

Praca dyplomowa inżynierska

Modelowanie numeryczne oraz badania doświadczalne procesu hemolizy w przepływie krwi w tętnicach.



Autor: Małgorzata Łącka

Nr albumu: 306807

Promotor: dr hab. inż. Łukasz Makowski, prof. uczelni

Opiekun pomocniczy: mgr inż. Krystian Jędrzejczak

Rok akademicki: 2022/2023

Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach wiele osób zmagają się z licznymi chorobami układu krążenia. Obliczeniowa mechanika płynów umożliwia szczegółowe badanie dynamiki przepływu, przy użyciu modelu 3D, będącego odwzorowaniem uproszczonego modelu tętnicy. Naczynia tętnicze dostarczają krew bezpośrednio do mięśnia sercowego, dlatego ich przewężenie może mieć poważne konsekwencje i doprowadzić do wystąpienia zjawiska hemolizy.

Cel i zakres pracy

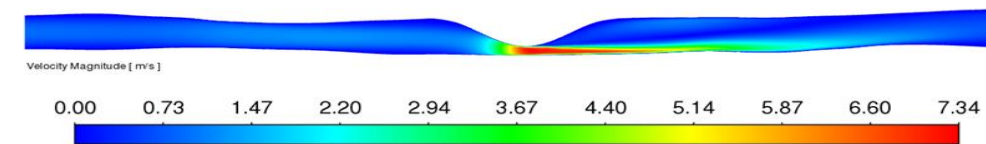
Celem pracy jest zbadanie parametrów przepływu, takich jak rozkład prędkości oraz naprężeń ścinających w geometriach tętnic naczyń krwionośnych. Część doświadczalna pracy obejmowała przeprowadzenie pomiarów prędkości przepływu dla roztworu gliceryny mającego zbliżone właściwości reologiczne do krwi. Badania wykonywano przy użyciu metody PIV (ang. Particle Image Velocimetry). W części obliczeniowej przeprowadzono symulacje przepływu krwi w programie ANSYS dla geometrii odwzorowujących rzeczywisty wygląd tętnic.

Część doświadczalna

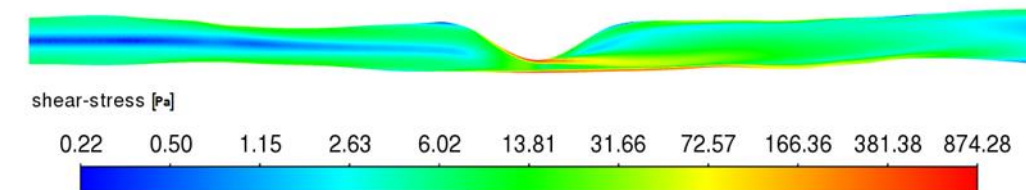
Do określenia rozkładu prędkości w wykonywanych badaniach doświadczalnych została użyta technika PIV. Jest to metoda anemometrii obrazowej, w której pole prędkości całego obszaru jest mierzone jednocześnie na podstawie rejestrowanych zdjęć. Kamera jest ustawiona prostopadle do kanału, a obszar badań jest podświetlany przez płaszczyznę światła pochodzącego z lasera. Pomiar wykonano dla trzech rurek o średnicy $d=3,9$ mm zawierających miejscowe przewężenia o różnym stopniu: 30%, 40% średnicy oraz nierównomiernie skurczone dla trzech wartości natężeń przepływu: 50, 150 oraz 300 ml/min. Wyniki przeprowadzonych pomiarów przedstawiono w postaci map konturowych rozkładu prędkości.

Część obliczeniowa

Modelowanie numeryczne zostało wykonane przy wykorzystaniu komercyjnego oprogramowania ANSYS Fluent. Do obliczeń wykorzystano trzy różne geometrie stworzone w ramach współpracy ze Śląskim Uniwersytetem Medycznym. Przedstawiono sposób tworzenia siatek numerycznych będących reprezentacją struktury geometrii. Dla uproszczonego modelu odwzorowującego prawidłowy wygląd tętnicy stworzono 5 siatek numerycznych. Następnie wybrano najbardziej optymalną i na jej podstawie przeprowadzono obliczenia dla modelu centrycznego i acentrycznego dla 10 wartości prędkości wlotowej dla trzech skal: 100%, 75% oraz 50%. Otrzymane wyniki przedstawiono w postaci wykresów konturowych rozkładów prędkości przepływu oraz naprężeń ścinających dla czterech prędkości wlotowych: 0,5 m/s, 0,35 m/s, 0,2 m/s, 0,05 m/s.



Rys 1. Wykres konturowy rozkładu prędkości przepływu dla modelu acentrycznego dla prędkości wlotowej równej 0,5 m/s dla skali 50%.



Rys 2. Wykres konturowy rozkładu naprężeń ścinających dla modelu acentrycznego dla prędkości wlotowej równej 0,5 m/s dla skali 50%.

Obliczono maksymalne wartości prędkości przepływu i występujących naprężeń ścinających. Określono również sumę objętości komórek, w których naprężenia przekroczyły wartość krytyczną.

Wnioski

Badania doświadczalne oraz modelowanie numeryczne potwierdziły, że miejscowe przewężenia średnicy naczyń tętniczych wpływają na wartości prędkości przepływu oraz naprężeń ścinających. Występujące deformacje mogą doprowadzić do znacznego wzrostu prędkości przepływu krwi oraz naprężeń ścinających. W konsekwencji przy przekroczeniu wartości krytycznej naprężenia może wystąpić zjawisko hemolizy, czyli degradacji erytrocytów.