



# Dlaczego roboty SĄ MEDYCZNE, a Robina drogi KRYTYCZNE

Polska po dołączeniu do Unii Europejskiej w 2004 r., mając kompetentne kadry medyczne oraz innowacyjnych naukowców, zyskała szansę na znaczący rozwój w sektorze medycznym. Czy ją wykorzystaliśmy?

## ZBIGNIEW NAWRAT

Przy odrobinie dobrej woli decydentów bylibyśmy dzisiaj w czołówce krajów posiadających własny przemysł robotów chirurgicznych. Przykładem ambicji i potencjału krajowych naukowców był projekt polskiego robota Robin Heart, realizowany w Fundacji Rozwoju Kardiologii w Zabrze. Mimo obiecującego początku i rozwoju prototypu o funkcjonalnościach zbliżonych do systemu da Vinci projekt ten napotkał na trudności finansowe i regulacyjne.

Od 2000 r. do tej pory na robota Robin Heart wydaliśmy 5 mln zł, czyli jedną trzecią ceny robota da Vinci. Byłem dumny, mogąc w 2001 r. odpowiedzieć na apel UE o tworzenie robotów w Europie: „Tak, my w Polsce już mamy pomysł i zrealizujemy go”.

Pierwszy grant, który otrzymaliśmy od KBN, wynosił ponad 900 tys. zł. Przez trzy lata udało nam się stworzyć trzy modele, z których jeden był pełnoprawnym robotem, porównywalnym z da Vinci. Niestety,

z biegiem czasu coraz trudniej było pozyskać dodatkowe fundusze. Dużym utrudnieniem stało się wprowadzenie zasady, że każdy projekt wdrożeniowy musi mieć partnera przemysłowego. To właściwie oznaczało koniec naszego programu, ponieważ w Polsce nikt nie produkował robotów. W 2009 r., kiedy miałem prototyp z siedmioma stopniami swobody i pierwsze eksperymenty udawały jego skuteczność, w Cambridge dwóch ludzi miało drewniany model i założyło start-up. Potem pozyskali miliard euro i do dzisiaj sprzedali 100 maszyn, które wykonały tysiące operacji.

### Robin Heart – cdn.?

Roboty Robin Heart 10 lat temu były w awangardzie, miały potencjał wdrożeniowy (zarówno innowacyjny zespół, jak i rozwiązania na poziomie funkcjonalnym). Dzisiaj na rynku robotów medycznych zrobił się tłok. Oprócz da Vinci i Versiusa są roboty chiński, japoński, niemiecki. Koreański Hyundai kupił Boston Dynamics i niebawem przedstawi swoją ofertę, jest Medtronic z robotem Hugo. To firmy zatrudniające tysiące inżynierów robotyków oraz mające doświadczenie w wielu obszarach inżynieryjnych i produkcyjnych.

Obecnie skupiamy się nad robotem do operacji na odległość wykorzystującym AI do zwiększenia bezpieczeństwa, nawet przy znacznym opóźnieniu w transmisji sygnału. Krok po kroku rozszerzamy zakres jego autonomii. Pracujemy nad udoskonaleniem systemów obrazowania i czujników zmysłowych, które przekazują operatorowi informacje, na przykład z urządzenia USG lub poprzez sprzężenie siłowe. AI można rozwijać... za darmo.

### Roboty, czyli praca

Przykłady innych krajów pokazują, że z inwestycji w nowoczesne technologie mogą odnieść znaczące korzyści pacjenci, sektor medyczny i gospodarka. Rozwój robotyki nie ogranicza się bowiem do chirurgii, ale może wspierać pracę personelu również w innych obszarach, zwiększając efektywność i poprawiając jakość opieki zdrowotnej. Zastosowanie sztucznej inteligencji w robotach daje nowe możliwości w zakresie autonomii i precyzji zabiegów, co jest kluczowe w kontekście przyszłości medycyny.

W krajach należących do Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) obserwuje się rosnące zatrudnienie w opiece zdrowotnej i społecznej. Nawet w USA większość osób pracuje już w usługach medycznych. W niektórych państwach, takich jak Szwecja i Holandia, w tym sektorze jest ponad 15 proc. wszystkich miejsc pracy, a w Norwegii – 20 proc.

Należymy do krajów, w których przez ostatnie niemal dwadzieścia lat nie było znaczących zmian w zatrudnieniu w dziedzinie zdrowia i wsparcia społecznego. Zaledwie 6 proc. pracujących jest związanych z tą branżą. Dlatego Polska jest świetnym terenem do eks-

pansji robotów. Bez AI i robotów nie damy sobie rady. Robotyzacja – ta w przemyśle i usługach – generalnie „zwalnia ręce”, udostępnia kadry medycznie.

Dlaczego roboty są kluczowe w chirurgii w Polsce? Ponieważ brakuje młodych chirurgów. Jeśli nie poprawią się warunki pracy i płace, ten problem będzie narastać. Chirurgowie wykonują niesłychanie wymagającą pracę i zasługują na najlepsze dostępne narzędzia, które ułatwiają im przeprowadzanie zabiegów. Praca z robotami chirurgicznymi dostarcza im także dodatkowej satysfakcji w porównaniu z tradycyjnymi metodami chirurgicznymi czy laparoskopią. Mam ogromny szacunek i podziw dla polskich chirurgów, którzy nieustannie dążą do poznawania nowych technologii, doskonalenia swoich umiejętności i niesienia pomocy pacjentom.

### Dlaczego roboty są medyczne?

Bo są tworzone na kształt człowieka – jego funkcji. W związku z tym, jeśli potrzebujemy pomocy, zamiast prosić o nią drugiego człowieka możemy skorzystać z robota, jeśli chcemy. A kiedy chcemy? Na przykład, gdy trzeba zrobić tysiące zdjęć rentgenowskich i potem poskładać je w trójwymiarowy model. Pracę musiałoby wykonać tysiąc fotografów, a następnie drugie tyle osób robić obliczenia i... generalnie bez sensu. Nauka z tego płynie taka, że jeśli potrafimy zrozumieć proces, poznamy zasady, np. liczenia, to możemy oddać to zadanie do wykonania mechanizmom, urządzeniom. One zrobią to lepiej, szybciej i bezpieczniej niż my. Czy tak można z medycyną? Medycyna nie jest nauką, jak matematyka czy fizyka. Medycyna wykorzystuje naukę, a w szczególności urządzenia diagnozujące stan tkanek i pracę narządów, by spersonalizować tę wiedzę, czyli skupić na określonym pacjencie. Zawodowe umiejętności lekarzy to podejmowanie decyzji i sposób działania. Czyli ciągle jeszcze jest to sztuka. Mamy wystarczającą wiedzę, by z powodzeniem podróżować samolotem nad dżunglą, ale już przedzieranie się przez nią to umiejętność przewyższająca naszą wiedzę, możliwości algorytmów. To potrafią tylko bardzo doświadczeni podróżnicy. Dlatego dzisiaj roboty jedynie fruują. A chirurgom pomagają telemanipulatory.

### Polska chirurgia robotowa

Przełomowy był rok 2022. Wtedy nastąpił znaczny wzrost liczby operacji wykonywanych za pomocą robotów chirurgicznych (4844 zabiegi w 40 ośrodkach) oraz szpitali korzystających z tych urządzeń (o 15 placówek). Wśród nowych ośrodków znalazło się 11 szpitali publicznych i 4 prywatne [1]. W 2023 r. 43 szpitale miały certyfikowane systemy da Vinci, w tym dwa działające jako podwykonawcy. Ponad 100 polskich chirurgów i 8 chirurzek posiadało certyfikat *Intuitive Surgical* producenta robota da Vinci [2].

W 2023 r. w Polsce pracowało 15 robotów Versius, a certyfikat ich obsługi uzyskało 68 chirurgów i 81 pielęgniarek. Pierwszy taki system został zainstalowany na początku 2021 r. w łódzkim szpitalu Salve Medica. Zabiegi z jego wykorzystaniem obejmowały 130 różnych typów procedur m.in. w następujących specjalnościach: chirurgii ogólnej, torakochirurgii, chirurgii kolorektalnej, ginekologii, chirurgii górnego odcinka przewodu pokarmowego i urologii. Na świecie w tym czasie w użyciu było ponad 100 robotów tej marki, za których pomocą przeprowadzono 5 tys. zabiegów.

To chirurgia tkanek miękkich. Ale historia robotyki chirurgicznej zaczęła się w latach 80. XX w. od biopsji mózgu i ortopedii. Do dzisiaj to bardzo pożądanym dla robotyki obszar aktywności. W Polsce zainstalowano np. już pięć systemów robotyzowanej platformy nawigacyjnej stosowanej w chirurgii kręgosłupa oraz w neurochirurgii funkcjonalnej. Ponad 700 chirurgów na świecie zostało przeszkolonych w ich obsłudze, w tym około 20 lekarzy w Polsce. Na świecie wykonano ponad 80 tys. zabiegów z użyciem ExcelsiusGPS. Mamy też roboty Cori i NAVIO Smith&Nephew stosowane w ortopedii (w Ostrowii Mazowieckiej). Wiele jest robotów rehabilitacyjnych, w tym polskie Luna EGZOtech z Gliwic.

Najważniejszymi czynnikami napędzającymi rozwój rynku robotyki chirurgicznej są poprawa polityki refundacyjnej i wsparcie publiczne w finansowaniu procedur z wykorzystaniem robotów. Szacunkowa wartość rynku robotyki chirurgicznej w Polsce w 2023 r. wy-

niosła 624 mln zł, co oznacza zwiększenie o 101 proc. w porównaniu z rokiem poprzednim. Prognozy wskazują na znaczący wzrost tego rynku w latach 2023–2028 – do ponad 2,1 mld zł, czyli średnioroczny wzrost wartości (CAGR) o 28 proc. Liczba chirurgów korzystających z systemu da Vinci na świecie przekroczyła 76 tys. [2].

Refundacja przez NFZ, czyli wprowadzenie do koszyka świadczeń gwarantowanych ze specjalną kwotą za zabieg, rozpoczęła się 1 kwietnia 2022 r. od operacji prostaty. 1 sierpnia 2023 r. dodano kolejne procedury – wykorzystanie robotów w leczeniu raka endometrium oraz jelita grubego. Po podwyższeniu kwoty do ponad 30 tys. zł za zabieg okazało się, że się opłaca. Dzisiaj już większość zabiegów dotyczących prostaty jest wykonywanych z użyciem robotów, a nawet szpitalom prywatnym opłaca się pożyczać je wraz z obsługą placówkom publicznym. To wzmacnia rynek, edukację lekarzy i zwiększa dostępność dobrych usług.

Nie ma wątpliwości, że zakupy robotów obnażyły nasze słabości – brak strategii, którą zapowiadały kolejne rządy. Robot to w końcu telemanipulator, więc bez operatora jest bezwartościowy. Ośrodki szkoleniowe w każdej dziedzinie medycyny – to odpowiedzialność państwa. Nie wykorzystaliśmy atrybutów pierwszych klinicznych zastosowań robotów AESOP (zakupiony) i Zeus (pożyczony na 10 operacji sercowych) prof. Andrzeja Bochenka. Potem zmarnowaliśmy 10 lat wrocławskiego robota da Vinci, a oferta prof. Wojciecha Witkiewicza była na stole.

### Roboty są wykorzystywane w różnych dziedzinach medycyny, w tym jako:

- 1) roboty diagnostyczne, służące do nowoczesnej diagnostyki obrazowej, na przykład w technologii 3D;
- 2) roboty chirurgiczne, które poprawiają jakość i precyzję zabiegów chirurgicznych, często również redukując ich inwazyjność;
- 3) roboty opiekuńcze, które wspomagają życie osób starszych, niedoświadczonych, z ograniczeniami ruchowymi, zwiększając ich samodzielność;
- 4) roboty rehabilitacyjne, używane do terapii i rehabilitacji poprzez kontrolowany ruch narządów ruchu;
- 5) roboty ratunkowe, zdalnie lub autonomicznie stosowane w akcjach ratunkowych w różnych środowiskach i warunkach;
- 6) sztuczne narządy i zrobotyzowane elementy zastępcze, które uzupełniają funkcje niektórych narządów ciała;
- 7) bioroboty, czyli roboty naukowe imitujące ludzi lub zwierzęta, stosowane w celach poznawczych, w badaniach neurofizjologii, patologii mózgu czy samoorganizacji społecznej;
- 8) edukacyjne roboty medyczne, wykorzystywane do nauczania zawodów medycznych, takich jak lekarz.



Fot. Adobe Stock

## Innowacje

Robotyzacja chirurgii zaczęła się od cyfryzacji danych, czyli komputeryzacji. Robot to narzędzie komunikacyjne i wykonawcze zamieniające decyzje strategiczne operatora na realizację określonych ruchów i zadań. Chirurg będzie coraz mniej wirtuozem instrumentu, a coraz bardziej dyrygentem i twórcą partytury operacji. Konstruktorzy robotów zwracają uwagę na integrację narzędzi i danych, na oprogramowanie i sensorykę robotów. Ciągłe otwarte jest pytanie, czy będziemy mieli roboty specjalistyczne czy ogólne, stosowane do różnych celów. Za pomocą robota da Vinci projektowanego do operacji serca nie przeprowadza się dzisiaj wiele takich zabiegów. Jest on natomiast z powodzeniem stosowany do wielu innych – od laryngologicznych po ginekologiczne. Moim zdaniem w przyszłości będziemy mieli wyspecjalizowane roboty w konkretnej dziedzinie medycyny. To pozwoli na optymalizację kosztów i odpowiednią funkcjonalność. Skoro roboty będą wyposażone w systemy uczenia maszynowego, możliwe stanie się doskonalenie się robota wraz... z zespołem medycznym.

## Świat potrzebuje robotów

Tanich i skutecznych. To technologia, czyli ekonomiczny i doskonały sposób produkcji, pozwala na upowszechnienie nowych standardów. Nie udało się upowszechnić telefonu kablowego, ale smartfony pokonały wiele barier. Wymyśliliśmy i wdrożyliśmy cywilizację dobrobytu, w której taniej jest wyprodukować niż naprawić. Dlaczego medycyna miałaby pozostać ekskluzywna, niedostępna dla przeciętnego obywatela niezależnie od miejsca zamieszkania i statusu? Nie osiągniemy tego celu bez robotyzacji i AI.

Każdego roku na świecie przeprowadza się kilkaset milionów poważnych operacji. Pewnie tyle samo się nie przeprowadza z powodu biedy i braków kadrowych. 5 mld ludzi nie ma dostępu do bezpiecznej i przystępnej cenowo opieki chirurgicznej i anestezyjologicznej, gdy jest taka potrzeba. Robotyka medyczna jest nie tylko konsekwencją rozwoju narzędzi i technologii, lecz także kluczem do zapewnienia pomocy medycznej wszystkim potrzebującym – chorym, niepełnosprawnym, niedołączonym i starszym.

Zbigniew Nawrat, dyrektor kreatywny w Fundacji Rozwoju Kardiologii im. prof. Zbigniewa Religi, adiunkt w Zakładzie Biofizyki Wydziału Nauk Medycznych w Zabrzu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, prezydent Międzynarodowego Stowarzyszenia na rzecz Robotyki Medycznej

## Źródła

1. Chirurgia robotowa, Modern Healthcare Institute. 2023. <https://www.mzdrowie.pl/wp-content/uploads/2023/09/06-raport-roboty-2023-www-pop.pdf>.
2. Rynek robotyki chirurgicznej w Polsce 2023. Prognozy na lata 2024-2028. PMR oraz Upper Finance [https://upperfinance.pl/wp-content/uploads/2022/09/Raport\\_Rynek\\_robotyki\\_2023.pdf](https://upperfinance.pl/wp-content/uploads/2022/09/Raport_Rynek_robotyki_2023.pdf).

## Polska RobotLove

Robotyka chirurgiczna w Polsce rozpoczęła się na Śląsku na początku tego wieku.

- 2000 r.** ● Od stycznia jest wykorzystywany klinicznie pierwszy robot medyczny w Polsce. Za pomocą robota AESOP (AESOP 3000, Computer Motion) zespół Kliniki Kardiologii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach kierowanej przez prof. Andrzeja Bochenka wykonał ponad 250 operacji. Fundacja Rozwoju Kardiologii w Zabrzu rozpoczęła program Robin Heart. Kierowana pierwszym projektem sfinansowanym przez Komitet Badań Naukowych (KBN) podjął się znakomity kardiolog, entuzjasta innowacyjnych technologii medycznych prof. Zbigniew Religa. W Klinice Kardiologii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach wykonano 10 operacji na sercu, wykorzystując wypożyczonego na 3 miesiące robota Zeus.
- 2002 r.** ● Pierwsza w Polsce konferencja specjalistyczna Roboty Chirurgiczne poświęcona robotom medycznym. Zadeponowano na niej polskie modele robotów, w tym Robin Heart 0. Konferencja zmieniła następnie nazwę na Roboty Medyczne (*Medical Robots*), zwyczajowo odbywa się w grudniu w Fundacji Rozwoju Kardiologii w Zabrzu.
- 2008 r.** ● Pierwsze eksperymenty z robotem Robin Heart na zwierzętach – pęcherzyk żółciowy (2008 r.) oraz elementy operacji zastawek serca i bypasy (2009 r. Robin Heart mc<sup>2</sup>) w Centrum Medycyny Doświadczalnej SUM w Katowicach.
- 2010 r.** ● Podczas corocznej konferencji Roboty Medyczne założono Międzynarodowe Stowarzyszenie na rzecz Robotyki Medycznej w Zabrzu (*International Society for Medical Robotics*). Przeprowadzono zakończone sukcesem próby teleoperacji robotem Robin Heart (Fundacja Rozwoju Kardiologii w Zabrzu – Centrum Medycyny Doświadczalnej SUM w Katowicach). Pojawia się w Polsce pierwszy robot da Vinci. Przez pierwsze półrocze 2011 r. z asystą robota chirurdzy z Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego we Wrocławiu pod kierunkiem prof. Wojciecha Witkiewicza wykonali 36 operacji ginekologicznych, urologicznych oraz z zakresu chirurgii naczyniowej.