



Inżynieria biomedyczna: wyzwania i konieczność

prof. Elżbieta Krasicka-Cydzik

Zakład Bioinżynierii
Wydział Mechaniczny

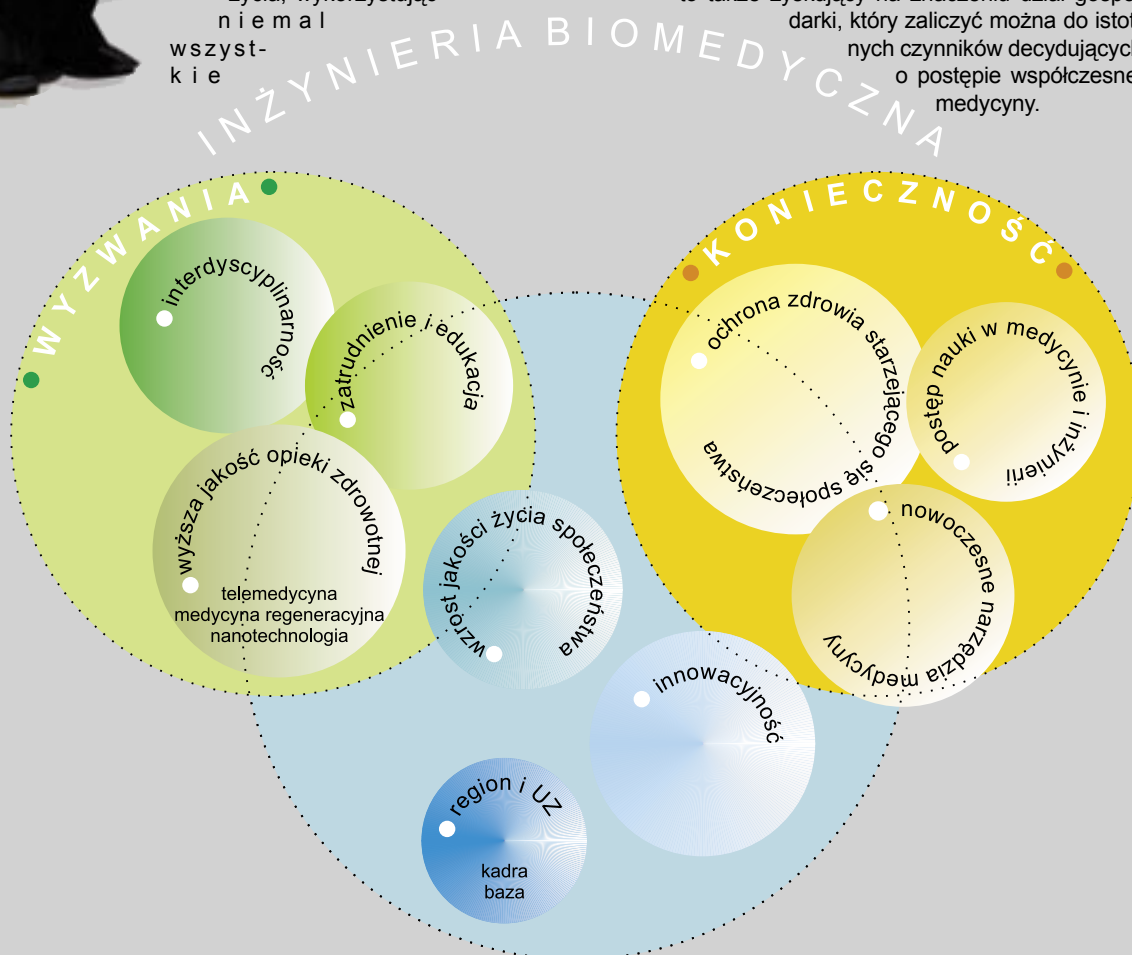
Magnificencjo Rektorze,
Wysoki Senacie,
Szanowni Państwo!

Inauguracja roku akademickiego to zaszczytna i wyjątkowa okazja do przedstawienia Państwu inżynierii biomedycznej, jednej z najnowocześniejszych, interdyscyplinarnych dziedzin nauki i technologii. Jej podstawowym przesłaniem jest działanie „Dla dobra pacjenta” i w tej roli coraz efektywniej przyczynia się do ratowania ludzkiego życia, wykorzystując

n i e m a l
w s z y s t -
k i e

klasyczne dyscypliny inżynierskie w rozwiązywaniu problemów medycznych. Nic więc dziwnego, że zakres oraz perspektywy inżynierii biomedycznej wzbudzają wielkie oczekiwania społeczne. Przybliżając Państwu inżynierię biomedyczną, chciałabym przedstawić wyzwania, jakim trzeba sprostać w zaspokajaniu tych potrzeb, ale także przekonać, jak bardzo podjęcie tych wyzwań staje się obecnie koniecznością na świecie, a więc i w naszym regionie.

Inżynieria biomedyczna to kierunek studiów zgodny z najnowszymi trendami czołowych uczelni na świecie, proponujący wiedzę z zakresu informatyki, elektroniki, automatyki i robotyki, mechaniki, inżynierii biomateriałów oraz podstaw nauk medycznych. Inżynieria biomedyczna to także zyskujący na znaczeniu dział gospodarki, który zaliczyć można do istotnych czynników decydujących o postępie współczesnej medycyny.



Obecny rok akademicki jest drugim z kolei od momentu powołania w 2007 r. Międzywydziałowego Kierunku Inżynieria Biomedyczna przez 3 wydziały Uniwersytetu Zielonogórskiego: Mechaniczny, Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji oraz Nauk Biologicznych. W przedsięwzięciu tym wspomagają nas także Szpital Wojewódzki w Zielonej Górze oraz firmy np. LfC sp. z o.o. Powołując kierunek opierano się na tradycji kształcenia w dziedzinie techniki biomedycznej na Politechnice Zielonogórskiej oraz na aktualnej znaczącej pozycji naukowej ośrodka zielonogórskiego w zakresie informatyki, automatyki oraz inżynierii tkankowej i biomateriałów. Wyzwaniem naszych czasów jest potrzeba budowania społeczeństwa opartego na wiedzy. Wykład ten będzie traktował o wyzwaniach stojących przed inżynierią biomedyczną, a wśród nich o takich zadaniach, którym musimy podołać, aby sprostać konkurencji. Za najważniejsze z nich uznaję potrzebę rozwijania interdyscyplinarnego charakteru tej dziedziny oraz problemy zatrudnienia i edukacji absolwentów. Niemniej istotnym, a z punktu widzenia społecznego ważniejszym jest zapewnienie wyższej jakości opieki zdrowotnej poprzez wdrożenie telemedycyny i medycyny regeneracyjnej do praktyki leczniczej.

Za konieczność uważam ochronę zdrowia starzejącego się społeczeństwa oraz potrzebę nadążania za postępem nauki, zarówno w medycynie, jak i w inżynierii, a także umiejętność szybkiego wdrażania nowoczesnych narzędzi medycyny w leczeniu. Wyzwaniem, a równocześnie koniecznością związaną bezpośrednio z inżynierią biomedyczną, są w moim rozumieniu wzrost jakości życia społeczeństwa oraz obowiązek efektywnego wdrożenia programu innowacji dla korzyści uniwersytetu i regionu.

1. Interdyscyplinarność

Troska o zachowanie i rozwój interdyscyplinarnego charakteru tej dziedziny to najważniejsze wyzwanie inżynierii biomedycznej wynikające z jej podstawowego przesłania, jakim jest działanie z myślą o pacjencie. W takim ujęciu inżynieria biomedyczna nie może być zbiorem informacji zaczerpniętych z medycyny i różnych dyscyplin inżynierskich, lecz funkcjonalnie powiązaną sztuką rozwiązywania problemów z pogranicza kilku dyscyplin. To właśnie było genezą posługiwania się w inżynierii biomedycznej narzędziami cybernetyki i powstania biocybernetyki. Sięgamy po nie w pracy badawczej i w poszukiwaniu rozwiązań praktycznych problemów, które nie są przedmiotem żadnej określonej dyscypliny. Na poziomie badawczym interdyscyplinarność realizuje się przez odpowiednią organizację współpracy badawczej lekarzy i inżynierów oraz syntezę wspólnych wyników badań. Wyzwaniem jest przełamywanie barier w porozumieniu przedstawicieli tak różnych dyscyplin jak medycyna i inżynieria, ale także poszukiwanie nowych płaszczyzn współpracy np. z ekonomistami lub przedstawicielami nauk społecznych. Lekarz i inżynier muszą się perfekcyjnie porozumiewać, zwłaszcza na sali operacyjnej. Z pewnością sprzyjać temu powinna akceptacja takiej potrzeby w środowiskach medycznym i inżynierskim. W dydaktyce inżynierii biomedycznej najdobitniejszym przejawem interdyscyplinarności jest podejmowanie kształcenia na tym kierunku przez większość uczelni w formie studiów międzywydziałowych i makrokierunków. Wynika to w dużej mierze z konieczności realizacji obszernego programu studiów, a także z akceptacji interdyscyplinarnego rozwiązywania problemów w środowisku akademickim.

2. Zatrudnienie i edukacja

Prognozy zapotrzebowania na specjalistów w najbliższych latach przewidują, że inżynierowie kliniczni, obok informatyków i absolwentów medycyny, będą najbardziej poszukiwaną grupą zawodową. Według ostatnich prognoz Departamentu Stanu USA zapotrzebowanie na absolwentów tego kierunku studiów do 2012 roku przewyższać będzie popyt na absolwentów innych kierunków inżynierskich. Szeroki wachlarz nabytych umiejętności z kilku dyscyplin inżynierskich zapewnia absolwentom tego kierunku dużą elastyczność na rynku pracy i perspektywę zatrudnienia nie tylko w instytucjach badawczych oraz państwowych i prywatnych placówkach leczniczych, ale także w małych firmach, także własnych. Do najważniejszych zadań, jakie współczesność stawia przed systemem edukacyjnym należy rozwinięcie u studentów przedsiębiorczości. Absolwent inżynierii biomedycznej powinien być nie tylko doskonale wykształcony w zakresie nauk podstawowych i aktualnych technologii, ale także wiedzieć, jak tę wiedzę wykorzystać w praktyce. Wyzwaniem jest nie tylko wykształcenie absolwentów o takich walorach, ale także zapewnienie im odpowiedniej liczby miejsc pracy w kraju, satysfakcji zawodowej i konkurencyjnych w skali europejskiej zarobków. Naszą troską powinno być zadbanie o odpowiedni status inżynierów klinicznych w leczeniu państwowym i prywatnym, gdyż obecne przepisy nadają inżynierom klinicznym status średniego personelu technicznego.

Problemem zatrudnienia i edukacji poświęca się sporo uwagi w środowisku związanym z inżynierią biomedyczną. Podczas Ogólnopolskiej Konferencji „Edukacja w Inżynierii Biomedycznej”, organizowanej po raz pierwszy w 2008 r. przez AGH w Krakowie, dyskutowano o problemach stosunkowo prostych do rozwiązania jak brak podręczników i materiałów dydaktycznych w języku polskim oraz potrzeba stworzenia polskiej terminologii inżynierii biomedycznej, ale także o bardziej złożonych jak np. uzgodnienie zasad kształtowania programów studiów zgodnych zarówno ze specyfiką uczelni, jak też z standardami nauczania, czy o zagadnieniach bioetyki. Inżynieria genetyczna dała ludzkości możliwość wglądu oraz ingerencji w sekrety życia. Dała też nadzieję, że informacje te mogą kiedyś zaowocować nowymi sposobami ratowania zdrowia. Możliwości te jednak stworzyły równocześnie zagrożenie dla podstawowych wartości respektowanych przez człowieka, wobec których musi wypowiedzieć się bioetyka. Dynamiczny rozwój nauk medycznych, nowoczesnej technologii, inżynierii genetycznej stanowi więc wyzwanie nie tylko dla bioetyków, ale również dla twórców prawa.

Za jedno ze znaczących wyzwań w zakresie edukacji i zatrudnienia uważam również kwestię odpowiedzialności za optymalne przygotowanie do zawodu szczególnie utalentowanych kandydatów tego kierunku studiów. Od studentów inżynierii biomedycznej oczekujemy bowiem szerokiego spektrum uzdolnień nie tylko w zakresie nauk ścisłych: matematyki, fizyki, chemii, ale również np. informatyki, biologii, a także dobrego przygotowania językowego. To ostatnie jest bardzo ważne nie tylko wobec braku podręczników w języku polskim, ale przede wszystkim z powodu szybkiego przyrostu ilości informacji i potrzebie zapewnienia jej obiegu międzynarodowego w naukach związanych z inżynierią biomedyczną. Dotyczy to także realizacji współpracy i wymiany studenckiej z uczelniami zagranicznymi. Prawidłowe pokierowanie ścieżką edukacji kandydatów na studia z inżynierii biomedycznej uznaję za szczególnie trudne, ale i fascynujące zadanie stojące przed uczelniami podejmującymi kształcenie na tym kierunku.

3. Wyższa jakość opieki zdrowotnej

Wsparcie medycyny w zapewnieniu wyższej jakości opieki zdrowotnej to kolejne ogromne wyzwanie inżynierii biomedycznej. Wszyscy oczekujemy najlepszej obsługi medycznej, a ta uzależniona jest od szybkiej diagnozy i właściwego leczenia oraz rehabilitacji. Jednakże, poza wiedzą lekarzy, na jakość usług medycznych składa się skuteczna diagnostyka i terapia, a te w coraz większym stopniu zależą dzisiaj od rozwoju technologii. Wykorzystanie nowych technik z kolei musi być ściśle zintegrowane z całym systemem opieki zdrowotnej, dostosowane do potrzeb pacjentów i oczekiwań lekarzy oraz możliwości finansowych.

Do technologii o znaczącym udziale w zapewnieniu wyższej jakości opieki zdrowotnej bez wątpienia należą między innymi modelowanie i rozpoznawanie obrazów biologicznych, robotyka chirurgiczna, biomechanika, a także diagnostyka kliniczna. Wymaga to coraz ściślejszej współpracy specjalistów z różnych dziedzin - od lekarzy, poprzez inżynierów elektroników i informatyków, po psychologów. Już teraz efekty tych wysiłków zaowocowały opracowaniem takich metod przetwarzania danych, które pozwalają wydobyć z obrazów rentgenowskich, ultrasonograficznych czy tomograficznych ogromną ilość informacji. Prowadzone są prace nad inteligentnymi systemami nadzoru nad pacjentami i osobami w podeszłym wieku, które to systemy potrafią rozpoznawać ich emocje i stan psychofizyczny. Zaawansowane techniki teleinformatyczne wykorzystywane są do wspomaganie skomplikowanych operacji mózgu, serca czy zabiegów ortopedycznych.

Poprawa jakości opieki zdrowotnej wiąże się jednak przede wszystkim z dalszym rozwojem technologii w zakresie *medycyny regeneracyjnej* oraz *telemedycyny*. W pierwszej z wymienionych dziedzin szybki rozwój biologii molekularnej, transplantologii i inżynierii tkankowej zapewnia coraz bardziej zaawansowane technologicznie implanty, a idea formowania tkanek w odpowiednio ukształtowanym biomateriale już teraz umożliwia powstanie nowych funkcjonalnych tkanek - skóry, wszczepów kostnych i prostych narządów (np. pęcherza). Niestety, badania nad wytworzeniem bardziej złożonych narządów są w dalszym ciągu na etapie prac laboratoryjnych i badań klinicznych. Zamierzenia i próby wykorzystania do tego celu komórek macierzystych, eksperymenty wytwarzania „na poczekaniu” wszczepów dopasowanych do potrzeb pacjenta, dają uzasadnioną nadzieję na dalszy postęp medycyny regeneracyjnej.

Czołową rolę w zapewnianiu wyższej jakości opieki zdrowotnej ma przede wszystkim do spełnienia telemedycyna oparta na najnowszej technologii telekomunikacyjnej i multimedialnej. Dalsza ewolucja systemów telemedycznych będzie wszakże zależała nie tylko od postępu technologii. Największym wyzwaniem staje się wpisanie usług telemedycznych w zmieniające się struktury służby zdrowia i procesy leczenia pacjentów i tutaj koniecznym wydaje się zrewidowanie dotychczasowych poglądów na rolę telemedycyny. Już nie wystarczy zastosowanie choćby najbardziej zaawansowanych narzędzi telekomunikacji oraz włączenie technik informacyjnych w proces leczenia, także „leczenia na odległość”. Telemedycyna musi stać się jednym z elementów poprawy jakości życia człowieka poprzez integrację narzędzi teleinformatycznych z samymi procesami życiowymi. W tej roli pomocną okaże się bioinformatyka, wykorzystująca narzędzia informatyczne do obrazowania procesów życiowych. Istnieją ponadto dodatkowe czynniki sprzyjające rozwojowi telemedycyny. Są nimi rachunek ekonomiczny oraz powszech-

ny dostęp do internetu lekarzy i pacjentów. Rachunek ekonomiczny potwierdzić może zmniejszenie kosztów utrzymania standardu podstawowej opieki zdrowotnej po wdrożeniu telemedycyny. Dostęp do szeroko pojmowanej informacji i kontakt internetowy z wysokiej klasy specjalistami medycznymi zmieniają w pewnym sensie relacje pacjent – lekarz, a te bez wątpienia będą miały wpływ na wzrost oczekiwań społecznych związanych z upowszechnieniem telemedycyny. Ponadto sami lekarze są jedną z najbardziej aktywnych grup zawodowych, korzystających z internetu i świadomych korzyści, jakie dają nowe technologie teleinformatyczne. Poprawa jakości opieki zdrowotnej poprzez wykorzystanie rozwiązań i narzędzi informatycznych musi się jednak wiązać także z zachowaniem standardów wymiany informacji medycznych, a zwłaszcza bezpieczeństwa danych w sieciach telemedycznych.

4. Ochrona zdrowia społeczeństwa

Wsparcie medycyny i służby zdrowia w ochronie zdrowia społeczeństwa uznaję za podstawowe i konieczne zadanie inżynierii biomedycznej. Starzenie się ludności krajów europejskich, wzrost liczby osób cierpiących na choroby przewlekłe, ekonomiczna presja na zmniejszanie kosztów leczenia przemawia za tym, że niemal z każdym rokiem będzie wzrastać zapotrzebowanie na usługi z zakresu opieki zdrowotnej i rehabilitacji.

Podejmując zadania wsparcia technicznego medycyny w zakresie ochrony zdrowia, podobnie jak służba zdrowia oczekujemy odpowiedzi na szereg istotnych pytań. Musimy w pierwszym rzędzie wiedzieć *co nas zabija*. W dalszym ciągu na czele listy chorób znajdują się choroby serca i dróg oddechowych, nowotwory, wylewy, gruźlica, grypa, cukrzyca, choroby nerek i wątroby. Rozwój inżynierii genetycznej stwarza nadzieje na możliwość skutecznej walki z nowotworami i wymianę narządów i tkanek. Przyszłość medycyny zdaje się leżeć w jeszcze większej i bardziej precyzyjnej ingerencji oraz próbach naprawiania nieprawidłowo uformowanych tkanek, bądź usuwania ich zaburzeń. Osiągnięcia genetyki umożliwiają już identyfikację predyspozycji do występowania określonych chorób oraz wprowadzenia terapii genowej, która może zrewolucjonizować leczenie. Już obecnie osiągnięcia kardiologii przyczyniają się do ratowania wielu ludzi ale postęp w technikach wykonywania operacji na otwartym sercu i zastosowanie robotów wskazują, że ma ona przed sobą także ogromną przyszłość.

Podejmując zadania wsparcia technicznego medycyny oczekujemy również odpowiedzi na pytanie *jakie czekają nas koszty*. Pełna diagnoza wymaga ustalenia: Jak będzie wyglądała nasza rzeczywistość za 3, 5, 10 lat? Które z metod medycznych zamierzamy wdrożyć w pierwszej kolejności? Jaki system ekonomiczny wybierzemy w służbie zdrowia? Inżynieria biomedyczna podejmując te zadania, podobnie jak pozostali partnerzy uczestniczący w ochronie zdrowia społeczeństwa, potrzebuje wpisania się w spójną strategię działań na tym polu.

5. Postęp nauki w medycynie i inżynierii

Gwałtowny rozwój nauk technicznych był siłą napędową postępu w naukach przyrodniczych i medycynie ostatniego stulecia. Z sentymentem wspominamy opiekę lekarza domowego, jego niezawodne mikstury oraz stetoskop, podstawowe narzędzie, którym się posługiwał. Jednakże człowiek stale dążył do udoskonalania swego warsztatu. Dziś w salach operacyjnych i na oddziałach intensywnej terapii napotykamy zupełnie inny

świat, pełen rurek i elektroniki, wśród których trudno niekiedy dostrzec pacjenta. Ta nowa rzeczywistość wymaga niezawodnej i wysoko wyspecjalizowanej kadry, utrzymującej w sprawności nowoczesne narzędzia medycyny, wspomagające dziś lekarzy na wszystkich etapach diagnozowania i leczenia.

Postęp nauki i technologii w medycynie i inżynierii jest dziś tak znaczący, że nie sposób podczas jednego wykładu wymienić choćby wszystkie osiągnięcia. Zadanie jest tym trudniejsze, że prezentuję je wobec grona moich kolegów specjalistów i przedstawicieli kadry medycznej. Proszę zatem o wyrozumiałość, że ograniczam się tylko do wybranych dziedzin, może dostrzeganych jako najbardziej spektakularne w społecznym odbiorze.

6. Nowoczesne narzędzia medycyny

Radiologia

Pojawienie się mikroskopu i rozwój optyki spowodowały, że ciało ludzkie, a także jego wnętrze przestało być tajemnicą. Zastosowanie mikroskopu w chirurgii zapoczątkowało gwałtowny rozwój technik mikrochirurgicznych i endoskopowych, pozwalających na głęboką penetrację do wnętrza narządów i tkanek oraz przeprowadzanie skomplikowanych operacji. Trudno ocenić, która metoda radiologiczna stosowana w diagnostyce obrazowej: tradycyjna rentgenografia RTG, rezonans magnetyczny MRI, ultrasonografia USG, tomografia komputerowa CT, czy termografia jest najważniejsza. Postęp, jaki dokonał się w obrazowaniu umożliwia obecnie otrzymywanie trójwymiarowych obrazów poszczególnych narządów ciała. Gdy zmusimy narządy, żeby „świeciły” w takich metodach jak scyntygrafia, nuklearny rezonans magnetyczny NMR, czy pozytonowa tomografia emisyjna połączona z tomografią komputerową PET/CT, możemy ocenić kształt, rozmiary i aktywność organów, a na tej podstawie ocenić nieprawidłowości ich funkcji. Dziś analiza komputerowa wspomaga lekarza w interpretacji złożonych obrazów, a dzięki cyfrowej rekonstrukcji obrazu radiologia konwencjonalna staje się powoli nowoczesną technologicznie metodą, w której obraz może być archiwizowany na odpowiednio pojemnym dysku, przesyłany (siecią) na różną odległość (teleradiologia) oraz poddawany obróbce (powiększenie, filtracja itd.)

Postęp w radiologii pozwolił na zastosowanie nowych metod i terapii wspomagających funkcje lecznicze w wielu działach medycyny, z których wymienię tylko wybrane przykłady z otolaryngologii, neonatologii i reumatologii. Zastosowanie coraz bardziej zaawansowanych technicznie aparatów słuchowych, wprowadzenie implantów ślimakowych czy implantów wszczepianych do pnia mózgu umożliwiło powrót pacjenta do świata dźwięków. W neonatologii stosuje się obecnie inkubatory wysokiej klasy do leczenia noworodków o masie ciała mniejszej niż 1000 g, umożliwiające nie tylko stałe monitorowanie funkcji życiowych, ale także nowe metody sztucznej wentylacji. Wprowadzenie nowych technik obrazowania

(USG, TK, MRI) umożliwiło wczesne rozpoznawanie zmian stawowych i okołostawowych.

Diagnostyka medyczna

Połączenie mikro- i nanotechnologii z technologiami informatycznymi umożliwia dalszy znaczący postęp i obniżenie kosztów diagnostyki w sektorach farmaceutycznym i medycznym, ale także w działach gospodarki związanych z żywnością, rolnictwem i ochroną środowiska. Zwłaszcza wszędzie tam gdzie wzrasta zapotrzebowanie na tanie i powszechnie dostępne testy, czyli w ochronie zdrowia, niezawodna diagnostyka posiada ogromne znaczenie. Dziedzina ta bazuje na materiałach przystosowywanych do wykrywania szerokiej gamy substancji oraz konwertowania wyniku na mierzalny sygnał elektroniczny. Jej dalszy rozwój opiera się wynalezieniu nowych technik detekcji, opracowaniu tanich metod wytwarzania bioczuJNIKÓW, ale także dopasowaniu ich do wymagań rynku. W medycynie bioczuJNIKI przydatne są jak dotąd w rekonwalescencji pourazowej i po wylewach, monitorowaniu pacjentów po dozowaniu leków i podczas treningu. Oparte na bioczuJNIKACH systemy telepomocy (tele-assistance) są także alternatywą dla dotychczasowych form opieki lekarskiej. Badania przeprowadzone na grupie pacjentów cierpiących na cukrzycę, pokazują, że dzięki możliwości wykorzystania bioczuJNIKÓW do monitorowania zdrowia pacjentów możliwe jest ich wypisywanie ze szpitala na trzy tygodnie przed planowanym terminem, a koszty hospitalizacji mogą być zmniejszone nawet o połowę. Nowe technologie diagnostyczne charakteryzują się ponadto znaczącym potencjałem komercyjnym w dynamicznie rozwijających się systemach czuJNIKÓW bezprzewodowych.

Biomateriały

Nowe czasy wymagają nowych materiałów, a przyszłość wiąże się z wykorzystaniem nanotechnologii. Do nowoczesnych środków medycyny bez wątpliwości zaliczyć można całą gamę materiałów o specjalnych właściwościach, a wśród nich np. nanomateriały nieorganiczne, czy też bioresorbowalne polimery lub ich kompozyty, stosowane między innymi nie tylko w inteligentnych czuJNIKACH molekularnych, ale także jako materiały na implanty i substytuty kostne. Jeśli zadaniem biomateriałów jest naśladowanie budowy i odtwarzanie funkcji naturalnych struktur biologicznych, to muszą one posiadać odpowiednie cechy mechaniczne, fizykochemiczne oraz wykazywać biogodność, a bardzo często także bioaktywność względem tkanek organizmu.

Prace nad wytwarzaniem i udoskonalaniem biomateriałów prowadzone są także w Uniwersytecie Zielonogórskim. Do materiałów takich należą polimery bioresorbowalne i materiały tytanowe oraz nanomateriały na bazie tlenku tytanu, którymi zajmują się zespoły badawcze Zakładu Bioinżynierii. W grupie polimerów bioresorbowalnych prowadzone są badania nad wykorzystaniem wszczepów poliuretanowych jako substytutów kostnych do uzupełniania ubytków spowodowanych utratą kości w wyniku urazu, nowotworu, zapalenia lub osteoporozy.



BIOMATERIAŁY POROWATE (Z BADAŃ WŁASNYCH AUTORKI I ZESPOŁU Z ZAKŁADU BIOINŻYNIERII UZ)

Pierwsze próby wskazały na to, że wypełnienie ubytku wszczepem polimerowym nasyconym krwią szpikową powoduje wstanie tkanki kostnej i podjęcie przez wszczep pełnych funkcji w trakcie 3 miesięcy od implantacji, niezależnie od wieku pacjenta. W zespole, którym kieruję prowadzone są też badania nad formowaniem oraz modyfikacją warstw porowatych i bioaktywnych na tytanowych materiałach implantowych. Za pomocą metod elektrochemicznych formowane są warstwy anodowe o zróżnicowanej porowatości oraz warstwy żelopodobne wyróżniające się szczególnie wysoką bioktywnością wobec składników płynów fizjologicznych i osteoblastów, co powoduje dobre połączenie implantu z tkanką kostną. Szczególną postacią „porowatości” wykazują warstwy nanostrukturalne z dwutlenku tytanu TiO_2 w postaci nanorurek. Tak się składa, że ten półprzewodnik tlenkowy (także w postaci nanocząstek, nanodrutów, oraz pokryw typu zol-żel), charakteryzuje się tak unikalnymi właściwościami, jak np. adsorpcja protein, czy stymulacja wydzielania hydroksyapatytu dzięki silnemu wiązaniu fosforanów. TiO_2 wykazuje także właściwości bakterioobójcze, a jego znakomite zdolności pochłaniania gazów, zwłaszcza wodoru, wskazują na możliwość efektywnego wykorzystania w ogniach paliwowych i bioogniwach.

W Zakładzie Bioinżynierii nanorurki tlenkowe formujemy metodami pozwalającymi kontrolować ich średnicę, długość oraz modyfikować właściwości fizykochemiczne np. przewodzenie elektryczności. Już teraz jesteśmy przygotowani do stosowania ich w charakterze aktywnych pokryć implantów chirurgicznych, a w najbliższych planach zmierzamy do funkcjonalizacji nanorurek, a następnie do ich wykorzystania jako platform biosensorów oraz nośników w dozowaniu leków. Nanostrukturalne warstwy TiO_2 są idealnym kandydatem do zastosowań medycznych z jeszcze innego powodu, są mianowicie biozgodne i nie wykazują negatywnych skutków oddziaływania z organizmami żywymi.

Prognozy rozwoju technologii w medycynie

Rozwój technologii w medycynie jest fascynujący, a jednak nie wszystkie dawne zapowiedzi postępu w tej dziedzinie potwierdziły się. 20 lat temu słusznie prognozowaliśmy postęp angioplastyki, metod diagnostyki medycznej i poprawę wskaźnika przeżywalności 5-letniej w chorobach nowotworowych, a także stosowanie protez stawów i sztucznej skóry. Niestety nie spełniły się oczekiwania dotyczące sztucznego serca, zmniejszenia liczby by-pasów, postępu w leczeniu nowotworów płuc, mózgu i trzustki. Mimo znacznego zaawansowania prac inteligentne systemy dozowania leków i prace nad sztucznymi organami znajdują się wciąż jeszcze w laboratoriach.

W ostatnich latach szczególnie widoczny jest udział nowych technologii: w leczeniu chorób autoimmunologicznych, w szerszym zastosowaniu pozytonowej tomografii emisyjnej do badań metabolizmu in vivo, w leczeniu cukrzycy za pomocą wszczepialnego sensora glukozy i zastosowaniu telemedycyny w opiece diabetologicznej oraz w rozwoju technik badania struktury i funkcji genów.

W perspektywie 5 lat oczekujemy dalszego postępu metod inteligentnej diagnostyki z wykorzystaniem biocząjników i dozowania leków za pomocą nanomateriałów. Sądzymy, że w tym samym okresie nastąpi rozwój technologii sztucznych narządów, a także wzrostu tkank w medycynie regeneracyjnej. Takim osiągnięciem było stworzenie sztucznej nerki, co stało się bodźcem do poszukiwania również skutecznych metod zastępowania

czynności innych niewydolnych narządów sztucznymi aparatami oraz organami, np. sztucznym pęcherzem, czy jak ostatnio doniesiono pęcherzem wyhodowanym z komórek pacjenta. W najbliższych latach należy się spodziewać rozwoju chirurgii wirtualnej, czyli obrazu tworzonego przez komputer, zastępującego bezpośredni widok pola operacyjnego, i telechirurgii, czyli wymiany na odległość informacji medycznej, w tym głosu, obrazu, danych medycznych lub poleceń dla "robota chirurgicznego". Powinniśmy także obserwować wytwarzanie robotów, nie tylko zastępujących narzędzia, ale także zdolnych do podjęcia prostych zadań chirurgicznych wewnątrz ciała ludzkiego.

W ciągu 10-15 lat nadzieje wiążemy z zastosowaniem leków pokonujących barierę krew/mózg (np. choroba Alzheimera), transplantacją inteligentnych implantów i organów oraz doбором leków indywidualnych. Liczymy też na skrócenie czasu od wynalezienia nowej metody do wdrożenia zweryfikowanego klinicznie sposobu leczenia z 8-10 lat do 4-5.

7. Wzrost jakości życia społeczeństwa

Wokół problemów wzrostu komfortu życia, a więc przede wszystkim poprawy zdrowotności koncentrują się strategiczne kierunki działania w zakresie inżynierii biomedycznej. Jej interdyscyplinarny charakter oraz potrzeba wdrożenia osiągnięć do rozwiązywania palących problemów medycznych wymusza już teraz zmianę mentalności środowiska naukowego. Zmiana ta polega na zrozumieniu konieczności prowadzenia prac badawczych nastawionych na wykorzystanie ich wyników w praktyce medycznej i gospodarczej. Takie podejście przejawiające się wzrostem nakładów w placówkach badawczych oraz w firmach R&D na badania związane ze zdrowiem generuje wzrost aktywności gospodarczej w sektorze opieki zdrowotnej, a także całej gospodarczej.

8. Innowacyjność

Nie można osiągnąć wzrostu aktywności gospodarczej bez działań innowacyjnych. Są tego świadomi absolwenci posiadający wiedzę i określone umiejętności, zdolni do ich dalszego rozwijania się, ale także ludzie otwarci, przedsiębiorczy i kreatywni. Z tych względów uczelnie przez realizację programu innowacji i właściwą, otwartą postawę kadry powinny potwierdzać zdolność do kreowania rozwoju w otoczeniu.

Wcześniej poprawę jakości życia znaczących ilościowo grup społecznych można było osiągać angażując wysokie nakłady inwestycyjne na rozwój niezbędnej infrastruktury i dodatkowe koszty zatrudnienia kadry. Obecnie nie wystarczy tylko zwiększanie nakładów. Potrzeba ludzi przelamujących bariery i otoczenia, w którym ceni się ludzi kreatywnych i odważnych, postępujących w sposób nowatorski i wymyślających rzeczy niezwykłe. Uczelnie muszą otworzyć się na ścisły kontakt ze światem zewnętrznym, czyli społeczeństwem i gospodarką, co oznacza przede wszystkim transfer osiągnięć ze sfery badań naukowych do sfery produkcyjnej i wdrożenie wyników badań naukowych w gospodarce. Oznacza to także podjęcie działań typu spin-off przy wsparciu regionalnym i strukturalnym z funduszu „innowacyjna gospodarka”. Z racji swego interdyscyplinarnego charakteru, integrując wysiłki wielu dziedzin, inżynieria biomedyczna stwarza wyjątkową szansę wdrożenia programu innowacji w takich dziedzinach gospodarki jak: farmacja, biotechnologia, materiały zaawansowane, nanotechnologia, elektronika mikro- i nanosystemów, mechatronika, użytkowe techniki cyfrowe oraz robotyka.

Niestety, Polska nie należy do krajów wiodących w zakresie innowacyjności. Ciągłe jeszcze jesteśmy w grupie krajów, w których napotyka się dużo barier we wdrażaniu innowacji. Jeśli zaprezentować wielkość nakładów za pomocą kuli na wykresie wskazującym liczbę naukowców na milion mieszkańców, to nasz kraj wyobraża mała kulka lokująca się w początkach układu współrzędnych. Gdy ten trend utrzyma się, wtedy mamy szansę osiągnąć poziom innowacyjności np. Węgier lub Słowenii za 50 lat.

9. Wyzwania i konieczność rozwoju inżynierii biomedycznej w regionie i uczelni

Wprowadzenie regionu w obszar technologii dla zdrowia przestaje być romantycznym *wyzwaniem*, a staje się prozaiczną *koniecznością*. Tylko koordynacja działań na szczeblu regionalnym w sprawnym otoczeniu biznesowym, a także zorganizowanie spójnego systemu edukacji i badań może zapewnić rzeczywiste wsparcie dla tych kierunków studiów i dziedzin przedsiębiorczości, które już stanowią jego wizytówkę i są ważne dla rozwoju regionu. Po upadku przemysłu wizytówką regionu, znaną z osiągnięć w skali nie tylko krajowej, ale i światowej, jest informatyka i właśnie inżynieria medyczna. Dalszy rozwój tych dziedzin musi wiązać się z dalszą konsolidacją zespołów badawczych, a także powiązaniem kierunków studiów i badań oraz dziedzin przedsiębiorczości wokół wiodących projektów związanych ze zdrowiem. Badania w zakresie inżynierii biomedycznej uznano za jeden z priorytetowych kierunków rozwoju nauki w Polsce w kolejnym pięcioleciu. Inżynieria biomedyczna jest jednak nie tylko jedną z najdynamiczniej rozwijających się dziedzin nauki, ale także siłą napędową działań gospodarczych w Europie i świecie. Ten rozwój to zarówno *wyzwanie jak i konieczność*. To samorządy powinny formułować tego typu *wyzwania* pod adresem działających w regionie uczelni i otoczenia biznesowego. Nam wszystkim potrzebne jest zaangażowanie polityków w realizację regionalnej polityki innowacyjnej z udziałem „biznesu” i wykorzystaniem funduszy do finansowania fazy załączkowej projektów. Pozostaje tylko otwarte pytanie dotyczące planowanej struktury wydatków w Lubuskim Regionalnym Programie Operacyjnym, w którym na kolejną drogę w latach 2007-2013, przeznaczają się dwa razy więcej środków niż łącznie na edukację i ochronę zdrowia. Choć wszyscy uznajemy potrzebę wsparcia infrastruktury drogowej regionu, wątpliwość może budzić aprobata dla tak niskich, planowanych wydatków na zdrowie, naukę oraz innowacje w regionie. Lata 2007-2013 są wyjątkowym i długo oczekiwany okresem, w którym może nastąpić przełom w unowocześnianiu naszego regionu. Podczas ostatnich kilkunastu lat w Europie obserwowaliśmy jak inne kraje potrafiły wykorzystać otwarte przed nimi możliwości. Były wśród nich Irlandia i Finlandia, które postawiły na rozwój wiedzy, nowoczesnych technologii, na kształcenie na najwyższym poziomie i takie, które dokonały konsumpcji środków na zaspokojenie potrzeb bieżących

lub zużyły środki na budowę obiektów nie generujących dynamicznego rozwoju regionu. Oba wcześniej wymienione kraje obecnie należą do najszybciej rozwijających się krajów. Słowa te kieruję przede wszystkim do władz samorządowych naszego województwa, wskazując na potrzeby naszego uniwersytetu, który jest największą uczelnią regionu, a przy wsparciu regionalnym może stanowić wiodące centrum naukowe zachodniej Polski.

Dobrym przykładem realizacji przez naszą uczelnię funkcji dydaktycznych w tym zakresie jest rozwój kierunków inżynierskich (automatyka i robotyka, inżynieria bezpieczeństwa), jak również powołanie kierunku międzywydziałowego (inżynieria biomedyczna). Powstały 2 lata temu Międzywydziałowy Kierunek Inżynieria Biomedyczna to szansa dalszego rozwoju naszego uniwersytetu. Oparty na tradycji kształcenia w technice medycznej w latach 1987-96, o uznanych w kraju osiągnięciach obecnego dziś wśród nas prof. Kazimierza Bącala, posiadający obecnie na 3 wydziałach kadre 8 profesorów oraz 10 adiunktów z kierunkowym dorobkiem w zakresie systemów informatycznych w medycynie, aparatury pomiarowej i bezprzewodowych sieci sensorowych, a także inżynierii tkankowej oraz biomateriałów, kształci aktualnie 60 studentów studiów stacjonarnych. Spadek liczby studentów na kierunkach ścisłych (matematycznych, technicznych i przyrodniczych) powoduje zmniejszanie się liczby specjalistów w zakresie nowoczesnych technologii, a tym samym ograniczone możliwości rozwoju dziedzin decydujących o konkurencyjności gospodarki oraz atrakcyjności inwestycyjnej kraju. Dlatego też dobrze się stało, że inżynieria biomedyczna należy do grupy kierunków zamawianych wspieranych przez nasze ministerstwo. Za szczególnie ważny w obecnej sytuacji społecznej w Polsce uważam fakt, że uniwersytet nasz stanowi hamulec odpływu młodych ludzi poza województwo, dając możliwość podjęcia studiów na miejscu. Według danych z ostatniego roku niemal 65 % studiujących pochodzi z regionu lubuskiego.

Życie stawia przed nami wyzwania, które bardzo często odrzucamy ceniąc wygodę. Utrzymanie takiej postawy jest jednak niemożliwe we współczesnym świecie. Z reguły okazuje się koniecznym zajęcie stanowiska wobec nowych wyzwań i wyjścia im naprzeciw, nawet kosztem własnego czasu. Nowe możliwości samorealizacji, ciekawość świata i pragnienie jego lepszego zrozumienia, korzyści płynące z praktycznego wykorzystania nabytych umiejętności i satysfakcja z pełnienia przydatnego społecznie zawodu, otwierają przed człowiekiem nowe pokłady energii, które nakazują mu wyzwania te podjąć.

Sądzę, że tytuł mojego wykładu broni się sam. Inżynieria biomedyczna to wyzwania, ale także i konieczność. Dla zespołów badawczych Uniwersytetu Zielonogórskiego, ale także i dla regionu. Kierunek teraz wyznaczany oceniamy już my sami i obecne pokolenia. W zależności jak w najbliższej przyszłości wykorzystamy dany nam czas, nazwiemy go czasem straconym, albo czasem budowy inteligentnego społeczeństwa.

Wykład pragnę dedykować prof. Ryszardowi Tadeusiewiczowi, doktorowi honoris causa Uniwersytetu Zielonogórskiego, inżynierowi i lekarzowi, współtwórcy i wielkiemu przyjacielowi inżynierii biomedycznej.

Składam serdeczne podziękowanie JM Rektorowi Uniwersytetu Zielonogórskiego prof. Czesławowi Osękowskiemu za ogromną życzliwość i niezawodne wsparcie kierunku w jego trudnych pionierskich chwilach.

Dziękuję bardzo także współinicjatorowi kierunku prof. Wiesławowi Miczulskiemu oraz dyr. Szpitala Wojewódzkiego w Zielonej Górze Panu mgr. Waldemarowi Taborskiemu za wspieranie wspólnych inicjatyw i owocną współpracę przy realizacji kierunku.

Elżbieta Krasicka-Cydzik