcje druku 3D?**

Pierwsze koncepcje druku 3D pojawiły się pod koniec lat 70. XX w. na amerykańskich uczelniach.

”*Za prekursora uważa się Charles’a Hulla, który złożył wniosek patentowy na swoją drukarkę w 1984 r. **PO OKRESIE OBOWIĄZYWANIA OCHRONY PATENTOWEJ, OD DRUGIEJ DEKADY NASZEGO WIEKU NASTĄPIŁ ROZKWIŁ TEJ TECHNOLOGII.** Dziś drukarki 3D są w wielu miejscach, w których nie spodziewalibyśmy się ich: w szkołach czy nawet w domach.*

Niektóre urządzenia można kupić za bardzo przystępną cenę, a ich obsługa nie jest skomplikowana. To jest rewolucja, która nadchodzi, a w zasadzie już trwa.

**I ta rewolucja z drukiem 3D już wkroczyła w medycynę...**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Pierwsze działania w tym kierunku pojawiły się pod koniec lat 90. XX w. Istniejące wówczas techniki druku 3D były wykorzystywane do wytwarzania modeli kostnych – fragmentów czaszki. Natomiast pierwsze ortezy i protezy z drukarki 3D powstały na początku drugiej dekady naszego wieku.

Trzeba pamiętać, że sam proces druku 3D to nie wszystko, bardzo istotna jest kwestia cyfrowego projektowania obiektów, które chcemy wytworzyć. Bez trójwymiarowego modelu cyfrowego druk 3D po prostu nie istnieje.

---

„*Model wyrobu, np. część ciała człowieka czy proteza, **MUSI ZOSTAĆ ZAPROJEKTOWANY W 3D.** Dopiero pod koniec lat 90. komputery stały się na tyle zaawansowane, że mogliśmy rozważać wykonywanie skomplikowanych cyfrowych projektów.*”

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

W rozwoju projektowania zindywidualizowanych wyrobów medycznych pomógł też rozwój technik obrazowania medycznego, takich jak tomografia komputerowa 3D oraz rezonans magnetyczny.

Dzięki danym uzyskanym z tych badań możemy uzyskać prezentację trójwymiarową. Segmentacja obrazowania medycznego pozwala nam wyodrębnić np. tkankę kostną czy wybrane tkanki miękkie i na tej podstawie utworzyć model 3D.

### **Najczęściej stosuje się tę technologię do rekonstrukcji kostnych?**

Tkanki kostne są dużo łatwiejsze do zamodelowania – segmentacja obrazowania medycznego i uzyskanie danych do projektowania 3D nie sprawiają problemów. Współpracując z Kliniką Otolaryngologii Szpitala Uniwersyteckiego w Poznaniu robiliśmy modele rekonstrukcji np. żuchwy już w 2015 r. Technologia 3D świetnie się sprawdza przy operacjach rekonstrukcyjnych czy wszczepianiu endoprotez. Najpierw trzeba stworzyć model reprezentujący bieżący stan pacjenta:

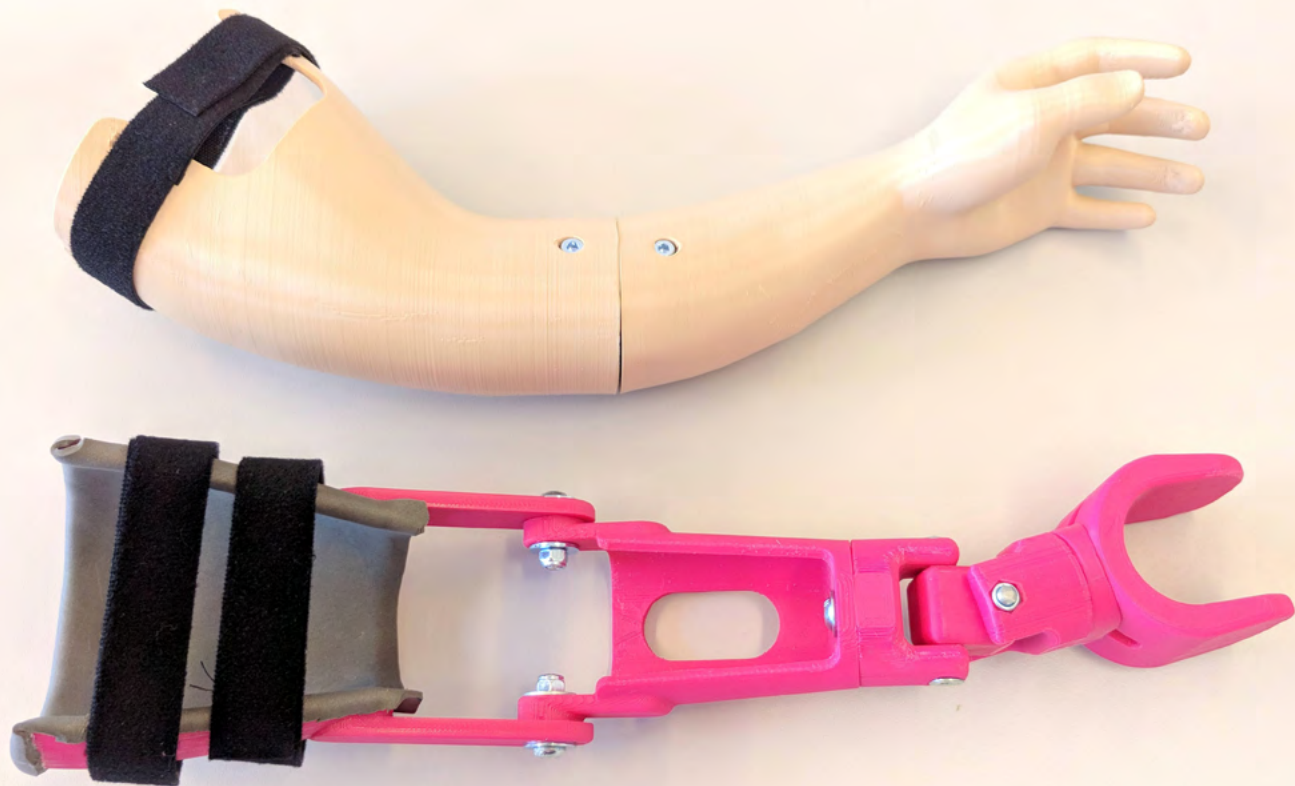
## *Nauka dla rozwoju medycyny*

oceniaamy i modelujemy ubytek oraz otaczające go tkanki. Następnie, w zależności od potrzeb, tworzymy model reprezentujący pożądany stan pacjenta już po operacji.

Takie modele drukujemy, używając wytłaczania polimerów czy utwardzania żywic promieniem lasera. Dodatkowo, także w zależności od konkretnego zabiegu i potrzeb, wykonujemy modele specjalnych, dopasowanych do danego przypadku narzędzi chirurgicznych, np. szablony do cięcia. Taki ubytek w żuchwie można zrekonstruować tkanką kostną np. z kości strzałkowej lub łopatki. Można przygotować szablony do cięcia – zarówno, jeśli trzeba coś usunąć, jak gdy trzeba coś zrekonstruować.

Pełne przygotowanie śródoperacyjne z wykorzystaniem druku 3D oznacza, że lekarz jest wyposażony w dwa modele: jak pacjent aktualnie wygląda oraz jak powinien wyglądać po operacji. Ma także dodatkowe szablony, które w trakcie operacji wykorzystają jako przymiary, żeby je przyłożyć i zrealizować resekcję tkanek.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Dział Informacji i Promocji Politechniki Poznańskiej

*Model protezy kończyny górnej wykonany metodą druku 3D*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Te modele drukujemy z polimerów, są one sterylizowane i zabierane na salę operacyjną. Ich użycie znacząco usprawnia i przyspiesza operację. Dzięki temu pacjent jest krócej pod narkozą, a z badań wynika, że krótszy jest też czas rekonwalescencji.

„*Ta technologia jest również pomocna w operacjach usuwania nowotworów, np. guzów języka. **PRZYGOTOWUJEMY MODELE PRZEDOPERACYJNE, NA KTÓRYCH LEKARZ PRZED OPERACJĄ MOŻE ĆWICZYĆ**, sprawdzić, jak głęboko guz nowotworowy penetruje daną tkankę i jak duży margines cięcia będzie musiał zastosować.*

W czasie operacji wycinania guza nowotworowego lekarz nie może sobie pozwolić na błąd. Jeśli przetnie guz, to komórki nowotworowe mogą się rozsiać i nastąpi nawrót choroby. Dlatego musi być dobrze przy-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

gotowany do takiego zabiegu. Modele przedoperacyjne wykonujemy z miękkich polimerów, np. silikonów, które są podatne na cięcie. Lekarz realizuje tzw. operację symulowaną przed właściwym zabiegiem – wycina z modelu reprezentację guza nowotworowego i ocenia, czy w trakcie operacji będzie mógł zastosować podobną technikę, czy jednak konieczne będą modyfikacje. Model, jeśli jest wykonany z twardszego materiału, może też po wysterylizowaniu zabrać na salę operacyjną.

### **A jakie są jeszcze inne zastosowania tej wizualizacji 3D?**

W całym ciele człowieka możemy znaleźć miejsca, w których wizualizacja 3D przed operacją jest przydatna, np. przy usuwaniu guzów wątroby, nerki. Musimy w tym celu poddać segmentacji odpowiednie obrazowanie medyczne. Tkanki miękkie są trudne pod względem segmentacji, dlatego w takich przypadkach wymagana jest pomoc ze strony wykwalifikowanego radiologa. Inżynier z radiologiem wspólnie realizują



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

pracę z obrazowaniem medycznym, co prowadzi do powstania modelu 3D.

W laboratorium dysponujemy zaawansowaną technologią PolyJet, która umożliwia wytwarzanie wielomateriałowe – nasza maszyna ma sześć głowic, dzięki temu może drukować z sześciu materiałów o różnych kolorach, twardościach i przezroczystościach. Jednym z ostatnich przykładów jest model wielonarządowy przedstawiający guz na wątrobie. Model składał się z wątroby z guzem, śledziona, żył oraz tętnic. Każda z tych tkanek była wydrukowana w innym kolorze, a wątroba była przezroczysta, żeby można było zobaczyć, jak głęboko guz wchodzi w zdrową tkankę. Ten model też oczywiście można było pociąć przed operacją, przygotować się odpowiednio do wycięcia guza.

**Planowanie operacji przy pomocy modeli 3D jest więc szeroko stosowaną procedurą.**

Cieszę się, że w szpitalach dostrzeżono potrzebę stosowania modeli 3D. W klinice Chirurgii Szcękowo-Twarzowej w Szpitalu Uniwersyteckim w Poznaniu

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

lekarze, z którymi współpracujemy już na stałe, zakupili drukarkę 3D. Proste modele wykonują sami, z bardziej skomplikowanymi zwracają się do nas. Wydruk odbywa się w szpitalu, czyli zespół lekarski dostarcza obrazowanie medyczne, my przygotowujemy model, a oni u siebie drukują, sterylizują i zabierają na salę operacyjną. Ten proces nazywa się „hospital bed printing”, czyli „druk przy łóżku pacjenta”.

W Polsce jest kilka-kilkanaście szpitali, które takie praktyki już realizują, ale dokładnych statystyk brakuje, jest to wciąż jeszcze niesformalizowany proces.

---

*Ponadto* **POJAWIA SIĘ CORAZ WIĘKSZA KONIECZNOŚĆ ZATRUDNIANIA INŻYNIERA W SZPITALU.** *Na Zachodzie to już funkcjonuje, mówi się o inżynierach klinicznych, w Polsce jeszcze nie jest to często poruszany temat.*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Mam jednak nadzieję, że za jakiś czas laboratoria związane z drukiem 3D, wraz z odpowiednim personelem, będą funkcjonowały w szpitalach i na co dzień wspomagały pracę lekarzy. Tu istotny jest czas.

Zdarzają się sytuacje, że lekarz dzwoni, przykładowo w czwartek i mówi, że we wtorek jest operacja. W czwartek otrzymujemy płytę z obrazowaniem medycznym np. tomografią komputerową czy rezonansem. Zatem mamy tylko dwa dni, żeby wyciągnąć dane z tej płyty, zrobić model, wydrukować, obrobić i dostarczyć go lekarzowi. Wszystko jest oczywiście do zrobienia, mamy sprawnych inżynierów w zespole, ale jest pewien logistyczny problem, gdy ten proces odbywa się poza szpitalem.

Dlatego jestem gorącym zwolennikiem tego, aby w szpitalach były zarówno drukarki 3D, jak i personel, który potrafi je obsługiwać oraz projektować modele, czyli inżynier kliniczny. Może w niedalekiej przyszłości to się zmieni: sprzęt medyczny i technologie stosowane w szpitalach, nie tylko związane z drukiem 3D,

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Ortezy  
kończyn  
dolnych  
wykonane na  
podstawie  
skanu 3D*



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wchodzą na tak kosmiczny poziom, że inżynier pracujący u boku lekarza będzie potrzebny na stałe.

**Pana zespół zajmuje się systemem automatycznego projektowania i druku 3D ortez i protez. To potrzebny sprzęt medyczny dla dzieci, które rodzą się np. z niedowładem lub są chore na SMA. Skąd pomysł, żeby tworzyć drukowane ortozy i protezy?**

Zawsze chciałem być inżynierem, ale i robić coś bezpośrednio dla ludzi. Przeprowadzone przez nas rozeznanie wykazało, że sytuacja na rynku ortopedycznym, zwłaszcza jeśli chodzi o wyroby przeznaczone dla dzieci, jest problematyczna. Koszt zaawansowanej protezy mechatronicznej dla osoby dorosłej wynosi tyle co luksusowy samochód; za zwykłą mechaniczną trzeba zapłacić nieraz kilkadziesiąt tysięcy zł.

W przypadku dziecka, które rośnie, i czasami co pół roku potrzebuje nowej protezy, jest to wydatek, którego rodzice najczęściej nie są w stanie ponieść. Trzeba pamiętać, że są to produkty indywidualnie dopasowane, nie można ich później sprzedać, bo nie powinny być

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wykorzystywane przez pacjentów o innej anatomii. Podobnie jest z ortezami korekcyjnymi np. w przypadku niedowładów wynikających z różnych schorzeń, takich jak porażenie splotu barkowego czy mózgowe porażenie dziecięce. Wyroby ortopedyczne są drogie, poza tym długo się na nie czeka, gdyż tradycyjnie są wykonywane manualnie przez technika. Czas oczekiwania może wynosić 6-8 tygodni, albo i dłużej.

Ortezy czy protezy projektowane w sposób nowoczesny są spersonalizowane na podstawie skanu 3D. **DRUK 3D UMOŻLIWIA KONTROLĘ MASY, ORTEZA MOŻE WAŻYĆ ZALEDWIE 100 G, DZIĘKI CZEMU JEST KOMFORTOWA W UŻYCIU.** *Protezy również są dopasowane, indywidualnie dla danego pacjenta.*

Niestety, nowoczesny proces także jest długotrwały – inżynier musi zaprojektować protezę czy ortezę, a to

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

także może trwać i kosztuje. Zdecydowaliśmy się zatem wprowadzić automatyzację projektowania. Dane ze skanowania 3D są w sposób automatyczny składane i obrabiane, po czym zasilają specjalnie przygotowany model cyfrowy, który zmienia swój kształt po wgraniu skanu 3D konkretnego pacjenta. Wykorzystujemy do tego system AutoMedPrint, który rozwijaliśmy przez kilka lat w ramach projektu badawczego.

„System ten zdobył główną nagrodę w XXIV konkursie **POLSKI PRODUKT PRZYSZŁOŚCI (2022 R.)**, organizowanym przez PARP i NCBR w kategorii „Produkt Przyszłości instytucji szkolnictwa wyższego i nauki”.

Dzięki automatyzacji jesteśmy w stanie bardzo szybko wykonać model: w sytuacji idealnej pacjent schodzi ze stanowiska skanowania, a 15 minut później model jest gotowy i możemy uruchomić drukarki

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

3D. Pacjenci po 3-4 dniach odbierają spersonalizowaną ortezę. Protezy również jesteśmy w stanie zaprojektować bardzo szybko. Oczywiście dość często zdarza się, że anatomia czy potrzeby pacjenta są nietypowe – wówczas konieczne są ręczne modyfikacje projektu. Wykonujemy też protezy dedykowane do aktywności fizycznej np. do jazdy na rowerze czy hulajnodze. Nasi pacjenci bardzo sobie chwalą te protezy, są lekkie, wygodne, w wybranym przez nich kolorze, co jest dużą zaletą w przypadku dzieci. Wykorzystujemy materiał polimerowy PLA, który jest ekologiczny, organiczny, i co ważne – trwały. Nie zdarzyło się, żeby dzieci te protezy zniszczyły, prędzej z nich wyrosną. Nasze działania realizujemy w ramach badań i projektów badawczych prowadzonych na Politechnice Poznańskiej. Koszt takiej protezy czy ortozy przewidujemy na ok. kilkaset złotych, ale w ramach badań prowadzonych z wybranymi pacjentami wyroby przekazujemy im bezpłatnie, w zamian uzyskując informacje o ich funkcjonowaniu, tak abyśmy mo-



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

gli ciągle wprowadzać ulepszenia w systemie ich projektowania i wytwarzania.

**Czy dla dorosłych też są przygotowywane takie produkty?**

Najmniej problematyczne do wykonania są ortezy do złamań kończyn górnych, wykonujemy je bardzo szybko. Robiliśmy je zarówno dla dzieci, nastolatków, jak i dla osób dorosłych. W przypadku złamania ręki ciężki gips można było zamienić na lekką ażurową ortezę. Chcielibyśmy, żeby taka procedura była dostępna do codziennego użytku na SOR-ach czy w klinikach ortopedycznych, bo nie ma ku temu żadnych barier naukowych, wyłącznie organizacyjne i finansowe.

Dla osób dorosłych wykonujemy również protezy dedykowane do konkretnych aktywności, np. na rower, głównie dlatego, że posiadane przez nich protezy uniwersalne najczęściej nie spełniają wymogów do aktywności sportowej.

**Rozwiązania jak z filmów science fiction stają się dziś rzeczywistością! Ta technologia 3D ma ogromny**


## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### **potencjał. Do czego w przyszłości może być jeszcze wykorzystana w medycynie?**

Ciekawą kwestią jest biodruk 3D, czyli druk żywych komórek – nie zajmujemy się tym bezpośrednio, ale coraz więcej ośrodków, także w Polsce, podejmuje ten temat. Na razie ta technologia jeszcze raczkuje, nie ma możliwości wydrukowania np. kompletnych organów czy części ciała, ale z pewnością do tego zmierzamy. Myślę, że rozwój będzie trwał jeszcze co najmniej dekadę, może trochę dłużej, zanim osiągniemy namacalne efekty kliniczne. Organy będą wytwarzane z materiału biologicznego, zawierającego żywe komórki pochodzące od osoby, której chcemy coś wszczepić.

Być może w przyszłości w transplantologii zamiast czekać na dawcę jakiegoś organu, zaprojektujemy i wydrukujemy np. nerkę. Taki organ nie musiałby być w 100 proc. biologiczny, tylko hybrydowy, czyli z połączenia komórek żywych i materiału syntetycznego.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

A może w przyszłości będziemy mogli sobie zama-  
wiać brakujące organy, części ciała i wszczepiać, jak  
w filmach science fiction? Dzięki temu będziemy mo-  
gli łatwiej zwalczać różne choroby, na przykład nowo-  
twory i wydłuży się nasze życie. 

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



*Nauka dla rozwoju medycyny*

**POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY**



# **FIZYKA ZREWOLUCJONIZUJE MEDYCYNĘ? ROZWIĄŻ QUIZ**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*W jaki sposób fizycy mogą wpłynąć na rozwój medycyny? Jak usprawnić chirurgię ortopedyczną? Jak poradzić sobie ze wzrostem ilości zakażeń grzybiczych? Na te (i inne) pytania odpowiedzieliśmy w kwietniowym cyklu „Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Polaków”. **SPRAWDŹ, CO WIESZ O NAJNOWSZYCH ODKRYCIACH POLSKICH NAUKOWCÓW I O WYNAŁAZKACH, KTÓRE ZADZIWIĄ ŚWIAT!***



*Tekst:* **Maciej Pinkosz**

**W** kwietniu w ramach cyklu Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Polaków piszemy o inżynierach, których prace wspomagają medycynę. Rozmawialiśmy m.in. z Krzysztofem Kolankowskim, wiceprezesem start-upu BoneReg, który pracuje nad implantami wspierającymi odbudowę kości. Nowe implanty, będące bioaktywnymi

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

substytutami kością gąbczastej, mają przyspieszyć regenerację kości. Ponadto rozkładają się na proste związki, które są wchłaniane przez nasz organizm.

Prof. Maciej Wojtkowski, wybitny polski fizyk z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk, dyrektor Międzynarodowego Centrum Badań Oka, opowiedział nam o niezwykle interesującej metodzie, która znalazła zastosowanie w medycynie: spektralnej tomografii optycznej. Pozwala ona widzieć, odtwarzać i rekonstruować tkankę w trzech wymiarach – w przeciwieństwie do dotychczas stosowanych metod, które ograniczają się jedynie do dwóch wymiarów.

---

*Spojrzenie fizyków na medycynę może być całkowicie inne od spojrzenia lekarzy. Dzięki temu możliwe jest dokonanie nowych odkryć. **WSPÓŁPRACA POMIĘDZY LEKARZAMI A FIZYKAMI MOŻE PRZYNIEŚĆ NIEOCZEKIWANE EFEKTY.***

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

O jednym z takich efektów opowiedział nam dr hab. inż. Teodor Buchner, specjalista fizyki medycznej. Dzięki „fizycznemu” spojrzeniu na nowotwory jest szansa na wcześniejsze ich wykrycie – poprzez badanie zmian elektrycznych komórek nowotworu.


„Ponadto, fizycy z Politechniki Warszawskiej, wspólnie z kardiologami z Narodowego Instytutu Kardiologii **PRACUJĄ NAD STWORZENIEM URZĄDZENIA, KTÓRE POMOŻE OCENIĆ WYNIK BADANIA EKG z pomocą sztucznej inteligencji.**

Rozmawialiśmy również z dr n. med. Magdaleną Skórą z Zakładu Kontroli Zakażeń i Mykologii Katedry Mikrobiologii Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum oraz dr Kamilem Kamińskim z Zakładu Chemii Fizycznej i Elektrochemii na Wydziale Chemii UJ. Naukowcy przedstawili nam swoje najnowsze odkrycie – syntetyczny polimer o właściwo-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

ściach antymykotycznych, który w przyszłości może być stosowany jako preparat przeciwgrzybiczy. To szczególnie ważne, z uwagi na fakt że obserwujemy wzrost zakażeń grzybiczych na świecie oraz zbyt małą liczbę obecnie stosowanych preparatów przeciwgrzybiczych.

Co wiesz o najnowszych odkryciach polskich naukowców w chirurgii ortopedycznej i okulistyce? W jaki sposób fizycy mogą wpłynąć na rozwój medycyny? Sprawdź swoją wiedzę, zajrzyj do cyklu Wprost: Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Polaków.

Odpowiedzi na wszystkie pytania znajdziesz w artykułach pod quizem, które ukazały się w cyklu Wprost: Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Polaków. 

**ROZWIĄŻ QUIZ**



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



*Nauka dla rozwoju medycyny*

**POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY**



*Cyklotron*

# **MEDYCYNĄ NUKLEARNĄ I ZAPOBIEGANIE HIPOTERMII**

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Czy polski reaktor jądrowy służy do produkcji energii atomowej? W jaki sposób izotopy promieniotwórcze mogą przyczynić się do rozwoju medycyny spersonalizowanej? Dlaczego tak trudno zapobiec hipotermii pacjenta podczas operacji? Na te (i inne) pytania odpowiedzieliśmy w kwietniowym cyklu „Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Poleków”. **SPRAWDŹ, CZY WIESZ NA CZYM POLEGA MEDYCYNA NUKLEARNA I DLACZEGO DOBRA WENTYLACJA PODCZAS OPERACJI MOŻE URATOWAĆ PACJENTOWI ŻYCIE!***



*Tekst:* **Maciej Pinkosz**

**W** minionym miesiącu na łamach „Wprost” rozmawialiśmy z wybitnymi naukowcami i lekarzami. Prof. Renata Mikołajczak, pełnomocnik dyrektora Ośrodka Radioizotopów Polatom (OR Polatom), będącego częścią Narodo-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wego Centrum Badań i Rozwoju opowiedziała o tym, czym jest medycyna nuklearna.

*Jest to gałąź medycyny, w której wykorzystywane są radiofarmaceutyki, czyli*  
**LEKI, KTÓRE W SWOJEJ STRUKTURZE ZAWIERAJĄ IZOTOP PROMIENIOTWÓRCZY.** *Izotopy wytwarzane są na jedynym w Polsce reaktorze jądrowym (MARIA) znajdującym się w NCBJ.*

Naukowcy wiążą ogromne nadzieje z rozwojem tej gałęzi medycyny. Dzięki wykorzystaniu nowego cyklotronu CERAD mają nadzieję na zaprojektowanie leków pod potrzeby konkretnego pacjenta, co przełoży się na rozwój medycyny spersonalizowanej.

Rozmawialiśmy również z prof. Sławomirem Wronką (kierownikiem Zakładu Fizyki i Techniki Akceleracji Cząstek NCBJ) oraz Janem Trzuskowskim (dyrektorem ds. Technicznych Zakładu Aparatury Jądrowej

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

ZdAJ NCBJ). Dzięki pracy naukowców z NCBJ, możliwe jest leczenie pacjentów radioterapią. Konieczne do tego są akceleratory medyczne, które służą do uzyskania promieniowania jonizującego. Wiązka promieniowania wykorzystywana jest do niszczenia komórek nowotworowych. Obecnie naukowcy pracują m.in. nad terapią efektu flash, czyli uzyskaniu bardzo wysokiej mocy dawki promieniowania.


*Dzięki niej, **PACJENT W CIĄGU JEDNEJ SESJI BĘDZIE MÓGŁ OTRZYMAĆ WYSTARCZAJĄCĄ DAWKĘ**, podczas gdy obecnie musi zgłaszać się do szpitala wiele razy.*

Każdy z nas wie, jak niebezpieczna dla naszego życia jest hipotermia, czyli wychłodzenie organizmu. Jak zapobiec jej podczas operacji pacjenta? Zajmuje się tym zespół dr hab. inż. Anny Bogdan – profesor PW, prodziekan ds. ogólnych i nauki Wydziału Instalacji Budowlana-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

nych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Projekt badawczy polegał na ogrzewaniu pacjenta podczas operacji przez promieniowanie (za pomocą promienników). Tradycyjne metody ogrzewania nie mogą tu być zastosowane z uwagi na ryzyko powstania tzw. „poduszki ciepłego powietrza”, która zaburza przepływ czystego powietrza, co może sprzyjać ryzyku zakażenia miejsca operowanego.

Co wiesz o medycynie nuklearnej? Dlaczego odpowiednia wentylacja sal szpitalnych jest aż tak ważna? Sprawdź swoją wiedzę, zajrzyj do cyklu Wprost: Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Polaków.

Odpowiedzi na wszystkie pytania znajdziesz w artykułach pod quizem, które ukazały się w cyklu Wprost: Polska nauka dla rozwoju medycyny i zdrowia Polaków. 

**ROZWIĄŻ QUIZ**

# *Nauka dla rozwoju medycyny*

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

---



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY



# FIZYK, KTÓRY DIAGNOZUJE, CO DZIEJE SIĘ W OCZACH

*Prof. Maciej Wojtkowski*



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Jak dzięki spektralnej tomografii optycznej (OTC) można podglądać, co dzieje się w oku? **JAK FIZYKOWI UDAŁO SIĘ WPROWADZIĆ I SKOMERCJALIZOWAĆ NA ŚWIECIE NAJNOWOCZEŚNIEJSZĄ METODĘ DIAGNOSTYKI OKA;** jak będzie funkcjonował robot, który pomoże w wykonywaniu operacji okulistycznych i czy można pobudzić „nieczynne” fotoreceptory – **MÓWI PROF. MACIEJ WOJTKOWSKI,** wybitny polski fizyk z Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk, dyrektor Międzynarodowego Centrum Badań Oka.*

*Tekst: **Zofia Szkarłat***

**P**rof. Maciej Wojtkowski jest twórcą jednego z najbardziej interesujących rozwiązań fizycznych, które znalazło praktyczne zastosowanie w medycynie: spektralnej tomografii optycznej (OCT). Została ona wdrożona w wielu urządzeniach medycz-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

nych dostępnych w gabinetach okulistycznych na całym świecie.

### **Przełom w zagłądaniu do oka**

– Metody optyczne zwykle pokazują świat w dwóch wymiarach, problemem jest uzyskanie trzeciego wymiaru. Jest to szczególnie ważne w tak delikatnej strukturze, jaką jest oko, gdzie mamy warstwy przypominające nałożone na siebie szkiełka, czy przezroczyste folie, i trudno jest rozróżnić, jak te warstwy wyglądają, jeśli nie mamy informacji trójwymiarowej. Spektralna tomografia optyczna jest metodą obrazową, która pozwala widzieć, odtwarzać, rekonstruować tkankę w trzech wymiarach. Przed erą tomografii optycznej okuliści widzieli wszystko jak w fotografii, nie widzieli głębi. Spektralna tomografia optyczna to kolejny krok; to rewolucja w obrazowaniu – mówi prof. Wojtkowski.

OCT pozwala na obrazowanie oka, wczesne diagnozowanie chorób, jak również monitorowanie leczenia. Przykładem jest leczenie AMD: zwyrodnienia plamki

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

związanego z wiekiem, schorzenia prowadzącego (jeśli nie jest leczone) do utraty widzenia.

– Zaczęły pojawiać się leki, które hamowały rozwój AMD, a jednocześnie równolegle pojawiła się metoda OCT. To był strzał w dziesiątkę; bo można było od razu monitorować efekty terapii – mówi prof. Wojtkowski.

Technologia OCT została wdrożona w wielu urządzeniach medycznych dostępnych w gabinetach okulistycznych na całym świecie.

### **Międzynarodowe Centrum Badań Oka**

Prof. Maciej Witkowski jest dyrektorem Międzynarodowego Centrum Badań Oka działającego przy Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Celem pracujących tam 5 międzynarodowych zespołów naukowych jest dogłębne zbadanie dynamiki i plastyczności ludzkiego oka, co przełoży się na opracowanie nowych terapii i narzędzi diagnostycznych.

W Centrum rozwijane są nowe metody diagnostyczne, m.in. służące badaniu siatkówki, mierzenie

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

czynności fotoreceptorów w sposób bezinwazyjny i bezkontaktowy. Pierwsza to obrazowanie dna oka z wykorzystaniem fluorescencji ze wzbudzeniem dwufotonowym. Druga technika to optoretinografia: pozwala obserwować zmianę długości fotoreceptorów; ma m.in. służyć monitorowaniu terapii okulistycznych.

Obecnie są również prowadzone prace nad opracowaniem nowych narzędzi do bezpieczniejszych interwencji chirurgicznych z wykorzystaniem robota.

---

– *Nie będzie to klasyczny robot, jak robot da Vinci, tylko raczej **NARZĘDZIE ERGONOMICZNE, KTÓRE BĘDZIE WSPOMAGAĆ RĘKĘ**, co umożliwi szybsze i bardziej skuteczne przeprowadzenie zabiegu okulistycznego.*

W okulistyce bardzo rozwijają się terapie genowe; w niektórych chorobach można już zidentyfikować,

## *Nauka dla rozwoju medycyny*


które białko odpowiada za pojawienie się choroby genetycznie uwarunkowanej.

Są już terapie genowe, np. w chorobie Lebera, kiedy jesteśmy w stanie za pomocą wirusa wprowadzić leki. My idziemy krok dalej, chcemy pracować nad terapią, która będzie działała wtedy, gdy fotoreceptorów już nie ma, by inne komórki zamienić na fotoreceptory. Ta terapia: takie „fotouczulanie” komórek nerwowych w oku; jest już opracowywana przez nasz zespół; pierwsze wyniki są mocno obiecujące – mówi prof. Wojtkowski.

W ramach Międzynarodowego Centrum Badań Oka są też prowadzone m.in. prace nad czerniakiem oka, mające na celu stworzenie atlasu zmian genetycznych, które mogą prowadzić do czerniaka; jak również profilowanie jaka jest predykcja rozwoju czerniaka. Inny zespół pracuje nad wczesną diagnostyką retinopatii cukrzycowej, by wcześniej wykrywać zmiany i oceniać predykcję do jej rozwoju.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

– *W ramach Międzynarodowego Centrum Badań Oka pracuje 5 grup badawczych, **WSPÓŁPRACUJEMY M.IN. Z UNIWERSYTETEM KALIFORNIJSKIM W USA I Z UNIWERSYTETEM W LONDYNIE ORAZ INSTYTUTEM OKULISTYKI W LONDYNIE.** Taka wielodyscyplinarna współpraca jest absolutnie unikatowa. Celem jest opracowanie nowych metod diagnostycznych i leczniczych – mówi prof. Wojtkowski.*

Podkreśla również, że przykład Tajwanu i Korei Południowej pokazuje, że warto inwestować w naukę, gdyż mocno przekłada się to na ekonomię. – Nauka jest taką domeną, którą trzeba realizować całym sobą, całym sercem, wtedy przekłada się to na efekty – mówi prof. Wojtkowski. 

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

Posłuchaj całej rozmowy red. Krzysztofa Michalskiego z prof. Maciejem Wojtkowskim

**ZOBACZ WIDEO**

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRZYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



**Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego**



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### POLSCY INŻYNIEROWIE DLA MEDYCYNY



# TU POWSTAJĄ LEKI Z PROMIENIOTWÓRCZYMI IZOTOPAMI

*Prof. Mikołajczak (na zdjęciu z lewej) w rozmowie z Katarzyną Pinkosz (Wprost) w budynku, w którym jest cyklotron CERAD*



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

*Już od kilkudziesięciu lat **W REAKTORZE JĄDROWYM MARIA W NARODOWYM CENTRUM BADAŃ JĄDROWYCH POWSTAJĄ IZOTOPY, Z KTÓRYCH POTEM WYTWARZA SIĘ RADIOFARMACEUTYKI.** Dzięki najnowocześniejszemu cyklotronowi, który już wkrótce zacznie działać, w Polsce będą wytwarzane nowe, jeszcze bardziej precyzyjne radiofarmaceutyki, wykorzystywane w precyzyjnej diagnostyce i leczeniu – mówi prof. Renata Mikołajczak.*



*Tekst:* **Katarzyna Pinkosz**

**N**arodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) to największy w Polsce i jeden z największych instytutów naukowych w Europie Środkowej. Działa tu jedyny w Polsce reaktor jądrowy MARIA (na cześć Marii Skłodowskiej-Curie). To reaktor badawczy: nie jest wykorzysty-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

wany do produkcji energii, a do celów naukowych. Już od kilkudziesięciu lat to właśnie w nim wytwarzane są promieniotwórcze izotopy, z których później m.in. powstają są radiofarmaceutyki.

– *Radiofarmaceutyki to leki izotopowe, zawierają w swojej strukturze izotop promieniotwórczy. Podlegają takim samym wymaganiom prawa farmaceutycznego jak inne leki, a **CZĘŚĆ IZOTOPOWA, ZWIĄZANA Z PROMIENIOWANIEM, DODATKOWO MUSI SPEŁNIAĆ WYMAGANIA PRAWA ATOMOWEGO, CZYLI MUSI BYĆ BEZPIECZNA** – wyjaśnia prof. Renata Mikołajczak, pełnomocnik dyrektora Ośrodka Radioizotopów Polatom (OR Polatom), będącego częścią NCBJ.*

Od tego, jaki konkretnie izotop promieniotwórczy będzie wykorzystany w leku, zależy, czy radiofarma-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

ceutyk będzie służyć do celów diagnostycznych czy leczniczych.

### **Reaktor jądrowy do produkcji leków**

W reaktorze MARIA neutrony, które powstają w reaktorze, napromieniają odpowiednie materiały. Z tego powstają izotopy promieniotwórcze, które potem (m.in. po odpowiednim oczyszczeniu) mogą być wykorzystane do celów medycznych. Po napromienieniu izotop promieniotwórczy jest transportowany do OR Polatom, gdzie przetwarzany jest do postaci radiofarmaceutyku.

---

*NCBJ już od wielu lat jest **GŁÓWNYM W POLSCE PRODUCENTEM RADIOFARMACEUTYKÓW** i ich prekursorów.*

Wytwarzanych jest ich tu wiele, m.in. jod 131. – Emituje on promieniowanie gamma, które może być wykorzystywane w diagnostyce, oraz promieniowanie

## *Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Materiały prasowe

*Wnętrze reaktora MARIA: to tu wytwarzane są promieniotwórcze izotopy*

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

beta, które można wykorzystywać np. w niszczeniu tkanki nowotworowej. Jod jest chętnie wychwytywany przez tarczycę; dzięki podaniu promieniotwórczego jodu możemy szybko wykrywać wszystkie nieprawidłowości pracy tarczycy. Na tej podstawie lekarze mogą decydować o sposobie leczenia chorego – zaznacza prof. Mikołajczak.

*Narodowe Centrum Badań Jądrowych*  
jest **JEDNYM Z NAJWIĘKSZYCH PRODU-  
CENTÓW JODU PROMIENIOTWÓRCZEGO  
NA ŚWIECIE.**

Drugim wytwarzanym w NCBJ, powszechnie stosowanym w medycynie izotopem, jest technet 99m. Jest on wykorzystywany w 80% wszystkich procedur medycyny nuklearnej. – Emituje promieniowanie gamma, wykorzystywane do diagnostyki. Jego zaletą jest dość krótki okres półtrwania: w ciągu kilku godzin można wykonać badanie, a potem rozpada się on do niepro-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

mieniotwórczych pierwiastków, co oznacza, że nie stanowi obciążenia dla pacjenta. Łatwo można go przyłączyć do różnych cząsteczek nośnikowych. Po wyznaczeniu technetem 99m cząsteczki podaje się pacjentowi. Można je wykorzystywać potem m.in. w badaniach np. mięśnia sercowego, nerek czy wątroby – wyjaśnia prof. Mikołajczak.

### **Medycyna nuklearna**

Gałąź medycyny, w której wykorzystywane są radiofarmaceutyki, to medycyna nuklearna. Zajmuje się ona zarówno nowoczesnymi metodami obrazowania wykorzystywanymi w diagnostyce, jak leczeniem.

– Przykładem terapii izotopowej jest metajodobenzyloguanidyna, znakowana izotopami promieniotwórczymi jodu, czyli jodem 131, ale też jodem 123, który jest przeznaczony do diagnostyki i ma szczególne znaczenie w badaniach onkologicznych u dzieci – wyjaśnia prof. Mikołajczak.

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

### Nowy cyklotron

Do Narodowego Centrum Badań Jądrowych dotarł już cyklotron CERAD, zaprojektowany i zbudowany przez belgijską firmę. W cyklotronie będą rozpędzane protony i cząstki alfa oraz deuterony.

*Bombardując nimi odpowiednio dobrane tarcze będzie można wytwarzać radionuklidy, takie jak  $^{89}\text{Zr}$  czy  $^{211}\text{At}$ , które do tej pory nie były otrzymywane w NCBJ i nie były powszechnie dostępne w Polsce. **DZIĘKI NOWEMU URZĄDZENIU BĘDZIE MOŻNA PROWADZIĆ BADANIA NAD NOWYMI RADIOFARMACEUTYKAMI,** w szczególności takimi, które zostaną specjalnie zaprojektowane pod potrzeby konkretnego pacjenta.*

– Jesteśmy w budynku, w którym już jest instalowany cyklotron: urządzenie do przyspieszania cząstek

## *Nauka dla rozwoju medycyny*



Fot. Materiały prasowe

*Umieszczanie cyklotronu CERAD w budynku laboratorium NCBJ*



## *Nauka dla rozwoju medycyny*

naładowanych. Podobnie jak neutrony w reaktorze MARIA będą one służyły do napromieniania wybranych materiałów tarczowych oraz do otrzymywania izotopów medycznych. Cyklotron pozwoli znacząco rozszerzyć zakres izotopów oferowanych medycynie nuklearnej – zaznacza prof. Mikołajczak.

Między innymi będzie możliwe wytwarzanie cyrkonu 89 ( $^{89}\text{Zr}$ ). – To izotop, który może być wykorzystywany w diagnostyce metodą PET. Ma on długi okres półtrwania, dzięki temu może być przyłączany do cząsteczek biologicznych, które po podaniu choremu potrzebują więcej czasu, by zgromadzić się w odpowiednich miejscach. Powszechnie stosowany w diagnostyce PET izotop fluor 18 ma okres półtrwania ok. 1,5 godziny, nie możemy go więc wykorzystać do przyłączania przeciwciał monoklonalnych, które są dużymi cząsteczkami i powoli cyrkulują w organizmie chorego, gdyż rozpadłby się, zanim dotarłby do miejsca przeznaczenia. Cyrkon 89 ma okres półtrwania powyżej 70 godzin. Badanie z wykorzystaniem cyrkonu i odpowiednio do-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

branego przeciwciała pozwoli ocenić, czy pacjent skorzysta z terapii nieznakowanymi przeciwciałami – zaznacza prof. Mikołajczak.

*Pozytywna odpowiedź daje dużą nadzieję pacjentowi, że zastosowana terapia będzie u niego skuteczna. **JEŚLI ODPOWIEDŹ JEST NEGATYWNA, OZNACZA TO, ŻE TERAPIA NIE ZADZIAŁA** i trzeba dla pacjenta poszukać innej.*

### **Szansa na personalizowaną medycynę**

Badania prowadzone w NCBJ, przy współpracy z onkologami, dają nadzieję także na opracowanie nowych terapii. – Prowadzimy wiele takich prac i badań klinicznych. Koledzy m.in. zaprojektowali cząsteczkę, która bardzo dobrze gromadzi się w zmianach nowotworowych u pacjentów z rozsianymi przerzutami raka prostaty. Jesteśmy w trakcie badania klinicznego, rezul-

## *Nauka dla rozwoju medycyny*

taty są bardzo obiecujące. Myślę, że wkrótce doprowadzimy do uzyskania pozwolenia do wprowadzenia tej terapii na rynek – zaznacza prof. Mikołajczak.

Dzięki nowemu cyklotronowi w przyszłości może być więcej takich leków, które dają szansę na skuteczną, personalizowaną terapię. 

**ZOBACZ WIDEO**

PROJEKT FINANSOWANY ZE ŚRODKÓW BUDŻETU PAŃSTWA,  
PRYZNANYCH PRZEZ MINISTRA NAUKI W RAMACH  
PROGRAMU SPOŁECZNA ODPOWIEDZIALNOŚĆ NAUKI



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

