

**MATHEMATICAL MODEL AND NUMERICAL TECHNIQUE
OF BLOOD FLOW IN THE SYSTEM OF HUMAN CORONARY
ARTERIES WITH NO GRAFT AND WITH A BYPASS GRAFT**



BURASKORN NUNTADILOK

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
(MATHEMATICS)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2012**

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Copyright by Mahidol University

MATHEMATICAL MODEL AND NUMERICAL TECHNIQUE OF BLOOD FLOW IN THE SYSTEM OF HUMAN CORONARY ARTERIES WITH NO GRAFT AND WITH A BYPASS GRAFT

BURASKORN NUNTADILOK 5136161 SCMA/D

Ph.D. (MATHEMATICS)

THESIS ADVISORY COMMITTEE : BENCHAWAN WIWATANAPATAPHEE, Ph.D., JULIAN POULTER, Ph.D., I MING TANG, Ph.D., KITTISAK CHAYANTRAKOM, Ph.D., MEECHOKE CHUEDOUNG, Ph.D.

ABSTRACT

In this research, we investigated the behavior of blood flow in the system of human coronary arteries with no graft and with a bypass graft. The three-dimensional computational domain consists of the ascending aorta, the arch of aorta, the proximal left coronary artery, the right coronary artery (RCA), and a graft. Blood is considered as an incompressible non-Newtonian fluid. The continuity equation and Navier-Stokes equations with pulsatile conditions on the boundaries, governing the motion of blood flow, are solved by using finite element method.

The numerical results show that at the stenosis region the pressure of blood drops dramatically, the shear rate tends to increase, and the velocity of blood decreases as the degree of stenosis increases. The numerical results also show that the coronary artery system with a bypass graft can improve the blood pressure along the stenosed RCA and decrease the shear rate and the blood velocity at the stenosis site.

KEY WORDS: BLOOD FLOW / BYPASS GRAFT / CORONARY ARTERY / STENOSIS / FINITE ELEMENT METHOD

117 pages

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเทคนิคเชิงตัวเลขของการไหลของเลือดในระบบหลอดเลือดหัวใจ
ของมนุษย์ที่ไม่มีการผ่าตัดหลอดเลือดหัวใจบายพาสและมีการผ่าตัด

MATHEMATICAL MODEL AND NUMERICAL TECHNIQUE OF BLOOD FLOW IN THE
SYSTEM OF HUMAN CORONARY ARTERIES WITH NO GRAFT AND WITH A BYPASS
GRAFT

บุรุษกร นันทิลก 5136161 SCMA/D

ปร.ค. (คณิตศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : เบญจวรรณ วิวัฒน์ปฐพี, Ph.D., JULIAN POULTER, Ph.D.,
I MING TANG, Ph.D., กิตติศักดิ์ ชัยนตราคม, Ph.D., มีโชค ชูดวง, Ph.D.

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ เราตรวจสอบพฤติกรรมของการไหลของเลือดในระบบของหลอดเลือด
หัวใจของมนุษย์ที่ไม่มีการผ่าตัดหลอดเลือดหัวใจบายพาสและมีการผ่าตัด โดยใช้โดเมนเชิงคำนวณ
สามมิติซึ่งประกอบด้วย หลอดเลือดแดงใหญ่ส่วนต้น, หลอดเลือดแดงใหญ่ส่วนกลาง, ส่วนต้นของ
หลอดเลือดหัวใจซ้าย, หลอดเลือดหัวใจขวา, และเส้นเลือดบายพาส โดยที่เลือดนั้นถูกกำหนดให้
เป็นของเหลวอนนิวโตเนียนแบบอัดตัวไม่ได้ (incompressible non-Newtonian fluid) สมการ
ควบคุมการไหลของเลือดคือ สมการความต่อเนื่อง (Continuity equation) และสมการนาเวียร์-
สโตกส์ (Navier-Stokes equations) ที่ใช้เงื่อนไขกวดแกว่งเป็นคาบ (pulsatile) ที่ขอบ และผลเฉลย
หาค่าตอบได้โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element Method)

ผลเฉลยเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า ในบริเวณที่หลอดเลือดที่ตีบตัน ความดันของเลือด
ลดลงอย่างเห็นได้ชัด, แรงเฉือนที่ผนังของหลอดเลือดมีแนวโน้มที่สูงขึ้น และความเร็วของเลือด
ลดลง เมื่อระดับของการตีบของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลจากการคำนวณยังแสดงให้เห็นว่า
การผ่าตัดหลอดเลือดหัวใจบายพาสสามารถปรับสภาพแรงดันเลือดในบริเวณหลอดเลือดหัวใจตีบ
ตันให้ดีขึ้นได้ และสามารถลดแรงเฉือนและความเร็วของเลือดในบริเวณที่มีการตีบตันได้อีกด้วย