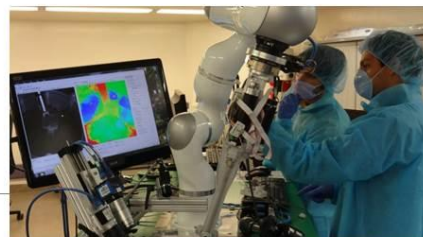


# Automatyka i robotyka w medycynie

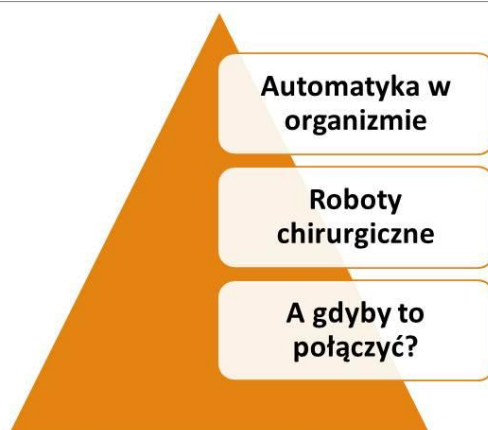
ANDRZEJ IZWORSKI

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI, INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ  
AGH, KRAKÓW



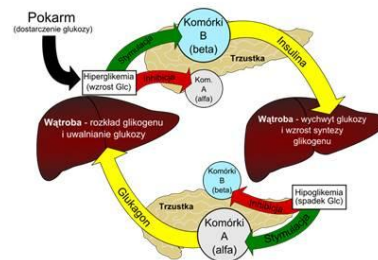
Źródło: <https://hobbyrobotyka.pl/zrobotyzowane-autonomiczne-zabiegi-chirurgiczne/>

## Automatyka i robotyka w medycynie



## Układ glukoza - insulina

- Do prawidłowego funkcjonowania potrzebujemy energii
- Czerpiemy ją głównie z węglowodanów znajdujących się w produktach zbożowych, owocach i warzywach
- W procesie trawienia węglowodany są rozkładane na cukry proste, takie jak glukoza, fruktoza i galaktoza
- Glukoza** przenika do krwi i jest rozprowadzana do poszczególnych komórek ciała, gdzie jest przetwarzana w energię
- Jednak, aby komórki mogły zużytkować glukozę jako materiał energetyczny, we krwi musi być obecna **insulina**, która aktywuje procesy prowadzące do przejścia glukozy z naczyń krwionośnych do komórek



Problem się pojawia, gdy trzustka nie produkuje wystarczająco dużo insuliny

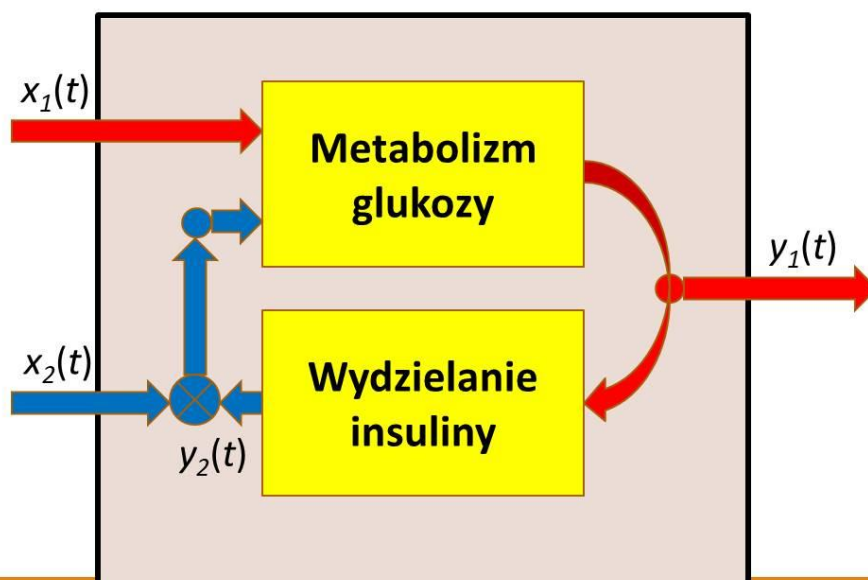
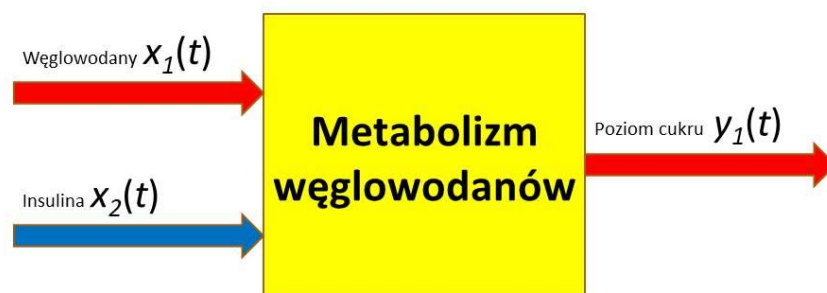
Trzeba wtedy podawać insulinę

**Pytanie: ile insuliny podawać i kiedy?**



Potrzebny jest model symulujący układ glukoza - insulina

W modelu całe ciało człowieka jest traktowane jako dwuwymiarowy na wejściu i jednowymiarowy na wyjściu model dynamiczny typu 2



## Równania modelu (1)

Stan **równowagi** w organizmie zachodzi, gdy mamy stały poziom glukozy we krwi – np. w nocy. Możemy to zapisać za pomocą następujących funkcji:

$$\text{Produkcja glukozy}(t) = \text{Utylizacja glukozy}(t)$$

lub inaczej:

$$\text{Produkcja glukozy}(t) - \text{Utylizacja glukozy}(t) = 0$$

## Równania modelu (2)

Jeśli **Produkcja** > **Utylizacja** to następuje wzrost a więc zmiana na plus ilości glukozy.

Jeśli **Produkcja** < **Utylizacja** to następuje jej spadek w czasie.

Niech aktualne stężenie glukozy w danym momencie określa nam zmienna **g**, a stężenie insuliny zmienna **i**.

Oznaczmy przez  $\Delta g$  zmianę ilościową glukozy a przez  $\Delta t$  czas, w jakim ta zmiana nastąpiła.

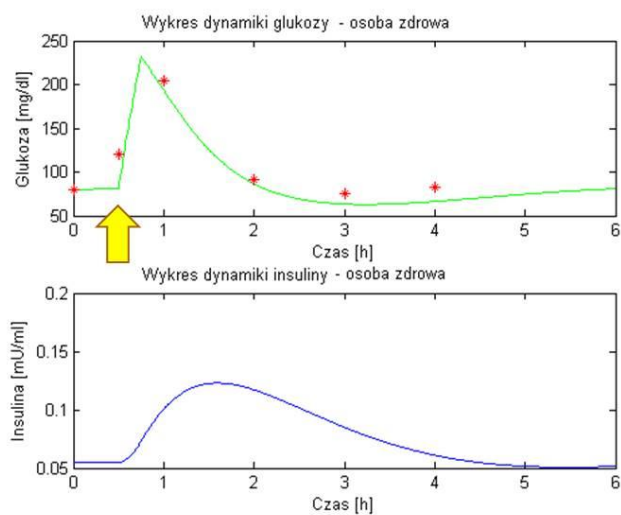
Nasze ogólne równanie zmiany ilości glukozy w czasie zapisujemy, więc następująco:

$$\frac{\Delta g}{\Delta t} = \text{Produkcja glukozy}(t) - \text{Utylizacja glukozy}(t)$$

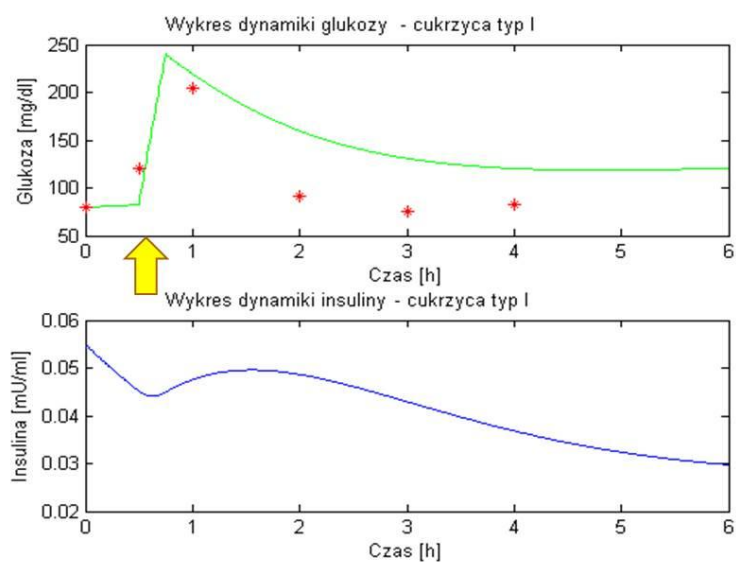
Dla insuliny zapisujemy podobnie:

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \text{Produkcja insuliny}(t) - \text{Utylizacja insuliny}(t)$$

## Wyniki symulacji modelu – osoba zdrowa



## Wyniki symulacji modelu – osoba chora typ I



CGM (continuous glucose monitoring) to inaczej ciągły pomiar glikemii, którego odczyt odbywa się w czasie rzeczywistym, bez konieczności dodatkowych działań ze strony pacjenta.

System składa się z trzech elementów – sensora, transmitera oraz czytnika.

Sensor, nazywany także czujnikiem lub elektrodą dokonuje pomiarów glikemii, transmitter (inaczej nadajnik) przesyła dane z tych pomiarów do czytnika.

W zależności od marki oraz konkretnego systemu rolę czytnika może pełnić pompa insulinowa, telefon lub odrębne urządzenie.



## Roboty w medycynie

Informacyjne



Jako środek transportu



Chirurgiczne





## Użycie robota na sali operacyjnej

**Model pełnej automatyzacji  
na wzór działania robota w  
przemyśle**

?

**Model bieżącego sterowania  
pracą robota przez chirurga**



## Korzyści

Mniejsze okaleczenie pacjenta

Mniejsze zmęczenie chirurga

Większa precyzja

Ruch wykonującej operację końcówki robota jest szybszy i pewniejszy, niż ruch chirurga

Robot potrafi wykonywać perfekcyjne szwy chirurgiczne

Użycie robota daje lepszy wgląd w pole operacyjne

Możliwość wykonywania operacji na odległość



## da Vinci Surgical System

Produkowany od roku 2000

Dane z roku 2017: 4271 egzemplarzy – 2770 w USA, 719 w Europie (6 w Polsce), 561 w Azji, 221 w pozostałych częściach świata

Agencja Oceny Technologii Medycznych wydała w 2014 roku negatywną opinię odnośnie stosowania robota da Vinci w leczeniu chirurgicznym raka gruczołu krokowego, raka jelita grubego i raka błony śluzowej macicy. W efekcie procedura nie trafiła do koszyka świadczeń gwarantowanych. Sytuacja zmieniła się w 2017.

Komercyjny koszt zabiegu w przypadku operacji prostaty to wydatek około 30 tysięcy złotych.

Chirurg wykonujący zabieg nie znajduje się bezpośrednio przy stole operacyjnym, ale steruje końcówkami robota za pomocą specjalistycznej konsoli.

Konsola robota da Vinci umożliwia wyświetlenie trójwymiarowego obrazu narządu nawet w 16-krotnym powiększeniu, co zwiększa precyzję operacji i eliminuje efekt drżenia dłoni chirurga.

Wykorzystane technologie umożliwiają osiągnięcie bardzo wysokiej precyzji cięcia – przekraczającej możliwości ludzkich rąk.

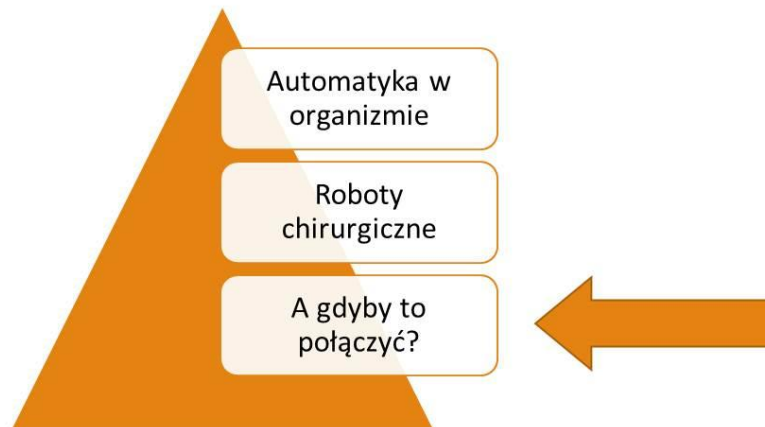
Robot składa się z czterech ramion mających bezpośredni kontakt z pacjentem. Trzy ramiona wyposażone są w narzędzie chirurgiczne, a dwa z nich odpowiadają prawej i lewej dłoni chirurga. Ruchy ramion urządzenia imitują anatomiczne ruchy nadgarstka operatora urządzenia.



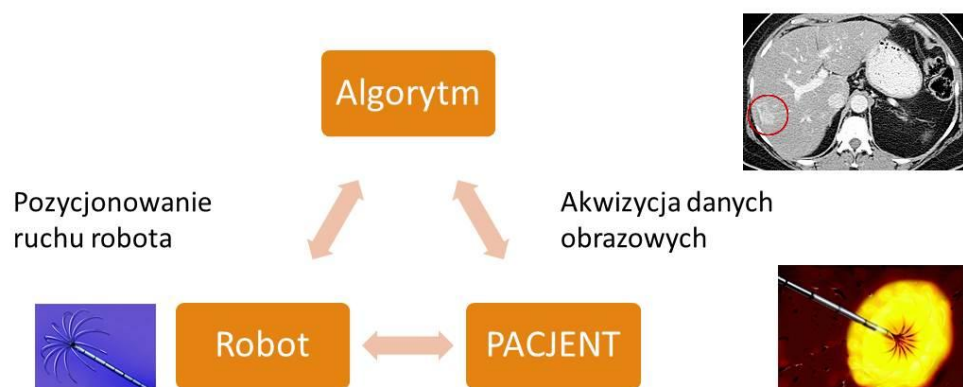
Źródło: [www.zwrotnikraka.pl/robot-da-vinci-w-polsce-zastosowanie/](http://www.zwrotnikraka.pl/robot-da-vinci-w-polsce-zastosowanie/)



## Automatyka i robotyka w medycynie



## Nadzorowana operacja



Źródło: <https://www.upmc.com/services/liver-cancer/treatments/radiofrequency/rfa-images>

**2016 - zabieg chirurgiczny  
dokonany niemal całkowicie  
autonomicznie przez robota**

**Oddział Pediatrii, Narodowe  
Centrum Medyczne,  
Waszyngton DC**

**Pacjent przeżył i wyzdrowiał**

**Pacjentem była świnia z  
problemami jelitowymi**



*Źródło: <https://hobbyrobotyka.pl/zrobotyzowane-autonomiczne-zabiegi-chirurgiczne/>*