

Praca dyplomowa inżynierska

Wykorzystanie obliczeniowej mechaniki płynów do modelowania przepływu krwi w lewej komorze serca

Autor: Maciej Fokt

Nr albumu: 289236

Promotor: dr inż. Krzysztof Wojtas

Rok akademicki: 2020/2021

Wprowadzenie

Modelowanie pracy lewej komory serca z występującym okołozastawkowym przeciekiem krwi (ang. PVL – *paravalvular leak*) pozwala dokładnie zbadać parametry przepływającej krwi (prędkość liniową, ciśnienie, strumień objętościowy itp.), co w połączeniu z wiedzą medyczną oraz informacjami na temat właściwości krwi, pozwala przewidzieć skutki schorzenia, a także pozytywnie wpływa na ulepszenie diagnostyki i zaplanowanie najlepszego sposobu leczenia.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest modelowanie i badanie szczególnego przypadku pracy lewej komory serca z równoczesnym występowaniem okołozastawkowego przecieku krwi. Do analizy tego zagadnienia wykorzystano obliczeniową mechanikę płynów (oprogramowanie ANSYS Fluent 2020 R1). Zakres pracy obejmuje:

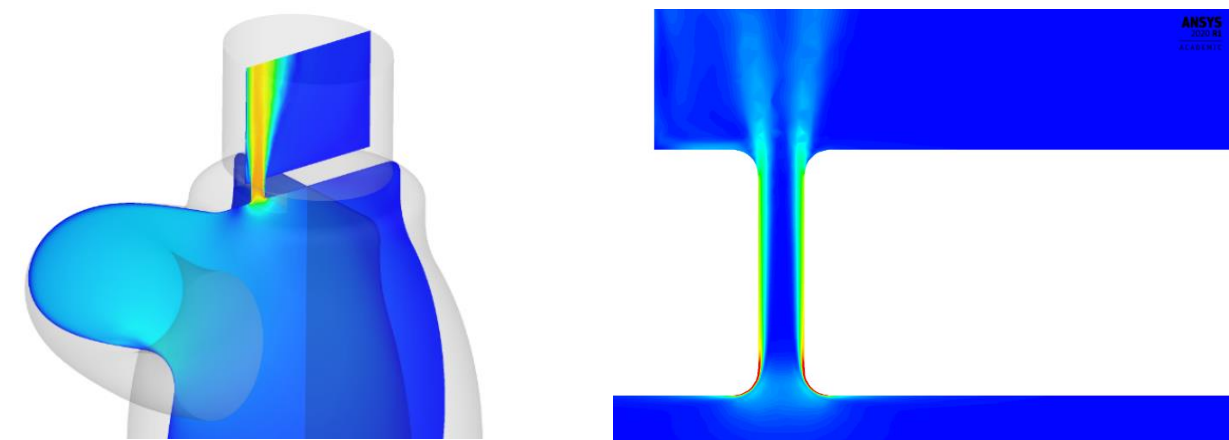
- Przegląd literatury na temat budowy i funkcji układu krwionośnego oraz obliczeniowej mechaniki płynów w inżynierii chemicznej.
- Stworzenie modelu uproszczonej geometrii lewej komory serca oraz siatki numerycznej dla wszystkich badanych wariantów okołozastawkowych przecieków krwi.
- Przeprowadzenie symulacji przepływu krwi przy zastosowaniu obliczeniowej mechaniki płynów.

Część teoretyczna

Część teoretyczna pracy składa się z ogólnego opisu budowy i zasady funkcjonowania układu krwionośnego człowieka. Szczególną uwagę zwrócono na anatomię serca – przedstawiono dokładną budowę i cykl pracy serca. Omówiono również konstrukcje sztucznych zastawek stosowanych w medycynie, a także podstawy teoretyczne na temat przepływów burzliwych oraz obliczeniowej mechaniki płynów.

Część obliczeniowa

W niniejszej obliczeniowej opisano metodykę obliczeń oraz przedstawiono wygląd i najważniejsze wymiary uproszczonej geometrii lewej komory serca oraz wszystkich analizowanych wariantów PVL, różniących się zarówno kształtem jak i wielkością. Obliczenia prowadzone były dla stanu ustalonego – każdy wariant został przeliczony dla czterech dyskretnych wartości strumienia masy krwi (0,156; 0,254; 0,339; 0,424 [kg/s]) wypływającej z lewej komory serca do aorty oraz przez PVL do lewego przedsionka serca. Następnie zaprezentowano kolejne ustawienia zastosowane w programie ANSYS.



Rys.1. Przykładowy rozkład prędkości i naprężeń ścinających w płynie.

Jako wskaźniki korelacji PVL z ryzykiem wystąpienia hemolizy wykorzystano rozkład prędkości i naprężeń ścinających (na ścianach przecieku oraz wewnątrz płynu) oraz wartości czasu przebywania w objętości z przekroczoną krytyczną wartością naprężeń ścinających (300 Pa).

Wnioski

Modelowanie numeryczne pozwoliło określić wartości naprężeń ścinających występujących na ścianach przecieku, a także tych wewnątrz płynu (krwi). We wszystkich analizowanych przypadkach naprężenia ścinające na ścianach przecieku i we krwi znacznie przekraczały wartość 300 Pa. Świadczy to o poważnym ryzyku występowania hemolizy. Wskazano również potencjalne ograniczeni zaprezentowanego uproszczonego podejścia do analizy PVL przy użyciu obliczeniowej mechaniki płynów oraz przedstawiono możliwe jego modyfikacje w celu zwiększenia dokładności i wiarygodności wyników.