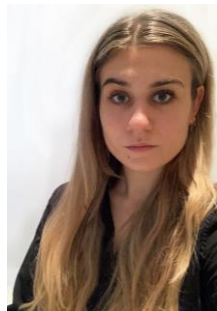


# Praca dyplomowa inżynierska

## Badanie wpływu parametrów pracy serca na prawdopodobieństwo występowania hemolizy w przecieku okołozastawkowym



**Autor: Julia Bilka**

Nr albumu: 306803

Promotor: dr inż. Krzysztof Wojtas

Rok akademicki: 2022/2023

### Wprowadzenie

Obliczeniowa Mechanika Płynów (CFD) znajduje zastosowanie w interdyscyplinarnych dziedzinach nauk, m.in. w inżynierii biomedycznej. Znajomość budowy ludzkiego organizmu oraz znajomość równań, które opisują reologię krwi, pozwalają na bardzo dokładne odwzorowanie hemodynamiki serca.

### Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu parametrów pracy serca na ryzyko wystąpienia zjawiska hemolizy w przypadku obecności okołozastawkowego przecieku mitralnego. Wyniki porównane zostaną dla 4 różnych geometrii przecieku i 5 kombinacji tętno – ciśnienie.

Zakres pracy obejmuje:

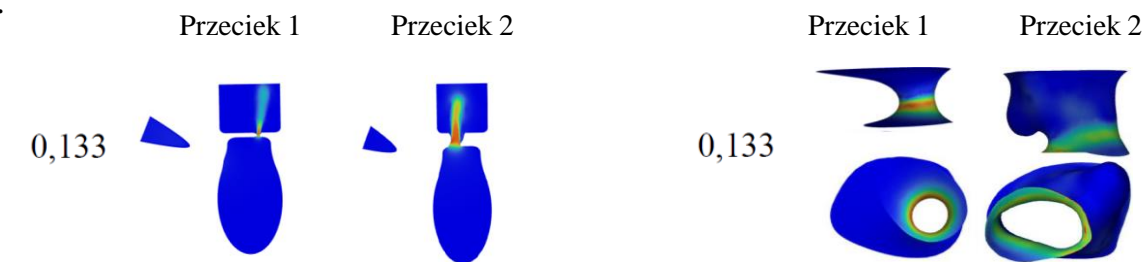
- przegląd literatury naukowej związanej z układem krwionośnym, reologią krwi, występowaniem przecieku okołozastawkowego i zjawiska hemolizy, CFD;
- opis przygotowania geometrii, siatki numerycznej oraz implementacji jej do programu umożliwiającego przeprowadzenie symulacji komputerowej;
- analizę wyników badanego problemu.

### Przeprowadzenie symulacji

W pracy przeprowadzono symulacje dla 4 geometrii przecieku mitralnego z wykorzystaniem uniwersalnej geometrii serca uwzględniając 5 kombinacji tętno-ciśnienie. Z użyciem modelu reologicznego krwi Carreau-Yasuda modelowano przepływ krwi przez zamkniętą zastawkę mitralną oraz otwartą zastawkę aortalną. Zastosowano statyczną siatkę numeryczną. Problem zaimplementowania ruchomej komory dla użytej siatki rozwiązano poprzez zdefiniowanie części powierzchni bocznej komory jako wlot i zmianę natężenia strumienia wlotowego w czasie trwania skurczu.

### Wyniki

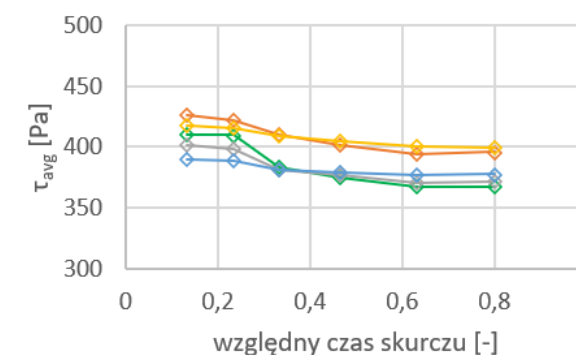
Z przeprowadzonych symulacji wynika, że geometria przecieku ma znaczący wpływ na rozkład prędkości w lewym przedsionku, jednak takiej zależności nie widać dla lewej komory oraz tętnicy głównej (Rys. 1.). Maksymalne naprężenia osiągane są w największym odcinku przecieku (Rys. 2.).



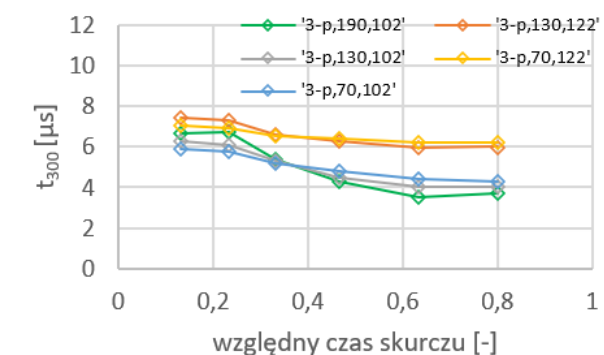
Rys. 1. Rozkład prędkości w sercu dla 2 badanych geometrii przecieków  $t_{sk\_wzg}=0,133[-]$ .

Rys. 2. Naprężenia powyżej 300Pa dla 2 badanych geometrii przecieków  $t_{sk\_wzg}=0,133[-]$ .

Wyniki symulacji pokazują, że istnieje zależność pomiędzy zmianą wartości naprężeń ścinających a zmianą tętna i ciśnienia. Oba parametry pracy serca w widoczny, ale niejednakowy sposób wpływają na wartości naprężeń. Dla wszystkich badanych geometrii 3-krotnemu wzrostowi tętna towarzyszy przyrost wartości średnich naprężeń ścinających do ok. 5%, natomiast dla wzrostu ciśnienia o 20mmHg przyrost ten sięga 7-10% (Rys. 3.). Dla wyższego tętna nie zaobserwowano w ciągu jednego systole znacząco wyższych wartości czasów ekspozycji na naprężenia, które przekraczają wartość 300Pa (Rys. 4.). Sumarycznie jednak ten czas będzie dłuższy dla trzykrotnego wzrostu tętna 2,7 razy. Przy dłuższym czasie ekspozycji destrukcja erytrocytów może występować przy mniejszych wartościach naprężeń.



Rys. 3. Średnia wartość naprężeń ścinających w płynie w obszarze, gdzie naprężenia ścinające przekraczają wartość 300Pa dla przecieku 3



Rys. 4. Czas przebywania krwi w obszarze, gdzie naprężenia ścinające przekraczają 300Pa dla przecieku 3

### Wnioski

Parametry pracy serca mają wpływ na destrukcję czerwonych krwinek, jednak geometria przecieku ma większe znaczenie. Zmiana ciśnienia bardziej wpływa na zwiększenie maksymalnych i średnich naprężeń ścinających niż podwyższenie wartości tętna. Wzrost wartości ciśnienia skutkuje zwiększeniem prędkości przepływu przez zwężenie przecieku. Im większa prędkość w rdzeniu kanału, tym większy gradient prędkości przy ścianach, a w konsekwencji większe naprężenia, które skutkują nasiloną hemolizą. Pod względem ryzyka wystąpienia zjawiska hemolizy u pacjentów z przeciekiem mitralnym, zwiększenie ciśnienia w lewej komorze serca należy uznać zatem za bardziej niebezpieczne niż wzrost tętna.