

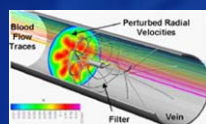
Computational Study in Cardiovascular Engineering

US-Thai Biomedical Engineering Symposium 2005

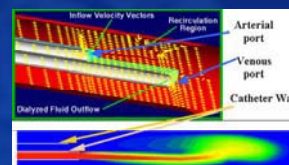
Asst. Prof. Yottana Khunatorn

Mechanical Engineering
Chiang Mai University
THAILAND

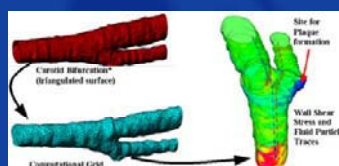
Applications of Computational in Cardiovascular



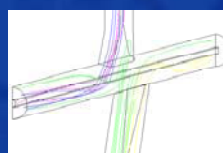
Clot Trapping



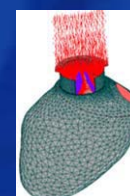
Catheter Design



Artherosclerosis Modeling

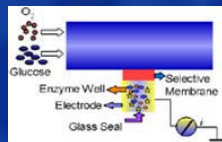


TCPC Connection

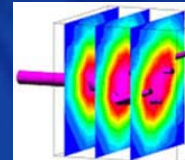


LV Simulation

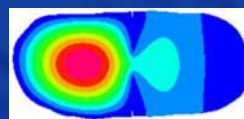
Applications of Computational in Biomedical Related Area



Glucose/Blood Gas Sensor



Drug Delivery



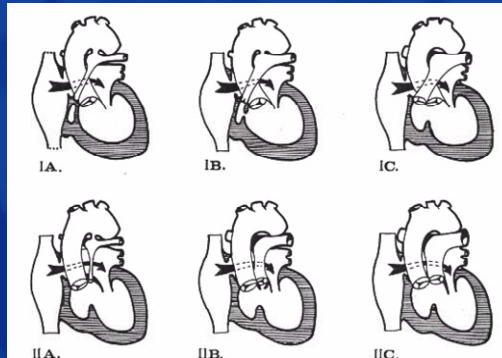
Cell Division

Example of Study Cases

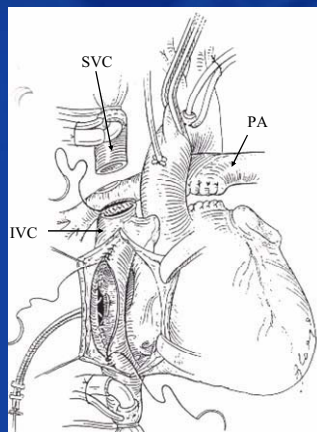
- Numerical Study of TCPC Connection
- 1-D Numerical Modeling of Blood Flow in Pulmonary Arteries
- 2-D Numerical Modeling of Oscillating Flow within a Compliant Vessel

Congenital Heart Disease

- The congenital heart disease is the most common major birth defect in live birth.
- CHD occurs in approximately 8 of 1000 live birth



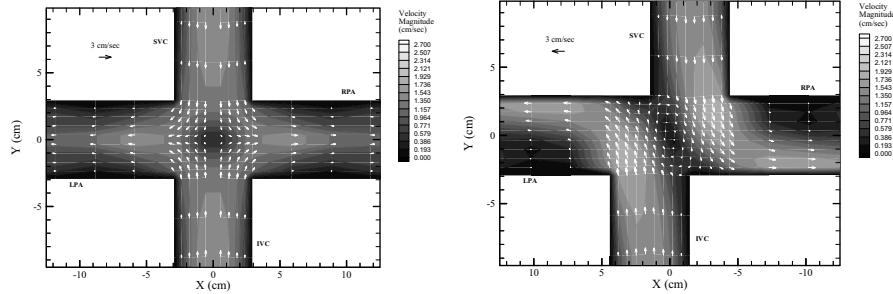
Fontan Operation



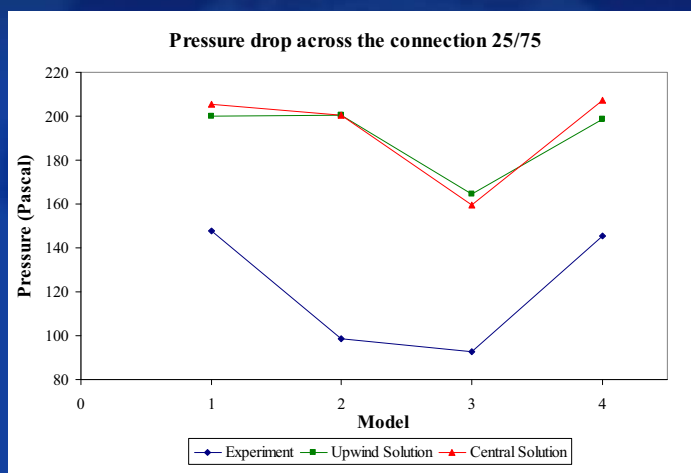
Total Cavopulmonary Connection (TCPC)

This connection bypasses both the right atrium and the right ventricle from the circulation. The atrial partition is used to divert the IVC blood to the SVC.

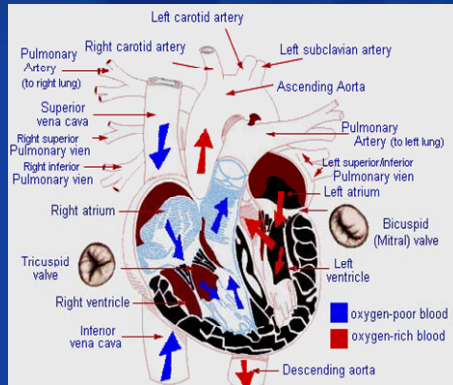
Numerical Results @ SVC:IVC = 50%:50%



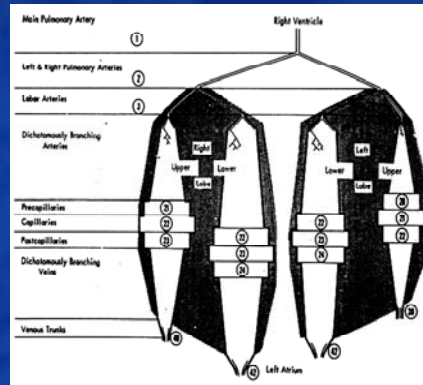
Pressure Drop Across the Connection



1-D Modeling of flow in pulmonary arteries



(http://www.acsr.ac.th/webmasters/web_3/story3.html,
March 28, 2004)



(Wiener *et al.*, 1966)

1-D Governing Equations

Conservation of Mass

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial(uS)}{\partial x} = 0$$

$S \equiv$ Cross sectional area

Momentum Equation

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u^2}{2} + \frac{p}{\rho} \right) - \bar{F} = 0$$

Transmural pressure

Friction Factor

1-D Governing Equations

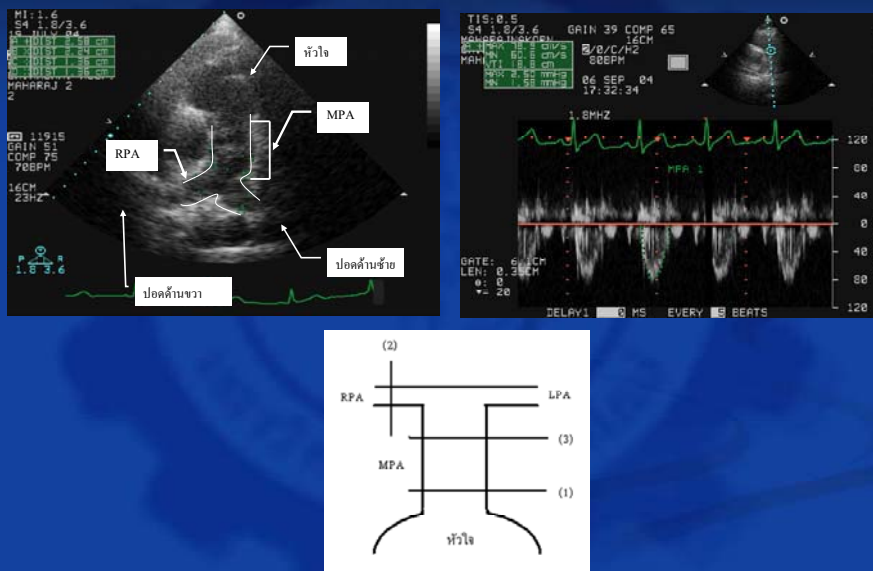
Vessel deformation

$$S = S_0 + \alpha p$$

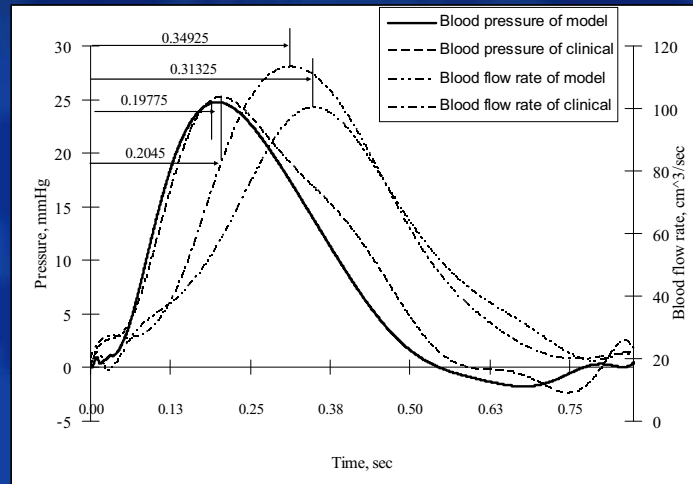
$\alpha \equiv$ compliant coefficient

The velocity, pressure, and cross sectional area are solved numerically using the Mac Cormack method

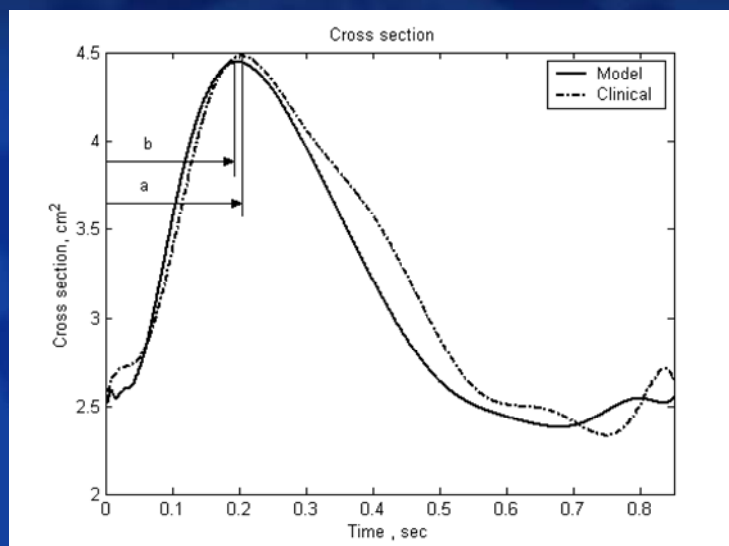
Boundary Conditions



Pressure and Blood Flow Rate



Cross-Sectional Area



2-D Modeling

1. Look into the flow characteristics in more detail
2. Study the relationship between pressure, flow, deformation, and wall shear stress
3. Study the relationship between pressure and velocity wave

Fluid Governing Equations

Conservation of Mass

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho r v}{\partial r} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} = 0$$

Momentum Equation

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + u \frac{\partial v}{\partial x} \right) = F_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial r} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right) = F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)$$

Compliant Tube Modeling and Assumption

Hooke's Law

$$e_{\theta\theta} = \frac{1}{E}(\sigma_{\theta\theta} - \nu(\sigma_{rr} + \sigma_{xx}))$$

$$e_{xx} = \frac{1}{E}(\sigma_{xx} - \nu(\sigma_{rr} + \sigma_{\theta\theta}))$$

$$\sigma_{rr} = \frac{h}{r_o} \sigma_{\theta\theta}$$

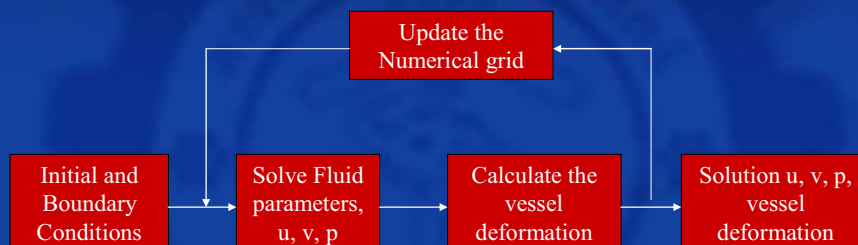
Assumption

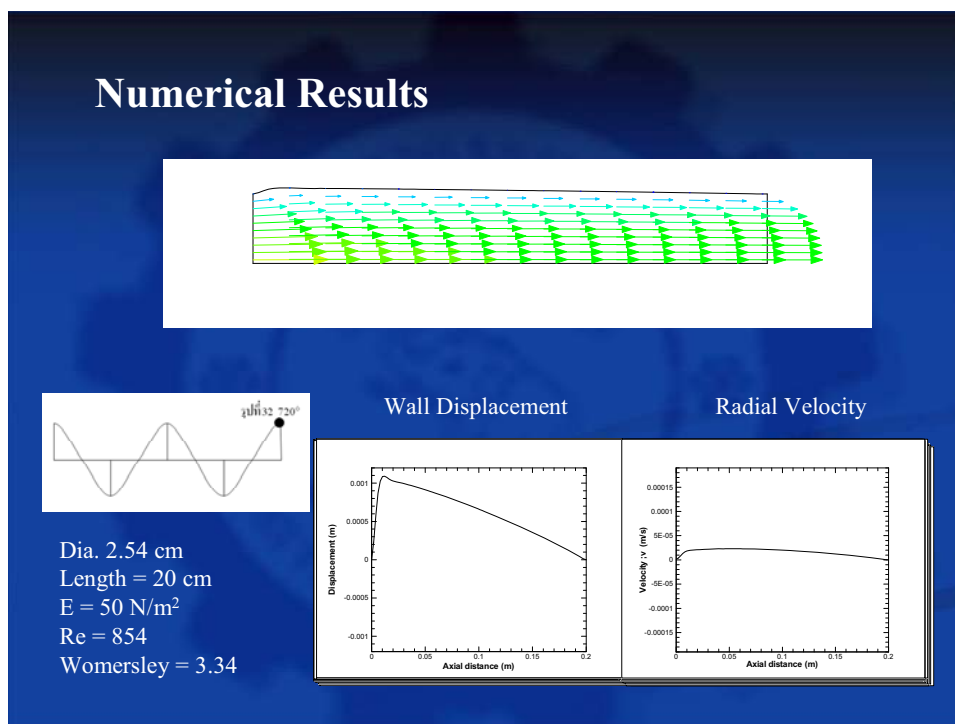
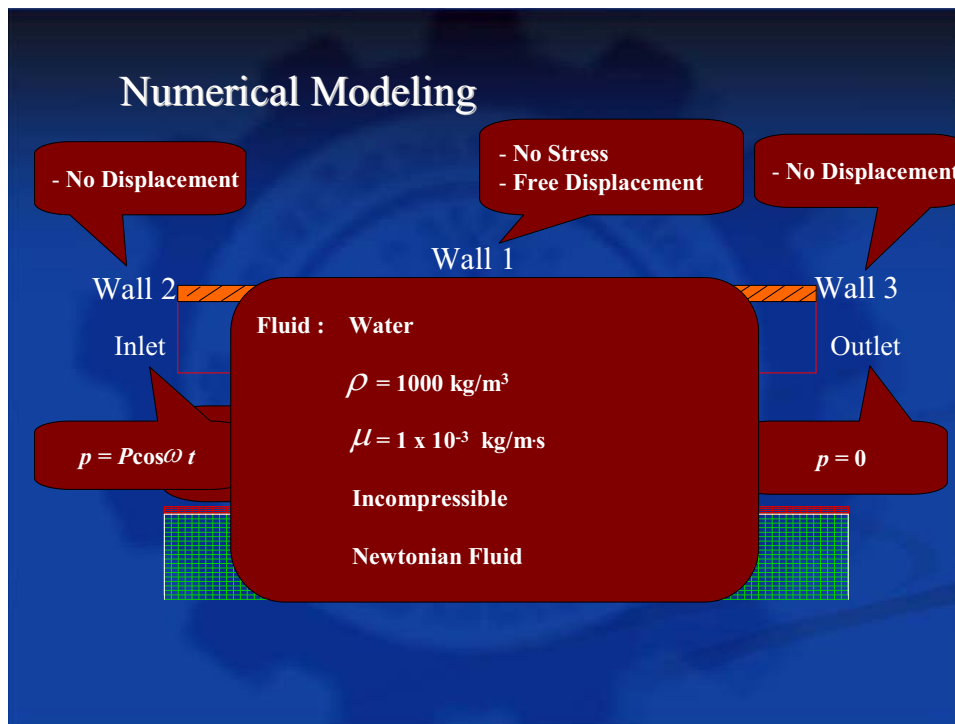
1. Tube has thin wall and uniform thickness and initially straight
2. No stress in the lateral axis

$$\sigma_{rr} = \frac{Eh}{1-\nu^2} \frac{e_{\theta\theta}}{r_o}$$

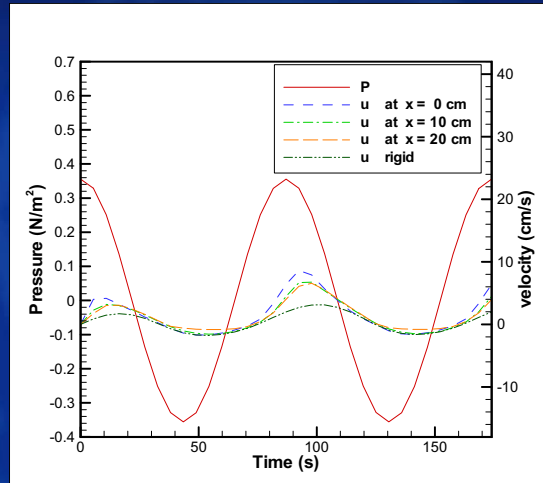
$$e_{\theta\theta} = \frac{r(x) - r_o}{r_o}$$

Coupling between Fluid Dynamics and Wall Motion



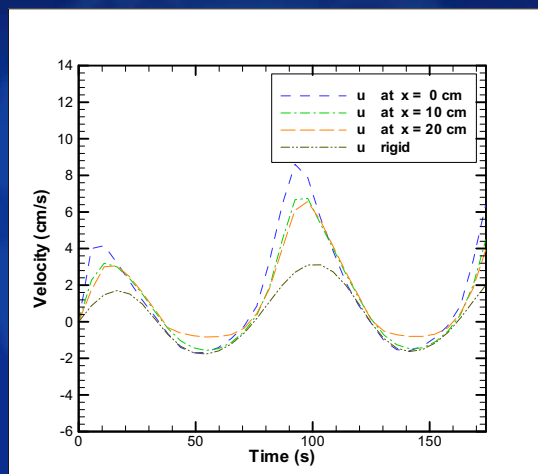


Pressure and Velocity Comparison



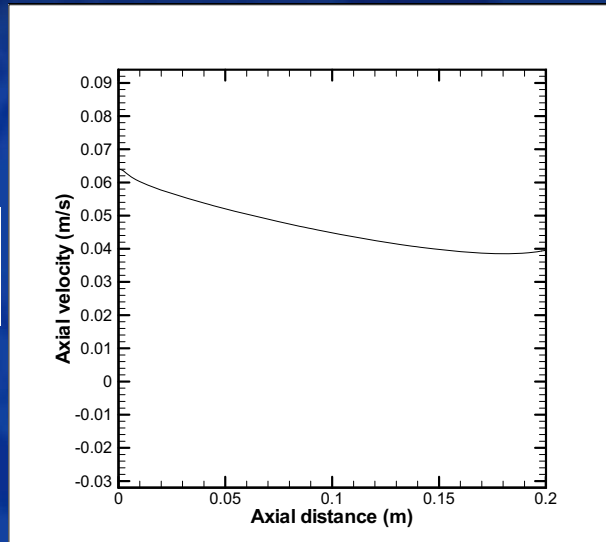
Womersley = 3.34

Velocity Propagation

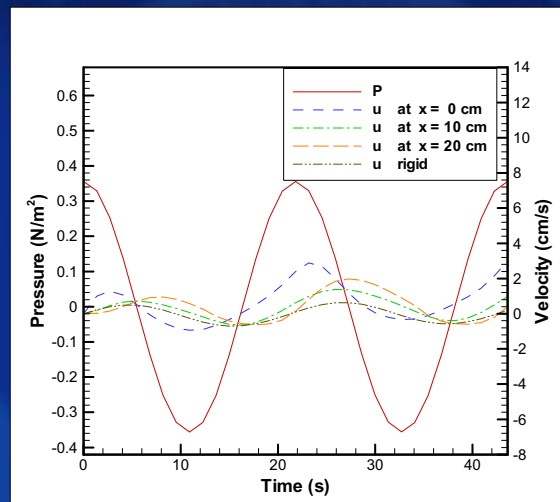


Womersley = 3.34

Centerline Velocity Pattern

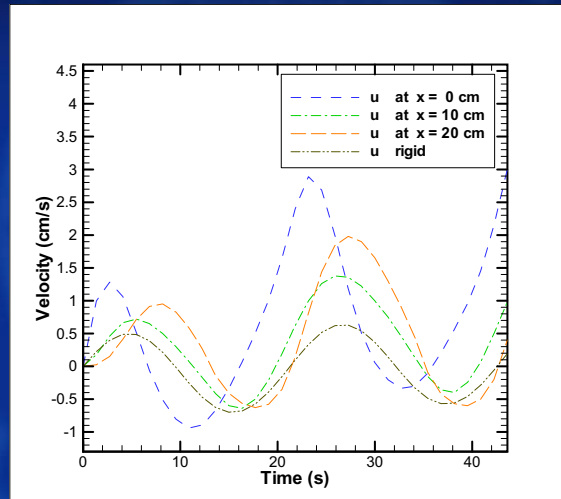


Pressure and Velocity Comparison



Womersley = 6.67

Velocity Propagation



Womersley = 6.67

Past, Present, and Future

Past: Fundamental understanding of flow in the simple models has been studied

Present: Modeling of fluid-solid structured is currently available and compliant affect is being investigated

Future: The knowledge in this field will be implemented clinically and provide us a better health and treatment

ภาคผนวก ง.

วิทยาการบรรยายพิเศษ

Biomedical Engineering Activities at Faculty of Engineering, Chiang Mai
University, Thailand

Lectured at

Department of Biomedical Engineering, Columbia University, New York, USA

Biomedical Engineering Activities
in Faculty of Engineering,
Chiang Mai University, Thailand

By

Dr. Nat VORAYOS

Dr. Yottana KHUNATORN

Abstract

Established in 1964 as one of the very first universities outside the capital Bangkok, Chiang Mai University (CMU) has been Thailand's oldest, largest, and most renowned institute of higher education. A house of 17 Faculties including Faculty of Engineering and 3 Research Institutes (Sciences and Technology, Health Sciences, and Social Sciences) has offered 87 undergraduate-level programs and 140 graduate and doctorate programs to the nation. Recently, there are significant interest from staff and researcher in Faculties of Engineering, Sciences, and Medicines to establish the biomedical engineering research group to more effectively collaborate with one another in terms of research activities and academic programs. Additionally, we would like to extend our collaboration to our colleagues in the international level as well.

The profiles of CMU will be introduced as the first part of the seminar. Secondly, the numerical modeling of the pulsatile flow within a compliant vessel will be presented. One dimensional modeling of blood flow from the right ventricle to the arteries at both lung was developed. The behavior of cross sectional area changing, blood velocity distribution, blood pressure distribution and changing in blood flow rate, and other parameters that affect the changing in cross section area were studied. Next, the two dimensional modeling of the oscillatory flow within a straight compliant tube are being researched to observe the flow characteristic and affect of the compliant in detail. The fluid governing equations are coupled with the solid wall motion. The preliminary results of the velocity field according to the variation of the oscillatory pressure are demonstrated. Thirdly, the presentation of the activities in bio-imaging researches will be presented in the video format.

Lastly, the overview of other major activities in the biomedical engineering at the faculty of engineering, CMU will be presented.

Biomedical Engineering

Chiang Mai University

1

Research Activities

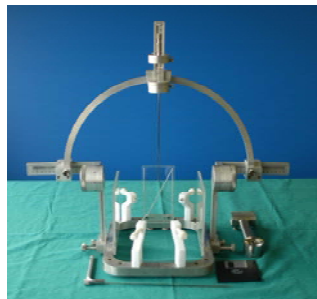
- Medical Imaging
- Bioinformatics
- Cell and Tissue Engineering
- Biomechanics
- Biomedical Instrumentation

Biomechanic

- Assistive Devices
 - Passive standing-wheelchair
- FEM Analysis of the Retainer
- Computational study in Cardiovascular Engineering
 - Numerical of Blood Flow in the Pulmonary Circulation
 - Pulsatile Flow in a Compliant Tube

Biomedical Instrumentation

- Surada Stereotactic Instrument
 - neurosurgical operative device for directing the probe or radiation beam to a target in human brain which is invisible from outside



Biomedical Instrumentation

- Rapid Prototyping Technology for Dentistry
- Patient Monitoring System Using SNMP Protocol
- The Development of ECG Card Monitoring via Computer Network, Mobile Telephone, and Pocket PC

Numerical Modeling of Pulsatile Flow in a Compliant Tube

Asst. Prof. Yottana Khunatorn

Mechanical Engineering
Chiang Mai University
THAILAND

Overview

- Numerical Study of TCPC Connection
- 1-D Numerical Modeling of Blood Flow in Pulmonary Arteries
- 2-D Numerical Modeling of Oscillating Flow within a Compliant Vessel (Preliminary Result)

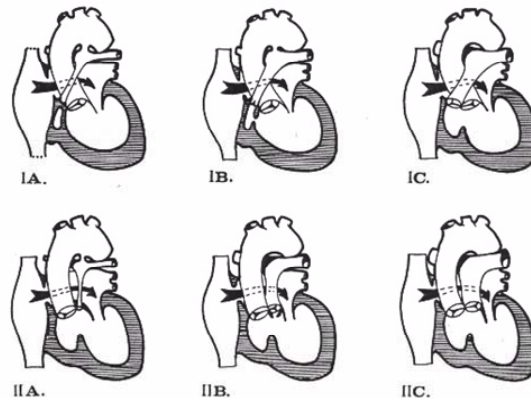
Congenital Heart Disease

- The congenital heart disease is the most common major birth defect in live birth.
- CHD occurs in approximately 8 of 1000 live birth

Most Common Cardiac Defects

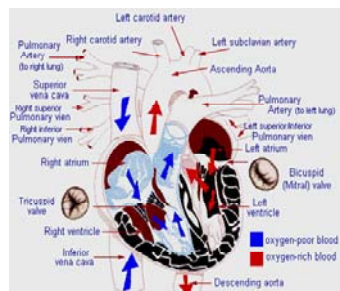
- Atrial Septal Defect (ASD)
A hole between left atrium and right atrium
- Ventricular Septal Defect (VSD)
A hole between left ventricle and right ventricle
- Tricuspid Atresia
Tricuspid valve didn't develop normally or absent.

Tricuspid Atresia

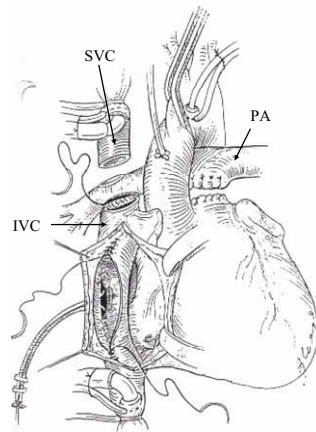


Treatment

- Blalock-Taussig Shunt 6 months – 1 year old
- Glenn Shunt or Bidirectional Glenn Shunt (BDG) < 2 years old
- Fontan Operation 2-4 yrs old
 - Atrio-Pulmonary Connection
 - Total Cavopulmonary Connection



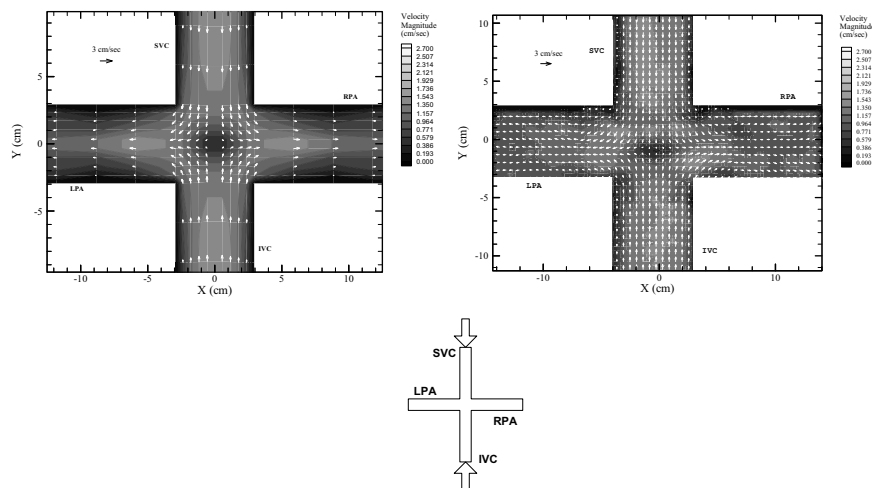
Fontan Operation



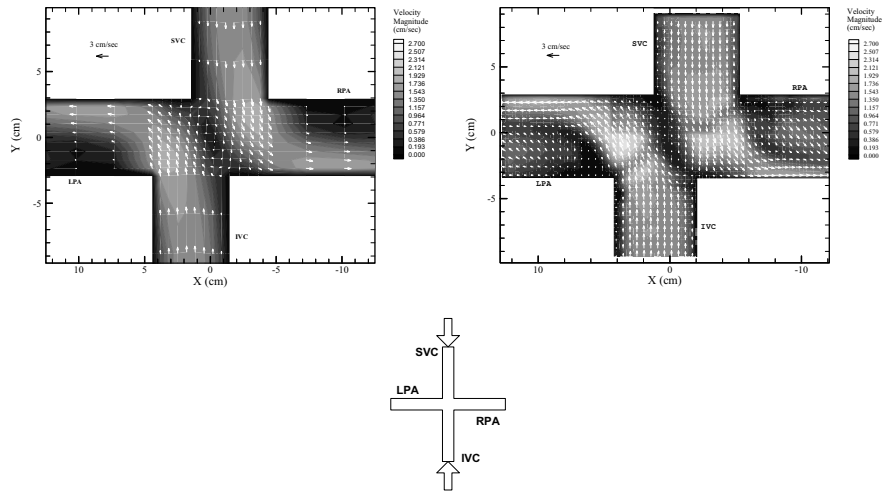
Total Cavopulmonary Connection

This connection bypasses both the right atrium and the right ventricle from the circulation. The atrial partition is used to divert the IVC blood to the SVC.

No Offset Model @ SVC:IVC = 50%:50%

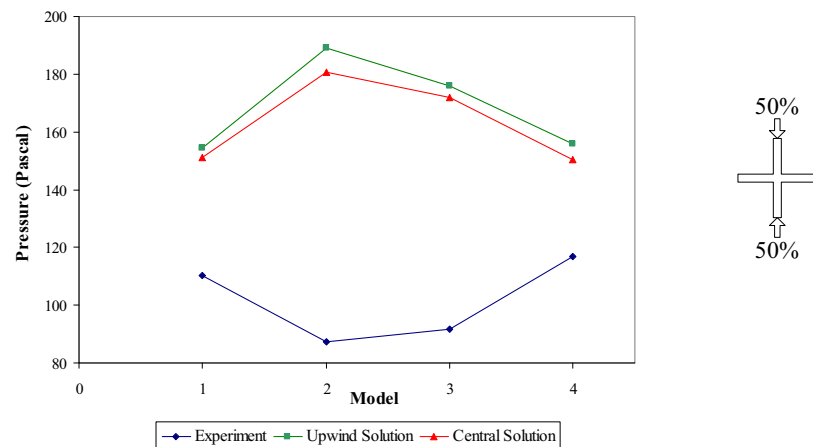


Offset Model @ SVC:IVC = 50%:50%

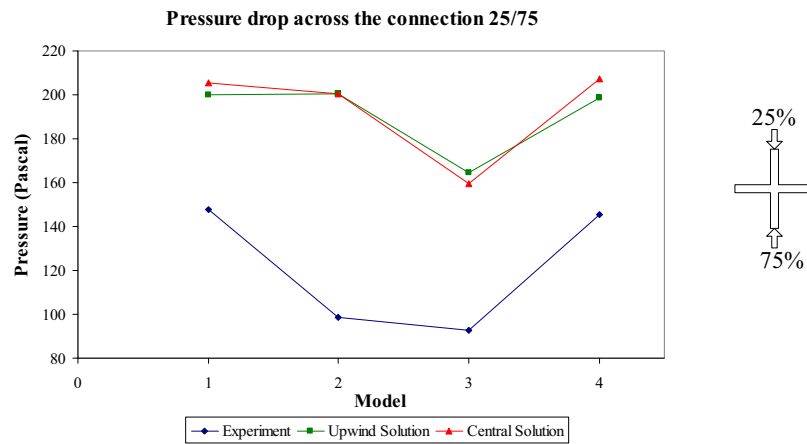


Pressure Drop Across the Connection

Pressure drop across the connection 50/50



Pressure Drop Across the Connection



Previous Study Summary & Conclusion

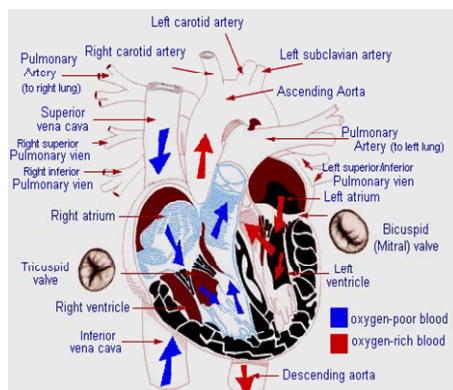
Simplified TCPC model presented

- “Optimal” connection is at no offset connection for equal flow rate ratio and 1-diameter offset distance for unequal flow rate ratio.
- Overall pressure drop indicative of energy loss and thus “efficiency” of model

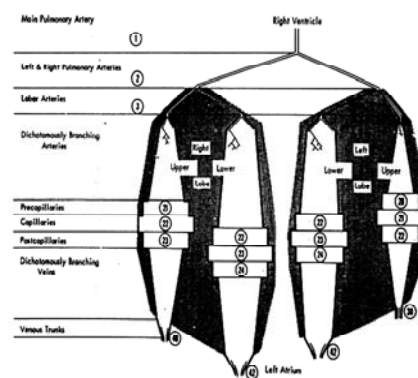
Compliant Tube Modeling

- Numerical Analysis of Fluid Dynamic in a flexible Tube
- 1-D modeling provides a rough perspective on the relationship between tube deformation and pressure and velocity magnitude
- 2-D modeling gives us a detail of velocity and pressure distribution throughout the flow field

1-D Modeling



(http://www.acsr.ac.th/webmasters/web_3/story3.html,
March 28, 2004)



(Wiener *et al.*, 1966)

1-D Governing Equations

Conservation of Mass

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial(uS)}{\partial x} = 0$$

$S \equiv$ Cross sectional area

Momentum Equation

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u^2}{2} + \frac{p}{\rho} \right) - \bar{F} = 0$$

$p = p_i - p_o$ Transmural pressure

$$\bar{F} = -8\pi \frac{N}{S} \frac{\mu}{\rho} u \quad \text{Friction Factor}$$

1-D Governing Equations

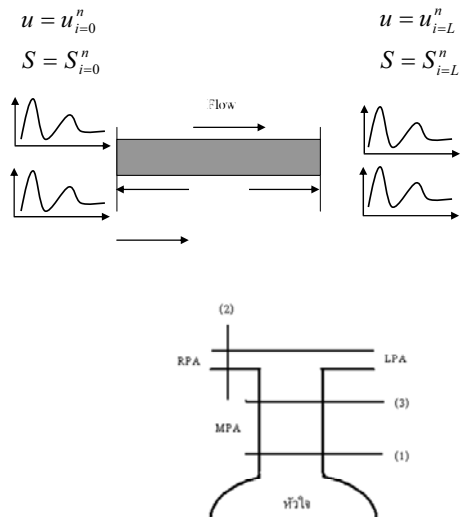
Vessel deformation

$$S = S_0 + \alpha p$$

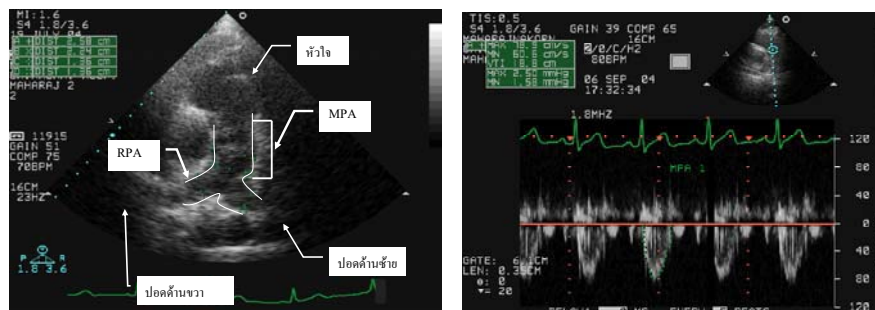
$\alpha \equiv$ compliant coefficient

The velocity, pressure, and cross sectional area are solved numerically using the Mac Cormack method

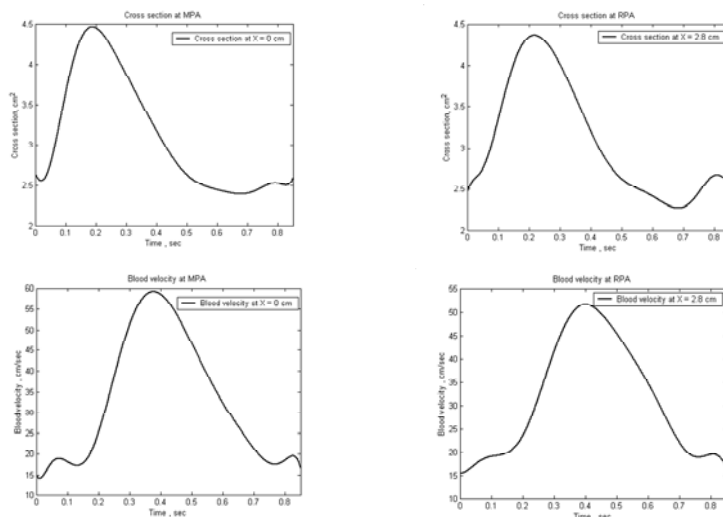
1-D Boundary Conditions



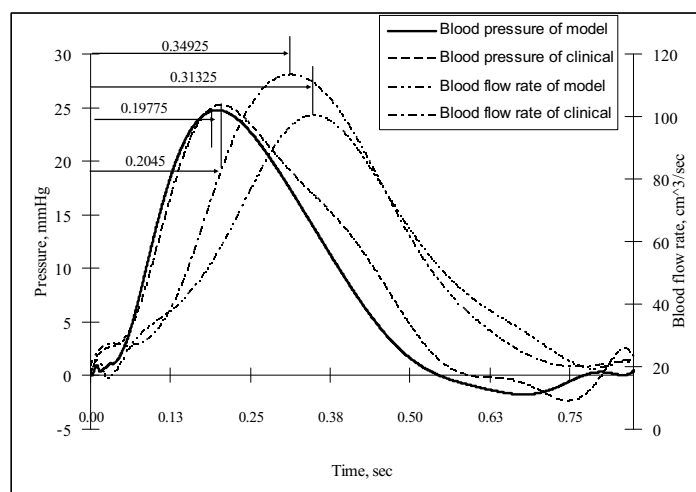
Clinical Information



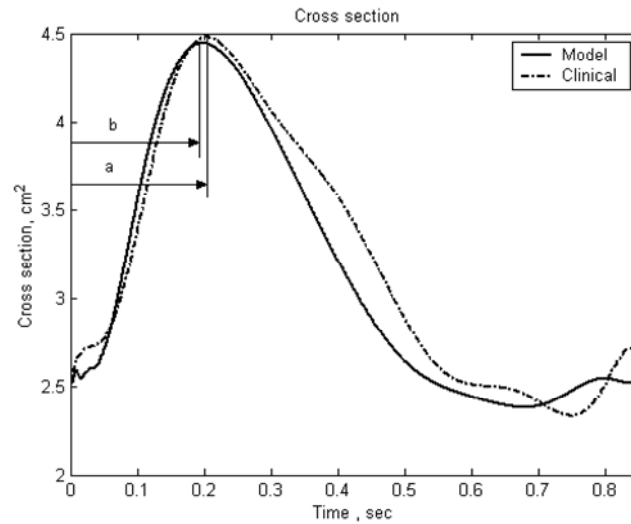
Extracted Boundary Conditions



Pressure and Blood Flow Rate



Cross-Sectional Area



1-D Conclusion

- The overview of the relationship between tube deformation and pressure and flow rate was observed with reasonable accuracy
- 1-D modeling results agree with the clinical data with minor differences, which caused by
 - Simplification of the tube deformation model
 - Accuracy of the boundary conditions extraction from the clinical data
 - Improve this model to present the affect of any anomaly occurs downstream

2-D Modeling (Preliminary phase)

1. Look into the flow characteristics in more detail
2. Study the relationship between pressure, flow, deformation, and wall shear stress
3. Study the relationship between pressure and velocity wave

Fluid Governing Equations

Conservation of Mass

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial \rho r v}{\partial r} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} = 0$$

Momentum Equation

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + u \frac{\partial v}{\partial x} \right) = F_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right)$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial r} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right) = F_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)$$

Compliant Tube Modeling

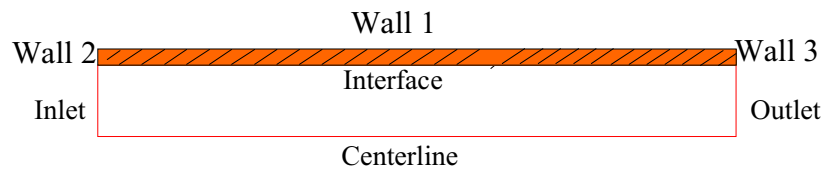
1. No displacement in the axial direction
2. No stress in the lateral axis

$$p = \frac{Eh}{1 - \sigma^2} \frac{\xi}{r_o^2}$$

Coupling between Fluid Dynamics and Wall Motion

1. Fluid parameters, u , v , p , are solved
2. The deformation of the vessel is calculated
3. Numerical grid is updated according to the deformation
4. Repeat the calculation

Numerical Modeling



Steady Flow within Compliant Tube Modeling

1-D Laminar Steady Flow in a Compliant Tube (Fung, Y.C., 1996)

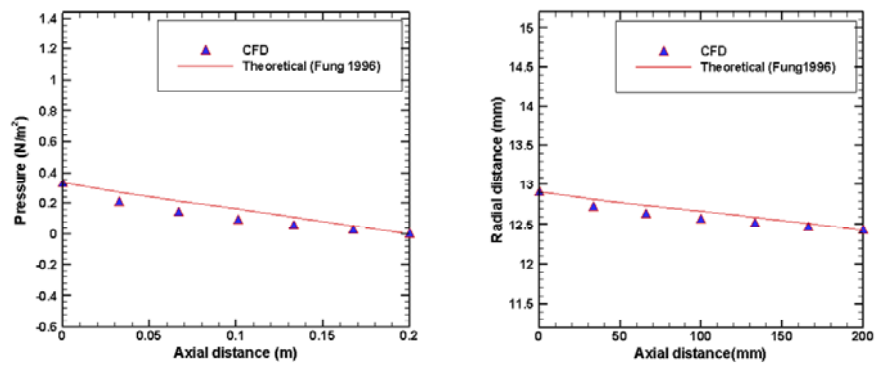
$$\frac{Eh}{3a_0} \left\{ \left(1 - \frac{a_0}{Eh} p(L) \right)^{-3} - \left(1 - \frac{a_0}{Eh} p(0) \right)^{-3} \right\} dp = -\frac{8\mu}{\pi a_0^4} L \dot{Q}$$

$$a(x) = a_0 \left[1 - \frac{a_0}{Eh} p(x) \right]^{-1}$$

Radial Stress is very small compared with the circumferential stress

Model Validation

Pressure drop and deformation comparison between numerical model and analytical model (Fung, Y.C., 1996)



Pulsatile Flow in Compliant Tube



Pulsatile Flow in Compliant Tube



Preliminaries Conclusion

- The velocity variation is observed close to the wall and may affect the wall shear stress
- The detail parametric analysis is on progress
- The wall motion will be included into the TCPC modeling to simulate more reality phenomena of the blood flow

ประวัติและประสบการณ์ผู้วิจัย

ชื่อ นาย ยศธนา คุณาทร
 อายุ 36 ปี
 สถานภาพ โสด
 สถานที่ติดต่อ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
 โทรศัพท์/โทรสาร 053-94-4146 ต่อ 970/ 053-94-4145
 email piakman@dome.eng.cmu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ม่งฟอร์ตวิทยาลัย, เชียงใหม่ 2531
 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2535
 M.S. (Mechanical) – University of Colorado at Denver, 2539
 Ph.D. (Mechanical Engineering) –University of Colorado at Boulder, 2545

ประวัติการรับราชการ

1. ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ระดับ 7 ขั้น 14,440 บาท
2. ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งอาจารย์ เมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2536 ปัจจุบันอายุราชการ 11 ปี 1 เดือน 25 วัน (นับถึงวันที่ 10 พฤษภาคม 2546)
3. ได้รับทุนทบวงมหาวิทยาลัย ตามความต้องการของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ให้ศึกษาต่อ ระดับ ปริญญาโท-เอก เมื่อ 9 กันยายน พ.ศ. 2536 ถึง 3 สิงหาคม พ.ศ. 2543

ตำแหน่งอื่น ๆ

1. กรรมการกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ วันที่ 10 ตุลาคม 2545 ถึง 6 พฤษภาคม 2546
2. กรรมการประสานงาน องค์การเครือข่ายวิศวกรรมการบิน และอวกาศ ตั้งแต่ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2546 ถึง ปัจจุบัน
3. กรรมการกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ วันที่ 7 พฤษภาคม 2546 ถึง 15 สิงหาคม 2546
4. คณะทำงาน โครงการมหาวิทยาลัยรวมพลังหารสอง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่ วันที่ 17 มิถุนายน 2546 ถึง ปัจจุบัน
5. กรรมการประกันคุณภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ วันที่ 24 กันยายน 2546 ถึง ปัจจุบัน
6. กรรมการ ป้องรามนักศึกษาประพฤติดีไม่เหมาะสมกับการเป็นนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่ วันที่ 16 ตุลาคม 2546 ถึง 27 มีนาคม 2548
7. อนุกรรมการด้านการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ฝ่ายประกันคุณภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ วันที่ 11 พฤศจิกายน 2546 ถึง 27 มีนาคม 2548
8. กรรมการกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่ วันที่ 25 พฤษภาคม 2548 ถึง ปัจจุบัน

ประสบการณ์ทางวิชาการและวิจัย

- ปี พ.ศ. 2535-2536 - วิศวกรฝ่ายวางแผน (เครื่องกล) บริษัท สหกลเอ็นจีเนียริง แม่เมาะ ลำปาง
- ปี พ.ศ. 2536-ปัจจุบัน - อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รับผิดชอบงานสอนทางด้านอุณหพลศาสตร์, เครื่องมือวัด, การเขียนแบบวิศวกรรม, และการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล
- ปี พ.ศ. 2536-2537 - นักวิจัย: โครงการตรวจวิเคราะห์การประหยัดพลังงานในอาคารธุรกิจ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน), 2536
- ปี พ.ศ. 2540-2545 - ผู้ช่วยสอนกระบวนวิชา Measurement and Instrumentation, Engineering Mathematics (University of Colorado at Boulder)
- ปี พ.ศ. 2540-2543 - ผู้ช่วยวิจัย: โครงการ MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere) Project, National Center of Atmospheric Research, CO, USA
- ปี พ.ศ. 2543 - ผู้ช่วยวิจัย: โครงการ Fire and Environmental Research Application (FERA) Team (University of Colorado at Boulder)

งานวิจัย

1. หัวหน้าโครงการ งานวิจัยเรื่อง แบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลแบบพัลส์ภายในท่อที่ยืดหยุ่นได้ ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นเวลา 2 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2546 ถึง 30 มิถุนายน 2548
2. หัวหน้าโครงการ งานวิจัยเรื่อง เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพฤติกรรมของเส้นเลือดในวงจรพัลโมนารี ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่ 16 ตุลาคม 2546 ถึง 15 ตุลาคม 2547
3. หัวหน้าโครงการ งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบหอเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตรอนขนาด 300 วัตต์ ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่ 8 สิงหาคม 2547 – 7 สิงหาคม 2548)
4. หัวหน้าโครงการ งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาตู้อบแห้งขนม ได้รับการสนับสนุนตามโครงการ IPUS โดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2546 ถึง 30 เมษายน 2547
5. หัวหน้าโครงการ งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องผสมคอนกรีตสำหรับการผลิตท่อซีเมนต์ ได้รับการสนับสนุนตามโครงการ IPUS โดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2547 ถึง 30 เมษายน 2548
6. ผู้ช่วยวิจัยเรื่อง การวิจัยการใช้ปล่องระบายอากาศโดยอาศัยปรากฏการณ์ stack effect รวมกับการใช้เครื่องปรับอากาศ ได้รับการสนับสนุน โดย สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ (สนพ.) เป็นเวลา 15 เดือน ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2547 ถึง 31 มกราคม 2549

งานบริการวิชาการ

วิทยากรบรรยายหลักสูตร เครื่องอัดอากาศ ในโครงการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการ ขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) จำนวน 50 แห่ง (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน) ปี พ.ศ. 2545-2546

วิทยากรบรรยายหลักสูตร Fluid Mechanics and Heat Transfer ในโครงการทักษะวิศวกรรมในอุตสาหกรรมซีเมนต์แบบบูรณาการให้กับ บริษัทปูนซีเมนต์ไทย ลำปาง ระหว่างวันที่ 12 – 15 พฤศจิกายน 2545

วิทยากรบรรยายในโครงการสัมมนาวิชาการเรื่อง การทำวิจัยทางด้านวิศวกรรมเบื้องต้น ให้กับ โรงไฟฟ้าบางปะกง ฉะเชิงเทรา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 7 – 9 มกราคม 2546

วิทยากรบรรยายหลักสูตร การถ่ายเทความร้อนเบื้องต้น และคณิตศาสตร์วิศวกรรม: การเลือกหา เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ให้กับ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ลำปาง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 26 มีนาคม – 4 เมษายน 2546

วิทยากรบรรยายหลักสูตร Basic Thermo-Fluids ให้กับ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ลำปาง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 18– 22 สิงหาคม 2546

วิทยากรบรรยายหลักสูตร Apply Instrumentation ให้กับ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ลำปาง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 25 – 29 สิงหาคม 2546

วิทยากรบรรยายหลักสูตร Instrumentation ให้กับ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ลำปาง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 1 – 5 กันยายน 2546

วิทยากรบรรยายหลักสูตร การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลขั้นสูง ให้กับ โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ลำปาง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างวันที่ 7 – 11 มิถุนายน 2547

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Cardiovascular Engineering, Computational Fluid Dynamics, Heat Transfer, Flow Visualization

ผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการ

- 1) Daily, J. W., S. Mahalingam, J. Milford, Y. Khunatorn, T. L. Clark, J. Coen, L. Radke, D. S. Sandberg, and P. J. Riggan, "Visible and IR imaging and UV-Visible spectral analysis of the Frostfire prescribed burn near Fairbanks Alaska," Paper 00S-20 presented at the Spring WSS/CI Meeting, Combustion Institute, Golden, Colorado, March 13-14, 2000.
- 2) Shandas R., Y. Khunatorn, C. DeGroff, W. Orlando, S. Mahalingam, L. M. Valdes-Cruz, "An assessment of the major flow features that affect energy loss and potential for thrombus formation within the modified total cavo-pulmonary connection: computational and in vitro studies," Journal of the American College of Cardiology, 39:401A, 2002.
- 3) Khunatorn, Y., S. Mahalingam, R. Shandas, and C. DeGroff, "Influence of connection geometry and SVC-IVC flow rate ratio on flow structures within the total cavopulmonary

- connection: A numerical study,” ASME Journal of Biomechanical Engineering, 364-377:2002.
- 4) Khunatorn, Y., R. Shandas, C. DeGroff, and S. Mahalingam, “Comparison of in vitro velocity field measurements in a scaled total cavopulmonary connection with computational predictions” submitted, Annals of Biomedical Engineering, (in press).
 - 5) Khunatorn, Y., S. Mahalingam, C. G. DeGroff, and R. Shandas, “A fluid dynamic study of the total cavopulmonary connection of the Fontan operation,” Proceedings of the 11th ICMMB International Conference on Mechanics in Medicine and Biology (published by Pacific Centre of Thermal-Fluids Engineering-PCTFE), pp. 289-291, April 2-5, Maui, Hawaii, 2000.
 - 6) Vorayos, N., J. Piamdee, Y. Khunatorn, “Heat transfer characteristics of automobile compact air-conditioning condenser inversely used as waste heat recovery system,” The 9-th Tri-University International Joint Seminar & Symposium, pp. 330-335, Jiangsu, China, 2002.
 - 7) Khunatorn, Y., Vorayos, N., Jantan, N., “Fluid Dynamic Study of Air Flow inside the Tobacco Curing Barn,” Proceeding of the Engineering and Technology Conference 2003-EnTech2003, July 30 – Aug 1, Sarawak, Malaysia, 2003.
 - 8) Jaruwatupant, N., Khunatorn, Y., “Numerical Modeling of Gas Flow in Proton Exchange Membrane Fuel Cell ,” The 1st Symposium on Engineering and Architecture for Sustainable Development in the Greater Mekong sub-Region, January 13-14, Vientien, Laos P.D.R., 2004.
 - 9) นิตยา จันตัน, ยศธนา คุณาทร, ธีรัฐ วรยศ, “ผลกระทบของอัตราการไหลของอากาศร้อนในห้องต้มไບยาสูบแบบรวมศูนย์,” กาประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 2, 25-26 กันยายน, จ.เชียงใหม่, ประเทศไทย, 2546.
 - 10) กฤษฎ์ ลาขโรจน์, สัมพันธ์ ไชยเทพ, ยศธนา คุณาทร, และ นคร ทิพย์าวงศ์., “การออกแบบและประเมินสมรรถนะของตัวกระจายอากาศของเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงในเครื่องยนต์กังหันก๊าซขนาดเล็ก,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17, 15 -17 ตุลาคม, จ.ปราจีนบุรี, ประเทศไทย, 2546.
 - 11) ธีรัฐภูมิ จารุสุพันธุ์, วาสนา คำโอภาส, ยศธนา คุณาทร, “การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลขของการไหลของก๊าซ และศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิในเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน” ประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อน ครั้งที่ 3, 21-22 สิงหาคม 2547 จ.เชียงใหม่, ประเทศไทย, 2547
 - 12) ธีรัฐภูมิ จารุสุพันธุ์, ยศธนา คุณาทร, ธีรัฐ วรยศ และ วิภาวดี วงษ์สุวรรณ. “การศึกษาการกระจายตัวของก๊าซในเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวล ในอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน ครั้งที่ 4, พฤษภาคม 2548

- 13) ญัตติ จารุสุพันธุ์ ยศธนา คุณาทร ญัตติ วรยศ และ วิภาวดี วงษ์สุวรรณ. (2005)
“การศึกษาการไหลของก๊าซ และศึกษาการกระจายตัวของความดันในเซลล์เชื้อเพลิง ชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19, ตุลาคม 2548