

Praca dyplomowa inżynierska

Badanie wpływu lokalizacji przecieku okołozastawkowego na prawdopodobieństwo wystąpienia hemolizy



Autor: Łukasz Sadłowski

Nr albumu: 306868

Promotor: dr inż. Krzysztof Wojtas

Rok akademicki: 2022/2023

Wprowadzenie

Obliczeniowa mechanika płynów jest interdyscyplinarną dziedziną nauki, dostarczającą narzędzia do analizy zagadnień przepływowych. Wykorzystanie jej możliwości w zagadnieniach nauk medycznych stwarza szanse nie tylko na lepsze zrozumienie oraz wizualizację zjawiska, ale także, w przyszłości, na precyzyjną diagnostykę medyczną per pacjent.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było przeprowadzenie symulacji pracy lewej części serca z występującym okołozastawkowym przeciekiem mitralnym. Ideą przeprowadzenia obliczeń numerycznych było określenie ryzyka wystąpienia hemolizy krwi dla różnych lokalizacji przecieku w uproszczonej geometrii serca.

Zakres pracy obejmuje:

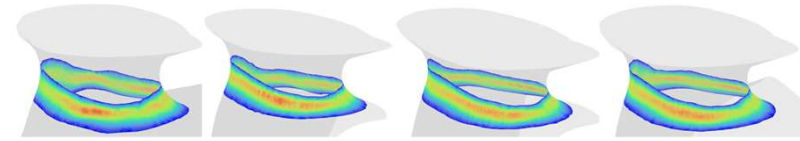
- Przegląd literatury naukowej oraz przedstawienie podstaw teoretycznych badanego problemu.
- Przygotowanie domen obliczeniowych oraz przeprowadzenie symulacji.
- Analizę wyników pod kątem przepływu krwi w lewym sercu w przecieku mitralnym oraz wpływu położenia geometrii przecieku na ryzyko wystąpienia hemolizy.

Przygotowanie geometrii

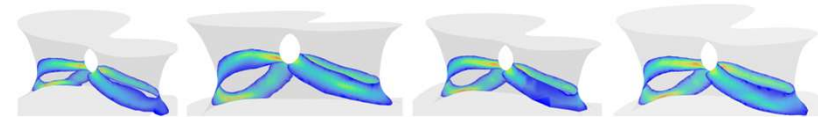
Badania przeprowadzono na dwóch geometriach przecieku okołozastawkowego. Model geometrii lewego serca zaproponowano na podstawie przeglądu literatury. Do uniwersalnej geometrii serca wklejono wycięte przecieki w 14 lokalizacjach. Na ich podstawie przygotowano statyczne siatki numeryczne. Przepływ krwi zapewniono poprzez odpowiedni profil objętościowego strumienia zadanego jako warunek brzegowy na wydzielonej części ściany komory. W obliczeniach przyjęto stałą wartość gęstości krwi, a jej lepkość opisano modelem Carreau-Yasuda.

Obliczenia numeryczne

Wyniki obliczeń wykazały istnienie naprężeń mogących powodować degenerację erytrocytów. Warunki te zaobserwowano w dolnych częściach przecieku, dla geometrii PVL-04 na całym obwodzie, a w przypadku PVL-03 na obwodach obu kanałów przy „rozwidleniu”. Przykładowe wykresy naprężeń ścinających na ściankach przecieków, przekraczające 300 Pa przedstawiono na rysunkach 1 oraz 2.

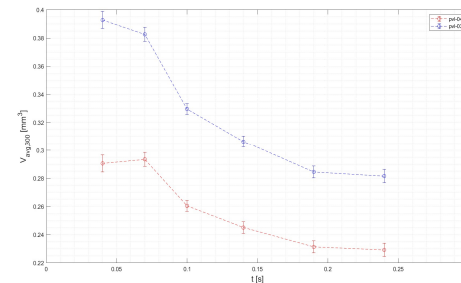


Rys. 1. Naprężenia ścinające powyżej 300 Pa dla geometrii PVL04 w 4 skrajnych lokalizacjach

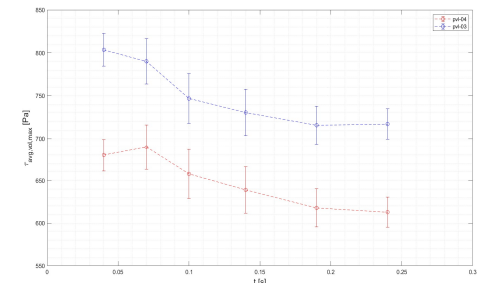


Rys. 2. Naprężenia ścinające powyżej 300 Pa dla geometrii PVL03 w 4 skrajnych lokalizacjach

Analiza danych numerycznych dla wybranych punktów czasowych ($t = 40; 70; 100; 140; 190; 240$ ms) wykazała znacznie większe różnice pomiędzy otrzymanymi wartościami parametrów dla badanych kształtów geometrii niż pomiędzy kolejnymi lokalizacjami w obrębie pojedynczej geometrii.



Rys. 3. Średnia wartość objętości, w której występują naprężenia przekraczające 300 Pa, dla badanych lokalizacji z odchyleniem standardowym



Rys. 4. Średnia wartość maksymalnych naprężeń w płynie dla badanych lokalizacji z odchyleniem standardowym

Wnioski

Otrzymane wyniki symulacji wskazują na możliwość wystąpienia zjawiska hemolizy we wszystkich badanych lokalizacjach przecieku. Zaobserwowano znacznie większy wpływ geometrii przecieku od jego lokalizacji. Uzyskane wartości wskazują na brak korelacji pomiędzy ryzykiem wystąpienia hemolizy a położeniem przecieku w geometrii serca.