

การเปรียบเทียบรูปแบบโครงสร้างขนาดเล็กแบบ 3 มิติของ
ลามินาไครโบซาในผู้ป่วยโรคต้อหินและสุขภาพตาดี
จากเครื่องวิเคราะห์จอประสาทตา
A COMPARISON OF PATTERN OF 3D IN VIVO LAMINA
CRIBROSA MICROARCHITECTURE IN GLAUCOMA
AND HEALTHY BY IMAGE OF OPTICAL
COHERENCE TOMOGRAPHY (OCT)



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหนังสือเล่มนี้โดยเด็ดขาดและส่งมอบให้อีกแก่ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
ปีการศึกษา 2560

A COMPARISON OF PATTERN OF 3D IN VIVO LAMINA
CRIBROSA MICROARCHITECTURE IN GLAUCOMA
AND HEALTHY BY IMAGE OF OPTICAL
COHERENCE TOMOGRAPHY (OCT)



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงการพิเศษ

การเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบโครงสร้างขนาดเล็กแบบ 3 มิติของลามินาไครโบชาในผู้ป่วยโรคต้อหินและสุขภาพตาดีจากเครื่องวิเคราะห์จอประสาทตา

A Comparison of Pattern of 3D In Vivo Lamina Cribrosa Micro Architecture in Glaucoma and Healty by Image of Optical Coherence Tomography (OCT)

ชื่อนักศึกษา

นายณัฐพล สมฝ่าย รหัสนักศึกษา 57050964

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์





ปีการศึกษา

2560

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2560

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|--|
| ดร.วิฑูรย์ ยืนดีสุข ประธานกรรมการ |  |
| อ.สุรชาติ กมลดีลก กรรมการ |  |
| อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ |  |
| ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังสงวนสิทธิ์ในชื่อของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังสงวนสิทธิ์ในชื่อของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังสงวนสิทธิ์ในชื่อของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| | |
|--------------------|--|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบโครงสร้างขนาดเล็กแบบ 3 มิติของลามินาไครโบชาในผู้ป่วยโรคต้อหินและสุขภาพตาดีจากเครื่องวิเคราะห์จอประสาทตา |
| ชื่อนักศึกษา | นายณัฐพล สมฝ่าย รหัสนักศึกษา 57050964 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) |
| ภาควิชา | ฟิสิกส์ |
| คณะ | วิทยาศาสตร์ |
| มหาวิทยาลัย | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) |
| ปีการศึกษา | 2560 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ |

บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้ได้สังเกตเห็นความน่าอันตรายของโรคต้อหิน เนื่องจากเป็นโรคที่คนไทยเป็นกันเยอะเมื่อมีอายุสูงขึ้น ดังนั้นโครงการพิเศษนี้ได้ศึกษาสาเหตุการเกิดโรคต้อหิน และพบว่าเมื่อเป็นโรคต้อหินจะมีโครงสร้างภายในตาที่จะเปลี่ยนไปตามลักษณะของโรคตามทฤษฎีนั้นคือโครงสร้างของลามินาไครโบชา เพราะโครงสร้างลามินาไครโบชาคือส่วนที่เป็นทางผ่านของเลือด เมื่อเกิดโรคต้อหินนั้นคือ ความดันโลหิตภายในลูกตาเปลี่ยนไปดังนั้นโครงสร้างของลามินาไครโบชาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยโครงการพิเศษนี้จะเปรียบเทียบโครงสร้างของลามินาไครโบชาของคนที่เป็นโรคต้อหินและคนสุขภาพตาดี โดยการถ่ายภาพเป็นภาพ 3 มิติ เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบเพื่อเพิ่มความสามารถในการวินิจฉัยโรคต้อหิน

คำสำคัญ : เครื่องวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตา โรคต้อหิน ลามินาไครโบชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---------------|---|
| Title | A Comparison of Pattern of 3D in Vivo Lamina Cribosa Microarchitecture in Glaucoma and Healthy by Image of Optical Coherence Tomography (OCT) |
| Students | Mr. Nattapon Somfai Student ID 57050964 |
| Degree | Bachelor of Science (Applied Physics) |
| Department | Physics |
| Faculty | Science |
| University | King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) |
| Academic Year | 2017 |
| Advisor | Asst.Prof Dr.Prathan Buranasiri |

Abstract

In this Special Project, we see the danger of glaucoma. It is a disease that many people in Thailand when they are older. So this special project has studied the cause of glaucoma. It is found that when the glaucoma is structured within the eye that will change according to the nature of the disease. The theory is that the structure of the Lamina Cribosa. Because the structure of lamina chibrosa is the passage of blood when the disease is glaucoma. Blood pressure within the eyeball changes, so the structure of the Lamina Cribosa will change as well. This special project will compare the structure of the lamina chiropractic of people with glaucoma and healthy people by making a 3D image for clarity in comparison. To increase the ability to diagnose glaucoma.

keywords : Glaucoma, Lamina cribrosa, MATLAB, Optical Coherence Tomography, Surface2volume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับการจัดทำโครงการพิเศษเรื่องการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบโครงสร้างขนาดเล็กแบบ 3 มิติของลามิनाโครโบซาในผู้ป่วยโรคต่อหินและสุขภาพตาดีจากเครื่องวิเคราะห์จอประสาทตา ผู้จัดทำขอขอบคุณ พญ.อนिता มนัสสากร ที่เป็นคนแนะนำงานวิจัยชิ้นนี้และคอยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโรคต่อหิน ความรู้ต่างๆเกี่ยวกับจักษุแพทย์ และ ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำปรึกษา และให้ความรู้ในเนื้อหาที่ต้องนำมาใช้ในการทำโครงการพิเศษนี้ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดในการดำเนินงานให้เกิดความถูกต้องอย่างครบถ้วน

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยให้ความรู้ในการทำปัญหาพิเศษนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ณัฐพล สมฝ่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูป | ช |
| คำย่อ/สัญลักษณ์ | ซ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขต | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 Optical Coherence Tomography (OCT) | 4 |
| 2.2 โรคต้อหิน | 8 |
| 2.2.1 สาเหตุของโรคต้อหิน | 8 |
| 2.2.2 ประเภทของต้อหิน | 11 |
| 2.2.3 การรักษา | 12 |
| 2.3 แมตแล็บ (MATLAB: Matrix Laboratory) | 13 |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 14 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย | 15 |
| 3.1 การรวบรวมข้อมูล | 15 |
| 3.1.1 ผู้ป่วยต้อหิน | 15 |
| 3.1.2 อาสาสมัครตาปกติ | 15 |
| 3.1.3 เกณฑ์การคัดออก | 15 |
| 3.1.4 เกณฑ์การประเมินคุณภาพ | 15 |
| 3.1.5 การเลือกในการใช้ภาพ | 16 |
| 3.2 การใช้งานโปรแกรม MATLAB ในการสร้างภาพ 3 มิติ | 16 |
| 3.2.1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB | 16 |
| 3.2.2 คำสั่งในการทำภาพ 3 มิติ | 18 |
| 3.2.3 วิธีการทำงาน | 19 |
| 3.3 การเปรียบเทียบโครงสร้าง Lamina Cribrosa | 20 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล | 21 |
| 4.1 การสร้างภาพ 3 มิติ | 21 |
| 4.1.1 ผู้ป่วยโรคต้อหิน | 21 |
| 4.1.2 คนสุขภาพตาดี | 23 |
| 4.2 การเปรียบเทียบโครงสร้าง Lamina Cribrosa | 24 |
| 4.2.1 การเปรียบเทียบโดยการสังเกต | 24 |
| 4.2.2 การเปรียบเทียบโดยการวัดปริมาตรของ Lamina Cribrosa | 24 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 28 |
| เอกสารอ้างอิง | 29 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 เครื่อง OCT รุ่น DRI OCT Triton, Swept source OC | 4 |
| 2.2 ระบบ OCT อย่างง่าย | 6 |
| 2.3 การสร้างภาพตัดขวางของระบบ OCT | 7 |
| 2.4 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของเทคโนโลยี OCT | 7 |
| 2.5 ลักษณะภายในของดวงตา | 9 |
| 2.6 บริเวณของลามินาไครโบซาบริเวณ Optic Nerve | 9 |
| 2.7 รูปลามินาไครโบซาที่ได้จากการถ่ายจากเครื่อง OCT | 11 |
| 2.8 ต้อหินมุมเปิด (primary open angle glaucoma) | 12 |
| 2.9 สัญลักษณ์ของโปรแกรม MATLAB | 13 |
| 3.1 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม MATLAB | 17 |
| 3.2 ไดอะแกรมแสดงการทำภาพแบบ 3 มิติ จากภาพ 2 มิติ | 19 |
| 4.1 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 1 (ชาย) ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 1 (ขวา) | 21 |
| 4.2 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 2 (ชาย) ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 2 (ขวา) | 22 |
| 4.3 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 3 (ชาย) ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 3 (ขวา) | 22 |
| 4.4 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในคนสุขภาพปกติ (ชาย) ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในคนสุขภาพปกติ (ขวา) | 23 |
| 4.5 ไดอะแกรมแสดงการทำกรวัดปริมาตรของรูป 2 มิติ | 25 |
| 4.6 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 1 | 26 |
| 4.7 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 2 | 26 |
| 4.8 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 3 | 26 |
| 4.9 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในคนสุขภาพปกติ | 27 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

| คำย่อ/สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|-----------------|------------------------------|
| LC | Lamina Cribrosa |
| OCT | Optical Coherence Tomography |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาทางด้านสุขภาพของคนไทยเริ่มทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นเพราะสังคมไทยในปัจจุบันประกอบด้วยผู้สูงอายุที่มากยิ่งขึ้นดังนั้นในปัญหาพิเศษนี้ เราได้สนใจในเครื่อง Optical Coherence Tomography OCT ซึ่งเรารู้ว่าเครื่อง OCT นี้ใช้ในการตรวจโรคต้อหิน ดังนั้นเราจึงหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยโรคต้อหิน โดยเริ่มศึกษาโรคต้อหิน ทำความเข้าใจ และหาทางที่จะสามารถตรวจหาโรคต้อหินได้อย่างรวดเร็ว เพราะโรคต้อหินจะไม่ปรากฏอาการจนกว่าจะเป็นโรคต้อหิน

ต้อหินเป็นโรคความเสื่อมเกิดจากขั้วประสาทตา ซึ่งมีหน้าที่รับสัญญาณภาพส่งไปยังสมอง ถูกทำลายด้วยความดันลูกตา เซลล์เส้นประสาทที่ตายไปแล้วไม่สามารถทำให้กลับฟื้นคืนมาได้ เป็นโรคที่ไม่สามารถป้องกันได้ แต่สามารถรักษาเพื่อหยุดไม่ให้อาการแย่ลงได้โดยการหยอดตา เลเซอร์ หรือผ่าตัด ต้อหิน จัดเป็นภัยเงียบอีกอย่างหนึ่ง เนื่องจากในระยะแรกจะไม่มีอาการใดๆ ถ้าไม่ตรวจก็ไม่สามารถรู้ได้ โรคจะค่อยๆเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้การมองเห็นแคบลง แต่ตรงกลางยังคงมองเห็นได้ดี ผู้ป่วยจะไม่รู้สึกผิดปกติใดๆ กว่าจจะรู้ตัวอีกทีก็อาจเกิดอาการหนักมาแล้ว อายุยิ่งเยอะ ยิ่งมีโอกาสเกิดโรคมามากขึ้น ปัจจุบันประชากรทั่วโลกมีแนวโน้มอายุยืนขึ้น ทำให้มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคต้อหินกันมากขึ้น

ความชุกของการเกิดโรค 2-6% ของประชากร และทุกๆ ช่วงอายุ 10 ปีที่เพิ่มขึ้น ก็จะมีความชุกของการเกิดโรคมามากขึ้น ปัจจุบันทั่วโลกมีคนเป็นโรคต้อหินประมาณ 60-70 ล้านคน และในจำนวนนี้ 6-7 ล้านคนมีอาการรุนแรงถึงขั้นตาบอด จากการศึกษาพบว่ามีคนไม่รู้มากกว่า 50-90% เพราะไม่เคยตรวจตา

ต้อหินเป็นสาเหตุทำให้เกิดตาบอด การสูญเสียการมองเห็น นอกจากจะเป็นภาวะต่อตนเองแล้ว ยังจะเป็นภาระต่อครอบครัวและสังคมอีกด้วย แต่ถ้าหากตรวจพบตั้งแต่ระยะแรกก็จะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดตาบอดแบบถาวรได้ ดังนั้นการตรวจตาเป็นประจำทุกปีจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง ซึ่งได้แก่ คนที่มีอายุมากกว่า 40 ปี, มีประวัติครอบครัว พ่อ แม่ พี่น้องสายตรงเป็นต้อหิน, คนไข้ที่ได้รับการผ่าตัดในลูกตา มีอุบัติเหตุทางตา, มีสายตาสั้นหรือยาวมากๆ, มีโรคประจำตัว เช่น เบาหวาน ไทรอยด์, ใช้น้ำยาสเตียรอยด์เป็นประจำ เช่นคนไข้โรคพุ่มพวง เป็นต้น

โรคต้อหินเป็นสาเหตุของการสูญเสียสายตาในประชากรทั่วโลกมากเป็นอันดับ 2 การวินิจฉัยโรคในระยะเริ่มต้นรวมทั้งการรักษาอย่างต่อเนื่อง สามารถป้องกันการสูญเสียสายตาได้ ประชากรที่มีอายุมากกว่า 40 ปี พบเป็นโรคต้อหินประมาณร้อยละ 2 และพบมากขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น อัตราความชุกของโรคต้อหินสำหรับประชากรไทยที่มีอายุมากกว่า 60 ปีมีประมาณร้อยละ 6.1 โดยพบเป็นโรคต้อหินมุมปิดร้อยละ 40 และต้อหินมุมเปิดร้อยละ 50 ที่เหลือเป็นต้อหินชนิดอื่น ๆ อัตราความชุกของโรคต้อหินมุมปิดในคนเอเชียสูงกว่าคนผิวขาว ทำให้ความชุกของโรคต้อหินมุมปิดชนิดเฉียบพลันสูงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมข้อมูลเพื่อการให้ความรู้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่าอย่างไรก็ตามการวินิจฉัยโรคต้อหินในส่วนของ การตรวจขั้วประสาทตา (optic nerve head) และลานสายตา ที่มีลักษณะเข้าได้กับโรคต้อหิน ในส่วนของการตรวจขั้วประสาทตา เกณฑ์ที่บ่งบอกว่าผู้ป่วย

เป็นโรคต้อหิน เช่น ขนาดหลุมในขั้วประสาทตา (optic cup) ต่อขั้วประสาทตาใหญ่กว่า 0.7 มีชั้นใยประสาทบางผิดปกติ แต่เนื่องจากลักษณะของขั้วประสาทตามีความแตกต่างกันทั้งในตาปกติ และผู้ป่วยต้อหิน ทำให้การวินิจฉัยยากมากขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งไปยังรูปภาพที่ถ่ายได้จากเครื่อง OCT ซึ่งเป็นภาพของ Lamina Cribosa LC (เป็นส่วนของโครงสร้างภายในตาบริเวณจอประสาทตา) นำไปทำการผ่านวิธีการ Image Processing เพื่อสร้างโครงสร้างขนาดเล็ก 3 มิติของลามินาไครโบซาในผู้ป่วยโรคต้อหินจากเครื่องวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตา (Optical Coherence Tomography : OCT)
- 2) ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายที่ได้จากเครื่อง OCT ในคนปกติและผู้ป่วยที่เป็นโรคต้อหิน
- 3) เปรียบเทียบภาพถ่ายที่ได้จากเครื่อง OCT กับภาพถ่ายที่ได้จากการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรม MATLAB

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ศึกษาการใช้งานของเครื่องตรวจวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตา (OCT) ในการวินิจฉัยโรคต้อหินจากภาพถ่ายขั้วประสาทตา
- 2) ใช้โปรแกรม MATLAB ในการประมวลผลภาพถ่าย Tomography ในการเพิ่มความคมชัดของภาพและการสร้างโครงสร้างของลามินาไครโบซาเป็น 3 มิติ

1.4 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

- 1) คัดเลือกภาพถ่ายขั้วประสาทตาของผู้ป่วยต้อหินที่ชัดเจน
- 2) เชิญและคัดเลือกอาสาสมัครตาปกติตามเกณฑ์การคัดเลือก โดยทีมผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะดำเนินการขอความยินยอมที่หอผู้ป่วยนอก ภปร 11 ฝายจักษุวิทยา โดยให้ข้อมูลคำอธิบายวัตถุประสงค์ การตรวจที่จะปฏิบัติต่ออาสาสมัคร ประโยชน์ และความเสี่ยงที่จะได้รับ รวมถึงตอบข้อสงสัยของอาสาสมัครจนเข้าใจ และให้การตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
- 3) ถ่ายรูปขั้วประสาทตา และลานสายตอาสาสมัครตาปกติจำนวน 80 คนด้วยเครื่อง
- 4) นำภาพที่ได้จากผู้ป่วยที่เป็นโรคต้อหินและคนปกติมาเปรียบเทียบกันด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image processing) โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ
- 5) วิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้
- 6) สรุปผลการงานวิจัย
- 7) เขียนรูปเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

| งานที่ต้อง ทำในแต่ละ เดือน | ส.ค. 2017 | ก.ย. 2017 | ต.ค. 2017 | พ.ย. 2017 | ธ.ค. 2017 | ม.ค. 2018 | ก.พ. 2018 | มี.ค. 2018 | เม.ย. 2018 | พ.ค. 2018 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| ทบทวน วรรณ กรรม (Review Paper) | | | | | | | | | | |
| การ เตรียม เก็บข้อมูล ตัวอย่าง ดวงตาคน ปกติ | | | | | | | | | | |
| วิเคราะห์ ข้อมูล ภาพ | | | | | | | | | | |
| สรุปผล การ งานวิจัย | | | | | | | | | | |
| เขียน รูปเล่ม | | | | | | | | | | |

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อพัฒนาการวินิจฉัยโรคต้อหินจากภาพถ่ายชั่วประสพตา ที่สามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่ที่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญด้านต้อหินหรือจักษุแพทย์ โดยงานวิจัยนี้จะเพิ่มความคมชัดของภาพและการสร้างโครงสร้างของลามินาไครโบชาเป็น 3 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของโครงการพิเศษนี้ถูกจัดทำขึ้นมาเพื่อศึกษาโครงสร้างของลามินาโครโบซาแบบ 3 มิติ ซึ่งจะถ่ายโดยเครื่องวิเคราะห์ชั้นจอบประสาทตา ซึ่งโครงสร้างของลามินาโครโบซาจะแตกต่างกันไปในคนที่เป็นโรคต้อหิน คนเสี่ยงเป็นโรคต้อหิน และคนสุขภาพตาดี โครงการพิเศษนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของโครงสร้างลามินาโครโบซา ในการวิเคราะห์โรคต้อหิน เพื่อช่วยแยกและเปรียบเทียบภาพ ณ ตำแหน่งของลามินาโครโบซาในผู้ป่วยต้อหิน และ คนสุขภาพตาดี

2.1 Optical Coherence Tomography (OCT)

ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1991 โดยทีมนักวิจัยของ MIT ซึ่งนำทีมโดย James Fujimoto OCT เป็นเทคนิคของการถ่ายภาพตัดขวาง (tomography) โดยอาศัยคุณสมบัติ low temporal coherence ของคลื่นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นแบบกว้าง (broadband light source) ในปัจจุบัน OCT ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านชีววิทยา ด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อ และด้านการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 เครื่อง OCT รุ่น DRI OCT Triton, Swept source OCT

เอกสารนี้เป็นหลักการที่งานห้อง OCT สามารถอธิบายโดยสังเขปได้ดังนี้ แสงจาก broadband laser จะถูกกระทำไม่ว่าเล็กน้อยเข้าสู่ระบบการแทรกสอดของแสงหา ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นระบบแทรกสอดแบบไมเคลสันซ์

(Michelson interferometer) ในระบบแทรกสอดแสงไมเคลสัน แสงจากแหล่งกำเนิดจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นแสงอ้างอิง (reference beam) ซึ่งจะถูกสะท้อนกลับด้วยกระจก (reference mirror) และลำแสงต่อไปยังอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง (photodetector) ที่เอาท์พุทของระบบแทรกสอด แสงส่วนที่สองจะถูกโฟกัสด้วยเลนส์ไปยังตัวอย่างที่ต้องการถ่ายภาพ ซึ่งเลนส์ตัวเดียวกันนี้ก็จะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาจากตัวอย่าง (backscattering light) ซึ่งเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของค่าดัชนีหักเหของแสงที่ตำแหน่งต่างๆ ในชั้นตัวอย่าง (refractive index variation) แสงสะท้อนจากตัวอย่างจะถูกแทรกสอดกับแสงอ้างอิง โดยการเลื่อนตำแหน่งของกระจกใน reference arm เป็นระยะทางที่ต้องการวัด ภาพตัดขวางของตัวอย่างสร้างจากแอมพลิจูดที่แตกต่างกันของการสะท้อนที่ความลึกต่างๆ จากผิวของตัวอย่าง ระบบ OCT ที่มีการสแกนของ reference beam แบบนี้ เรียกว่า Time Domain OCT (TD-OCT) ซึ่งมีข้อจำกัดในด้านของความเร็วในการถ่ายภาพ ในเวลาต่อมา ได้มีการนำเอาความรู้เกี่ยวกับการแทรกสอดในโดเมนความถี่ มาประยุกต์ใช้กับ OCT เรียกว่า Frequency Domain OCT (FD-OCT) หรือ Spectral Domain OCT (SD-OCT) FD-OCT บันทึกค่าสัญญาณ spectral interference ที่เอาท์พุทของ interferometer ซึ่งมีจุดเด่นก็คือ ความไวต่อสัญญาณ และความเร็วของการวัด เนื่องจากไม่ต้องมีการสแกนของ reference beam อีกต่อไป FD-OCT สร้างภาพตัดขวางของตัวอย่างโดยการฉายแสงเลเซอร์ชนิด broadband ให้ไปตกกระทบลงบนผิวตัวอย่าง (sample) แล้ววัดสัญญาณ spectral interference ระหว่างสัญญาณที่สะท้อนมาจากตัวอย่างและแสงอ้างอิง ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้สเปกโตรมิเตอร์เชิงแสง (optical spectrometer) ซึ่งเมื่อนำไปผ่านการแปลงแบบฟูริเยร์แล้วจะได้สัญญาณเชิงเส้นในโดเมนพื้นที่ (spatial domain) ที่เทียบได้กับความสามารถในการสะท้อนที่ระดับความลึกต่างๆ (depth-resolved reflectivity profile) ภายใต้อินพุทของตัวอย่าง เมื่อประกอบกับการสแกนลาแสงในแนวขนานกับพื้นผิวตัวอย่าง (lateral scan) แล้ว ก็จะสามารถสร้างภาพตัดขวางในแบบ 2 มิติ และ 3 มิติได้

แสงเลเซอร์ชนิด low coherence หรือ broadband laser ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของระบบ OCT โดยเป็นตัวกำหนดความละเอียดของการถ่ายภาพในแนวลึก (depth resolution) ของระบบ OCT ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\Delta z = \frac{2 \ln 2}{\pi} \left(\frac{\lambda_0^2}{\Delta \lambda} \right) \quad (1)$$

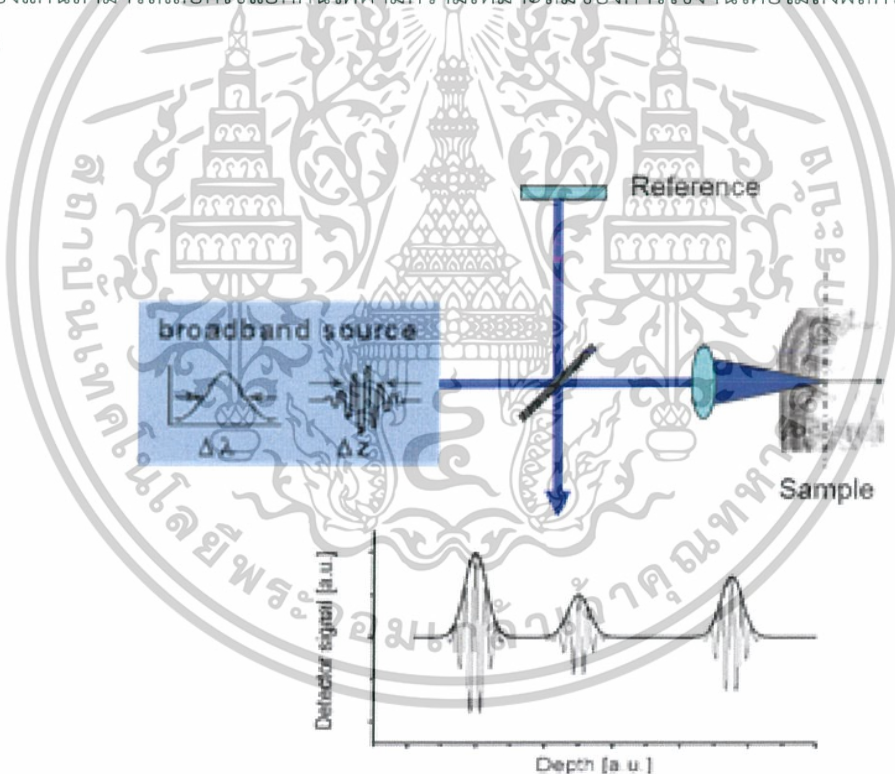
ซึ่งตีความได้ว่า ความละเอียดเชิงลึก หรือ depth resolution แปรผันตรงกับกำลังสองของ central wavelength ของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับ full width at half-maximum (FWHM) ของ และ power spectrum bandwidth ของแหล่งกำเนิดแสง นั่นคือ ยิ่งแหล่งกำเนิดแสงมีความช่วงกว้างของสเปกตรัมมากขึ้น ก็จะทำให้ความละเอียดของการถ่ายภาพในแนวลึกสูงขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการแยกแยะความหนาของชั้นตัวอย่าง

จากที่กล่าวไว้ข้างต้นเมื่อแสงเข้าสู่ระบบไมเคลสันจะกล่าวให้ละเอียด คือ แสงจากแหล่งกำเนิดจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นแสงอ้างอิง (reference beam) ซึ่งจะถูกสะท้อนกลับด้วยกระจก (reference mirror) และลำแสงต่อไปยังอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง (photodetector) ที่เอาท์พุทของระบบแทรกสอด แสงส่วนที่สองจะถูกโฟกัสด้วยเลนส์ไปยังตัวอย่างที่ต้องการถ่ายภาพ

ซึ่งเลนส์ตัวเดียวกันนี้ก็จะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาจากตัวอย่าง (backscattering light) ซึ่งเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของค่าดัชนีหักเหของแสงที่ตำแหน่งต่างๆ ในชิ้นตัวอย่าง (refractive index variation) ทั้งนี้ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ของระบบในแนวขนาน (lateral resolution) จึงถูกกำหนดด้วย diffraction limit resolution ของเลนส์ที่ใช้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก Rayleigh resolution criterion ได้ดังนี้

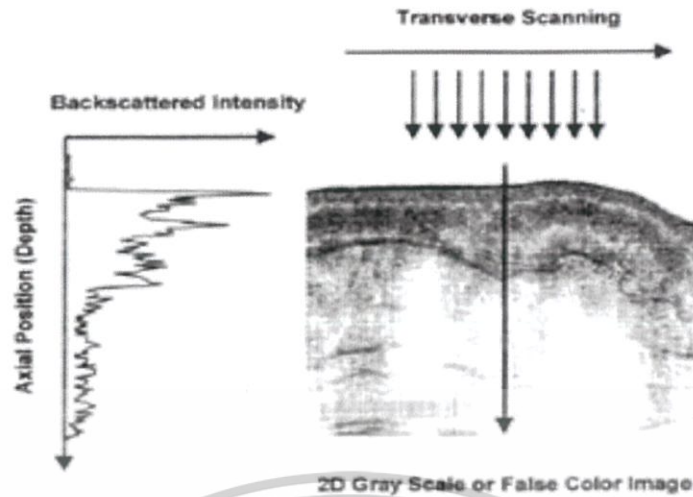
$$\Delta x = 1.22\lambda \left(\frac{f}{D} \right) \quad (2)$$

โดย f แทนความยาวโฟกัสของเลนส์ และ D คือ ขนาดของ Entrance Pupil ซึ่งถูกกำหนดโดยขนาดของลำแสงที่มาตกกระทบเลนส์ จากความสัมพันธ์ในสมการที่ (1) และ (2) จะสังเกตได้ว่า คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของ OCT คือ ความละเอียดของการถ่ายภาพในแนวลึก (depth resolution) และในแนวขวาง (axial resolution) เป็นอิสระต่อกัน นั่นหมายความว่าความละเอียดในทั้งสองแกนสามารถเลือกใช้แยกกันได้ตามความเหมาะสมของการใช้งานโดยไม่ส่งผลกระทบต่ออีกแกน



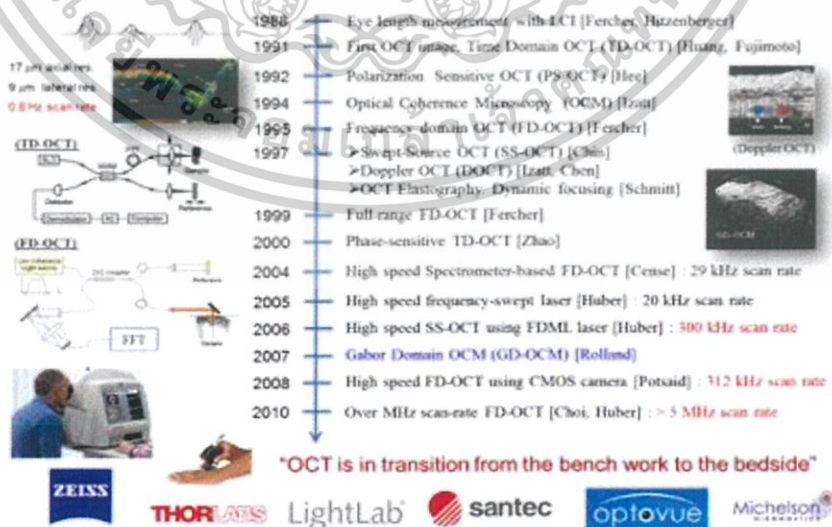
รูปที่ 2.2 ระบบ OCT อย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การสร้างภาพตัดขวางของระบบ OCT

รูปที่ 2.4 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของเทคโนโลยี OCT ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา นับตั้งแต่มีการนำเสนอระบบ OCT ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1991 จนถึงปี 2010 ด้วยหลักการทำงานของ OCT ที่คล้ายคลึงกับทั้งกล้องจุลทรรศน์และอัลตราซาวด์ การพัฒนาในยุคแรกๆ จึงเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆ ที่มีอยู่แล้วในสองระบบข้างต้นมาใช้กับ OCT โดยตรง อย่างไรก็ตาม ความท้าทายอยู่ที่การออกแบบระบบควบคุมแสงให้ทำงานที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการใช้งานในทางการแพทย์โดยเฉพาะในเรื่องของความเร็วในการถ่ายภาพ และอีกหนึ่งความพยายามในการผลักดันเทคโนโลยี OCT เพื่อการใช้งานในเชิงการวินิจฉัยทางการแพทย์ก็คือ การพัฒนาเทคนิคเพื่อการวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงานของเนื้อเยื่อตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.4 แสดงพัฒนาการที่สำคัญของเทคโนโลยี OCT
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องยอมรับความเสี่ยงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงการพิเศษได้ใช้เครื่องวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตาแบบ SS-OCT ของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ รุ่น DRI OCT Triton, Swept source OCT เพื่อเก็บภาพข้อมูล

2.2 โรคต้อหิน

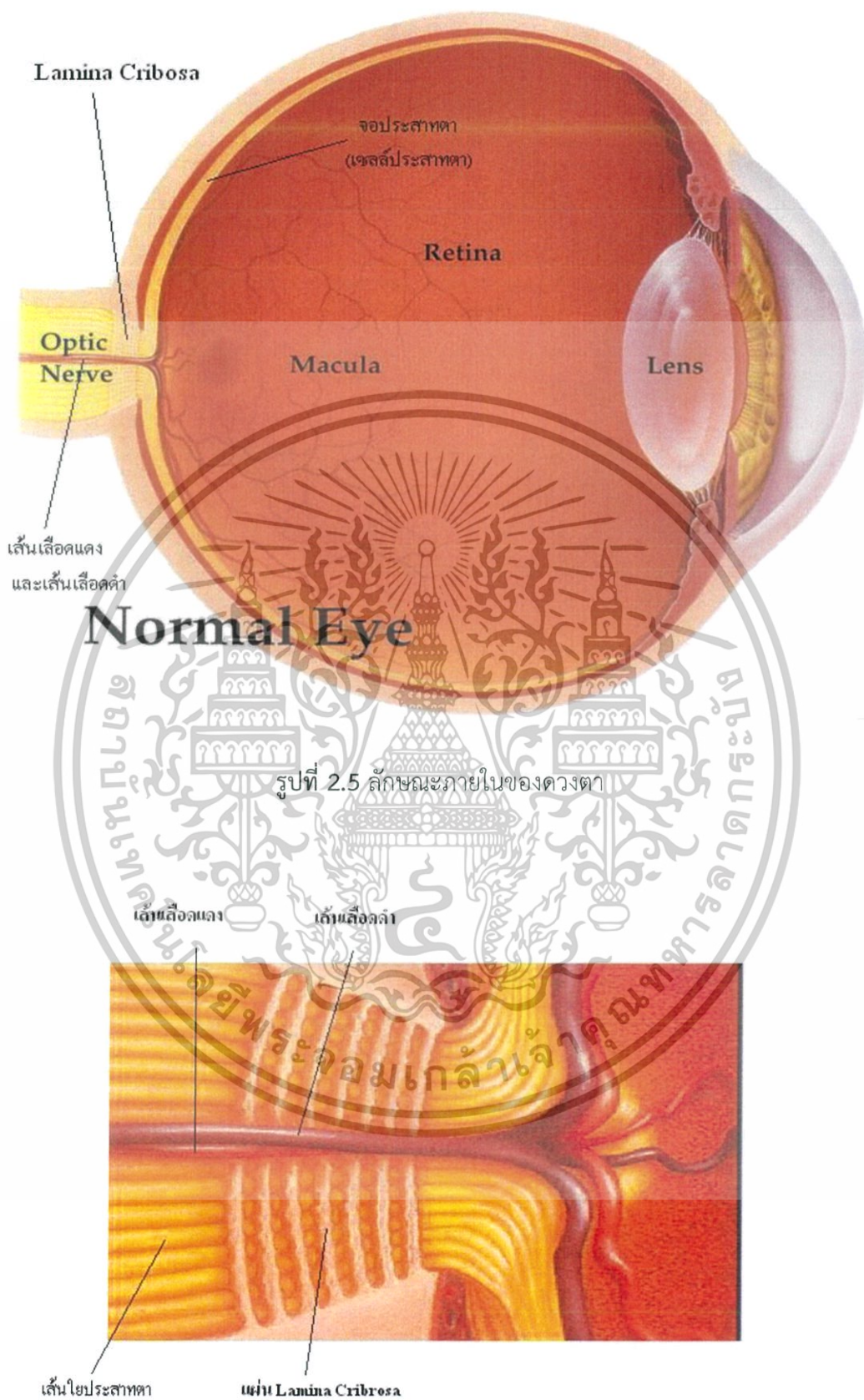
2.2.1 สาเหตุของโรคต้อหิน

เป็นเรื่องของเซลล์ประสาทตาและปริมาณเลือดที่เข้ามาหล่อเลี้ยงภายในลูกตา เมื่อไรที่อยู่ในสภาพสมดุล โรคจะหยุดนิ่ง เมื่อไรที่เกิดภาวะขาดทุน โรคจะเกิดขึ้นและสูญเสียเซลล์ประสาทตาเพิ่มขึ้นถ้าภาวะขาดทุนรุนแรงโรคจะมีสภาวะที่รุนแรงขึ้น และสามารถทำให้ตาบอดได้ในเวลา 1-2 ปี ซึ่งแตกต่างจากความเชื่อของจักษุแพทย์ในปัจจุบัน ที่เชื่อว่าสาเหตุเกิดจากความดันภายในลูกตาไปทำลายเซลล์ประสาทตาโดยตรง และคงต้องใช้เวลาอีกไม่น้อยกว่า 10 ปี ที่จะค่อยๆเปลี่ยนความเชื่อของจักษุแพทย์ให้มาสนใจในเรื่องระบบไหลเวียนเลือดเป็นสำคัญ ต้อหิน เป็นกลุ่มโรคที่มีการเสื่อมของขั้วประสาทตา ส่งผลให้เกิดการสูญเสียการมองเห็น และเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะตาบอดที่เกิดขึ้นทั่วโลก โดยปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการเกิดต้อหิน ได้แก่ ความดันตาที่สูง ความดันตา หมายถึง ความดันของของเหลวที่ไหลเวียนอยู่ภายในลูกตา โดยทั่วไปค่าความดันตาอยู่ที่ 5-22 มิลลิเมตรปรอท หากพบความดันตาสูงกว่า 22 มิลลิเมตรปรอทถือว่าเป็นภาวะความดันตาสูง และเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการเกิดต้อหิน

กลไกการเกิดโรค โรคนี้เกิดจากการเสียสมดุลระหว่างปริมาณเลือดแดงที่เข้ามาหล่อเลี้ยงเซลล์และใยประสาทตา กับสภาวะการใช้สายตา (Ganglion cells work load) ปกติ เลือดแดงที่สูบฉีดมาจากหัวใจจะมีแรงดันโดยเฉลี่ยประมาณ 120 มม.ปรอท แต่เมื่อจะเข้ามาหล่อเลี้ยงภายในลูกตา แรงดันเลือดแดงจะถูกปรับลดลงมาให้เหลือน้อยลงจนกระทั่งไม่มีแรงดันของชีพจร (Pulsation) ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่ว่า การเต้นของเส้นเลือดแดงจะมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณภาพ (แสง) ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ก่อนที่จะถูกส่งไปตามใยประสาทเพื่อนำข้อมูลการมองเห็นไปยังสมอง อย่างไรก็ตาม แรงดันเลือดแดงที่ถูกปรับลดลงจะต้องมีค่ามากกว่าความดันภายในลูกตาจึงจะสามารถสูบฉีดเลือดแดงเข้าไปในลูกตาได้ ในลูกตาส่วนหน้ามีการไหลเวียนของน้ำหล่อเลี้ยงลูกตา (aqueous humor) ซึ่งถูกสร้างจากอวัยวะภายในลูกตาที่เรียกว่า ciliary body ไหลเวียนผ่านช่องระหว่างม่านตาและเลนส์ตาสู่ช่องหน้าลูกตา และไหลเวียนออกจากลูกตาทาง trabecular meshwork (ทางระบายออกของน้ำในลูกตาอยู่ที่มุมตา มีลักษณะเป็นตะแกรง) ซึ่งในโรคต้อหินจะมีความผิดปกติของการไหลเวียนของน้ำหล่อเลี้ยงลูกตา ทำให้ความดันตาสูงขึ้นและเกิดการทำลายประสาทตามา

กลไกอะไรที่ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันดังกล่าว ถ้าดูโครงสร้างบริเวณขั้วประสาทตาที่เส้นเลือดแดงกำลังจะเข้ามาในลูกตา โดยโครงสร้างเหล่านี้จะทำหน้าที่ปรับแรงดันที่ผ่านเข้ามา จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นบริเวณของโครงสร้างที่คล้ายแผ่นตะแกรง อยู่บริเวณ Optic Nerve โดยโครงสร้างนี้มีลักษณะรายละเอียดตามรูปที่ 2.6 โดยหน้าที่และความสำคัญของโครงสร้างนี้จะกล่าวต่อไป โดยลักษณะภายในดวงตามีรายละเอียดดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



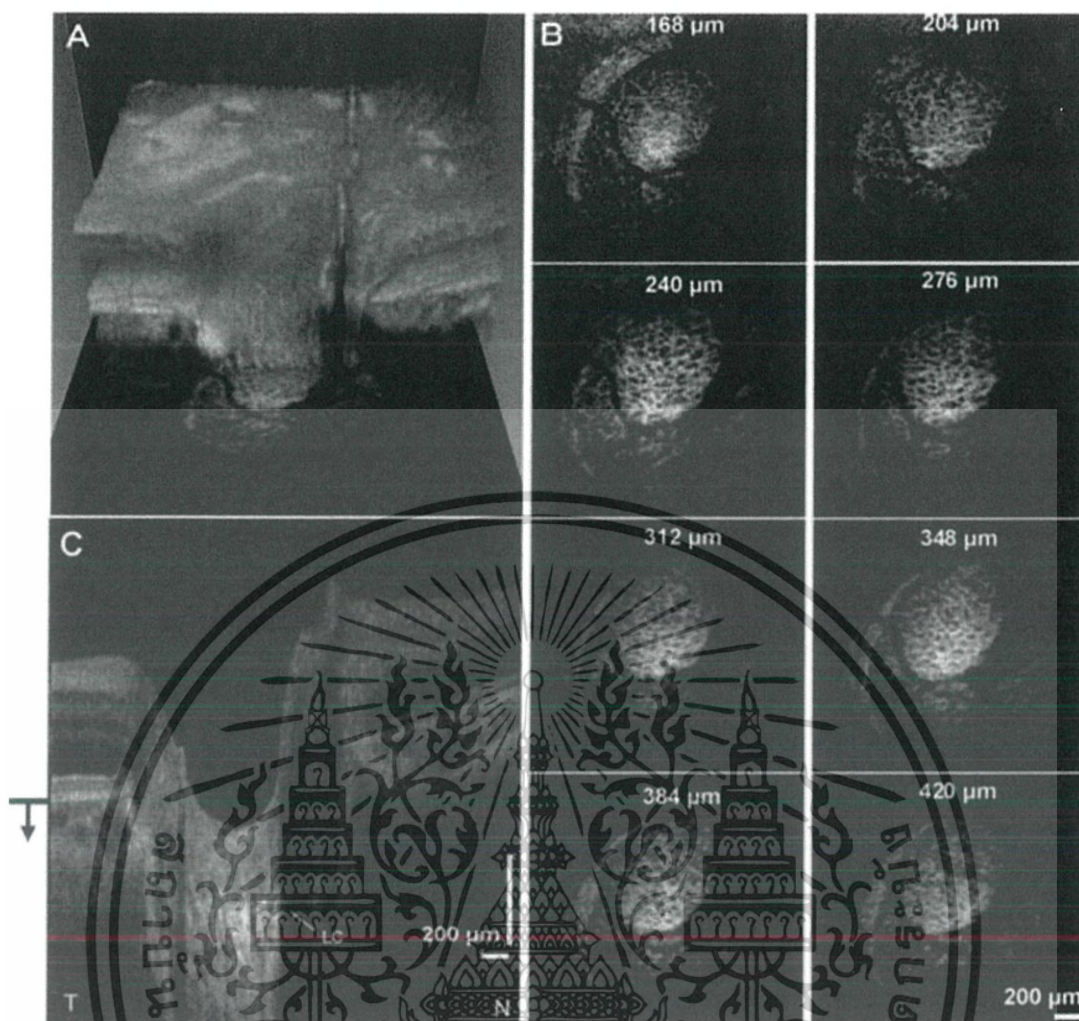
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นลิขสิทธิ์ของคณะผู้บริหารและคณาจารย์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 บริเวณของลามินาไครโบซาบริเวณ Optic Nerve

จากรูปที่ 2.6 บริเวณที่เลือดผ่านเข้าไป จะเห็นได้ว่าจะมีลักษณะคล้ายแผ่นตะแกรง ซึ่งจะอยู่บริเวณ Optic Nerve หรือบริเวณขั้วประสาทตา โดยโครงสร้างที่เหมือนแผ่นตะแกรงหลายชั้นที่ทำหน้าที่อุดช่องว่างระหว่างใยประสาทตาแต่ละเส้น รวมทั้งเส้นเลือดแดงและเส้นเลือดดำ (Central retinal artery and vein) ที่เข้าและออกจากลูกตาเพื่อรักษาแรงดันภายในลูกตาเอาไว้ให้คงที่ไม่ให้ของเหลวในลูกตารั่วซึมออกมาได้ เนื่องจากลูกตาของเราจะทำงานได้ดีจะต้องมีความต่งคงที่ในขนาดที่พอดี คือไม่สูงเกินไปและไม่ต่ำเกินไป แผ่นตะแกรงเหล่านี้มีชื่อเรียกว่า Lamina Cribrosa

Lamina Cribrosa มีลักษณะคล้ายตะแกรง โดยเชื่อว่าแผ่นตะแกรงเหล่านี้คือกลไกที่ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันเลือดแดงนั่นเอง อย่างไรก็ตาม การทำงานหรือความสมบูรณ์ของโครงสร้าง ย่อมมีความผิดพลาดหรือผิดเพี้ยนกันไปได้ ดังนั้น จะมีประชากรของโลกส่วนหนึ่งที่มีปัญหาการรั่วตัวของแผ่นตะแกรงนี้มากเกินไป ทำให้ปริมาณเลือดแดงเข้าไปหล่อเลี้ยงในลูกตาไม่เพียงพอ เกิดการตายของเซลล์ประสาทตาอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะถึงจุดสมดุล ระหว่างปริมาณเลือดแดงที่เข้ามาหล่อเลี้ยงและจำนวนเซลล์ที่เหลืออยู่นั้นคือ โรคต้อหินสามารถหยุดการดำเนินโรคได้เองเมื่อถึงจุดสมดุลดังกล่าว นอกจากนี้ ในคนปกติทั่วไป จะมีการสูญเสียเซลล์ประสาทตาเล็กน้อยๆ ไปเรื่อยๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้น จากสภาพความเสื่อมของเส้นเลือดแดงตามอายุขัย (Arteriosclerosis) แต่จำนวนเซลล์ประสาทตาที่เหลืออยู่ ยังคงมีจำนวนมากพอที่จะดำเนินชีวิตได้ตามปกติจนถึงสิ้นอายุขัย อย่างไรก็ตาม กลไกการเกิดโรคต้อหินก็ไม่ใช่เรื่องง่ายๆ ตรงไปตรงมาเพียงเท่านี้ เนื่องด้วยยังมี ภาวะอื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง และมีผลกระทบต่อความสมดุล ของระบบไหลเวียนเลือดภายในลูกตาก็หลายกรณี ดังนั้น ลามินาโคโบซาจึงมีความสำคัญมากในการวินิจฉัยโรคต้อหินซึ่งสามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยคนนั้นเป็นโรคต้อหินมากแค่ไหน หรือกำลังจะเป็นโรคต้อหินหรือไม่ ในโครงการพิเศษนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญนี้จึงจะเพิ่มศักยภาพในการใช้งานภาพของลามินาโคโบซาที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตาให้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 รูป Lamina Cribrosa ที่ได้จากการถ่ายจากเครื่อง OCT

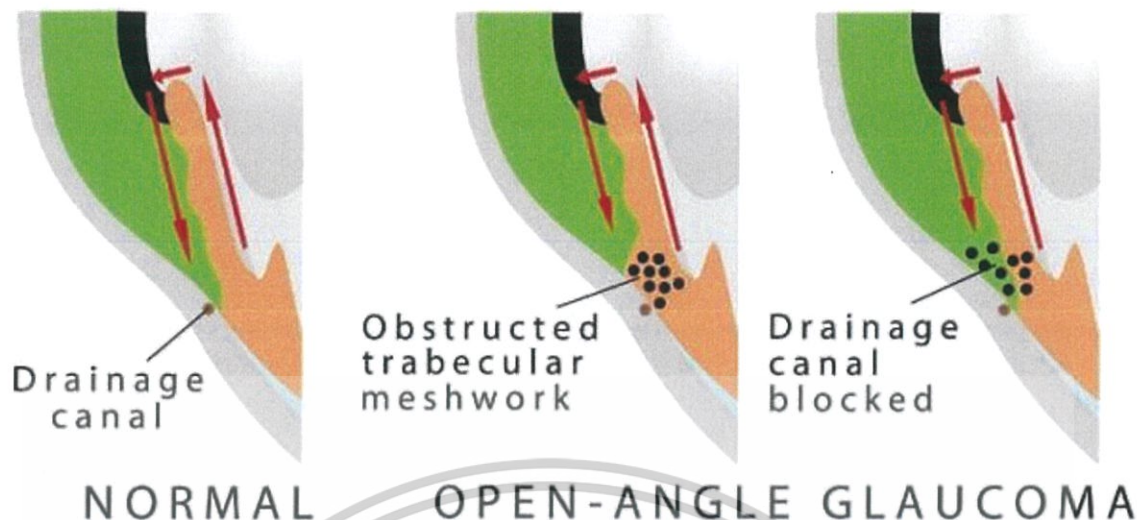
2.2.2 ประเภทของต้อหิน

2.2.2.1 ต้อหินชนิดปฐมภูมิ (Primary glaucoma)

1.) ต้อหินมุมเปิด (primary open angle glaucoma)

เป็นต้อหินที่พบได้บ่อยกว่าต้อหินประเภทอื่นๆ เกิดจากการอุดตันของ ตะแกรงบริเวณมุมตา trabecular meshwork ทำให้น้ำหล่อเลี้ยงไม่สามารถไหลเวียนออกได้ตามปกติ จึงเกิดความดันตาสูงส่งผลให้ประสาทตาถูกทำลาย ซึ่งต้อหินประเภทนี้สามารถแบ่งย่อยได้อีกสองแบบ คือ ความดันตาสูง และ ความดันตาดปกติ อาการ ผู้ป่วยส่วนมากไม่แสดงอาการในระยะแรกๆ แต่หากไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียการมองเห็นอย่างช้าจนนำไปสู่การตาบอดในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.8 ต้อหินมุมเปิด (primary open angle glaucoma)

2) ต้อหินมุมปิด (Primary angle-closure glaucoma)

แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ต้อหินชนิดเฉียบพลัน เกิดจากความดันตาสูงโดยทันทีทำให้เกิดอาการทางสายตาคั่นที่ คือ ปวดตาอย่างรุนแรง ตาแดง ปวดศีรษะ อาจทำให้ตาบอดได้อย่างรวดเร็ว ต้อหินชนิดเรื้อรัง เกิดจากความดันลูกตาเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ อาจไม่สูงมากจะมีอาการปวดตา ปวดศีรษะเล็กน้อยหรือไม่ปวดเลย ตาจะค่อยๆ เห็นแคบหรือมัวลงที่ละน้อยจนแทบไม่ได้สังเกตเห็นเกิดความผิดปกติขึ้น จึงมักถูกปล่อยทิ้งไว้จนประสาทตาเสียไปมาก แล้วค่อยมาพบแพทย์ ซึ่งอาจสายเกินไปที่จะรักษาให้ตากลับไปเห็นได้ดีเหมือนเดิม

2.2.2.2 ต้อหินทุติยภูมิ (Secondary glaucoma)

เป็นต้อหินที่เกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น อุบัติเหตุทางสายตา การใช้ยาหยอดตา หรือการผ่าตัด

2.2.2.3. ต้อหินแต่กำเนิด (Congenital glaucoma)

เป็นต้อหินที่พบในเด็กแรกคลอดจนอายุ 3 ขวบ สาเหตุเกิดการพันธุกรรม

2.2.3 การรักษา

แม้ต้อหินจะไม่สามารถรักษาหายขาดได้ เพราะประสาทตาจะเสียหายอย่างถาวร แต่การรักษาที่ถูกต้องจะต้องป้องกันไม่ให้ประสาทตาถูกทำลายมากขึ้นไปอีก เมื่อพบว่าเป็นโรคต้อหินผู้ป่วยต้องได้รับการรักษาโดยการควบคุมความดันภายในลูกตาให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยซึ่งวิธีการรักษาสามารถทำได้หลายอย่าง

1) การใช้ยา

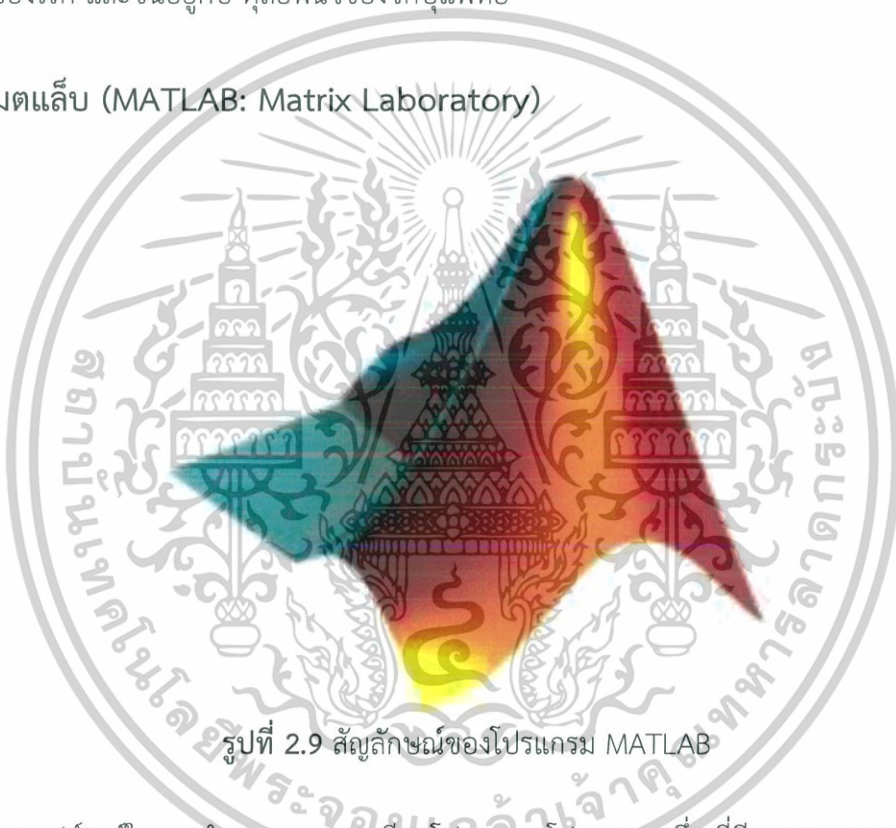
มีทั้งยาหยอดตา ยารับประทาน และยาฉีดเข้าเส้นเลือดเพื่อลดการผลิตของน้ำหล่อเลี้ยงภายในลูกตา หรือไปขยายช่องถ่ายเทให้น้ำไหลออกสะดวกขึ้น แต่เนื่องจากยาออกฤทธิ์อยู่ได้ไม่นาน ผู้ป่วยจึงจำเป็นต้องคอยหย่นใช้ยาตามเวลาที่ได้รับการแนะนำอย่างเคร่งครัด ถ้าใช้ยาไม่สม่ำเสมอ ความดันตาจะสูงขึ้นในช่วงที่ยาหมดฤทธิ์ และทำลายการมองเห็นไปเรื่อยๆ จนตาบอดได้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเห็ดดแบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ต้องไปรับการตรวจรักษาจากจักษุแพทย์เป็นระยะๆ เพื่อดูความดันตา และลานสายตารวมทั้งการตรวจอื่นๆ เพื่อให้มั่นใจว่ายาที่ให้เพียงพอที่จะควบคุมโรคได้ จักษุแพทย์จะช่วยปรับวิธีการรักษาให้เหมาะสมตามความรุนแรงของโรค

2) การใช้แสงเลเซอร์และการผ่าตัด

ในรายที่ใส่ยาไม่ได้หรือไม่ได้ผล อาจเป็นเพราะยาไม่สามารถลดความดันตาลงได้พอ หรือแพ้ผลข้างเคียงของยา ต้องใช้วิธีฉายแสงเลเซอร์หรือการผ่าตัด โดยการทำให้ช่องทางถ่ายเทน้ำหล่อเลี้ยงใหม่ เพื่อให้ไหลได้สะดวกขึ้น ใช้ในรายที่พบว่าประสาทตาถูกทำลายไปเรื่อยๆ แม้ความดันตาไม่สูงมากก็ตาม หรือรายที่ใส่ยาไม่ได้หรือใช้แล้วไม่ได้ผล และผู้ป่วยที่อยู่ห่างไกลไม่สามารถมารับการรักษาเป็นประจำได้ การเลือกรักษาโดยวิธีใช้ไต ขึ้นอยู่กับชนิด ความรุนแรงและอาการของโรค และขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของจักษุแพทย์

2.3 แมตแล็บ (MATLAB: Matrix Laboratory)



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์ของโปรแกรม MATLAB

เป็นซอฟต์แวร์ในการคำนวณและการเขียนโปรแกรม โปรแกรมหนึ่ง ที่มีความสามารถครอบคลุมตั้งแต่ การพัฒนาอัลกอริธึม การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการทำซิมูเลชันของระบบ การสร้างระบบควบคุม และโดยเฉพาะเรื่อง image processing และ wavelet การสร้างเมตริกซ์ ผลิตโดยบริษัทแมตเวิร์กส์ ตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยคือ บริษัท เทคเซอร์ส ซิสเต็มส์ (ประเทศไทย) จำกัด แมตแล็บเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในแวดวงของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในปัจจุบันชื่อโปรแกรม MATLAB นั้นย่อมาจาก Matrix Laboratory แมตแล็บได้เริ่มต้นขึ้นเพื่อต้องการให้เราสามารถแก้ปัญหาตัวแปรที่มีลักษณะเป็นเมตริกซ์ได้ง่ายขึ้น แมตแล็บ เริ่มพัฒนาครั้งแรกโดย Dr. Cleve Moler ซึ่งเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาด้วยภาษาฟอร์แทรน โดยโปรแกรมนี้ได้พัฒนาภายใต้โครงการ LINPACK และ EISPACK

การทำงานแมตแล็บสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้แมตแล็บประมวลผลไปเรื่อยๆ หรือสามารถที่จะรวบรวม ชุดคำสั่งเรานั้นเป็นไมโครกรณิต่างๆ ขึ้นชื่อ ออพุทตามมีให้ดูแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้โปรแกรมก็ได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของแมตแล็บก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บใน ลักษณะของแถวลำดับ

คือในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็กๆขึ้น ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็นแถวลำดับ ในแมตริกซ์ เราไม่จำเป็นที่จะต้องจองมิติเหมือนกับ การเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ำทั่วไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะ ของเมทริกซ์และเวกเตอร์ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียน โปรแกรมโดยภาษาซีหรือภาษาฟอร์แทรน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- [1] Z. Nadler, B. Wang, G. Wollstein, J. E. Nevins, H. Ishikawa, R. Bilonick, L. Kagemann, I. A. Sigal, R. D. Ferguson, A. Patel, D. X. Hammer and J. S. Schuman, “Repeatability of in vivo 3D lamina cribrosa microarchitecture using adaptive optics spectral domain optical coherence tomography” , BIOMEDICAL OPTICS EXPRESS , Vol. 5, No. 4 , pp 1114-1123 Feb 2014
- [2] T. Kim, L. Kagemann, M. J. A. Girard, N. G. Strouthidis, K. R. Sung, C. K. Leung, J. S. Schuman and G. Wollstein, “Imaging of the Lamina Cribrosa in Glaucoma: Perspectives of Pathogenesis and Clinical Applications*” , Informa healthcare , Vol.38, No.3 , pp 903-909 2013



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะอธิบายการทำงานในการศึกษาดำเน่งของลามินาโครโบซาโดยจะแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ การรวบรวมข้อมูลรูปภาพของ ผู้ป่วยต้อหิน และ คนสุขภาพตาดี และการนำภาพที่ได้มาใช้งานโดยการสร้างเป็นภาพแบบ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม Matlab และนำไปใช้งานต่อโดยการวิเคราะห์ด้วยจักษุแพทย์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบของลามินาโครโบซา ในผู้ป่วยต้อหินและคนสุขภาพตาดีรวมถึงหาขีดจำกัดในการวิเคราะห์รูปภาพ โดยไม่ต้องผ่านการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญหรือจักษุแพทย์

3.1 การรวบรวมข้อมูล

โดยจะมีเกณฑ์ดังนี้ เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัคร โดยแบ่งอาสาสมัครเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ป่วยต้อหิน และอาสาสมัครสุขภาพตาดี โดยจะใช้รูปถ่ายขั้วประสาทตาเดิมของผู้ป่วยมาทำการวิเคราะห์ ส่วนในกรณีอาสาสมัครตาปกติ จะเป็นการถ่ายภาพใหม่ หลังเช็ญและคัดเลือกเข้าร่วมโครงการแล้ว

3.1.1 ผู้ป่วยต้อหิน

- 1.อายุมากกว่า 18 ปี
- 2.ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นต้อหินโดยจักษุแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านต้อหิน โดยอาศัยเกณฑ์การวินิจฉัยคือ พบความผิดปกติของขั้วประสาทตาและลานสายตาที่ผิดปกติ
- 3.ได้รับการถ่ายภาพขั้วประสาทตา ตรวจลานสายตา และเครื่องวิเคราะห์จอประสาทตา ระดับจุลภาค (optical coherence tomography ; OCT) ห่างกันไม่เกิน 6 เดือน

3.1.2 อาสาสมัครตาปกติ

- 1.อายุมากกว่า 18 ปี
- 2.ไม่พบความผิดปกติจากการตรวจตาด้วยภาพถ่ายขั้วประสาทตา ลานสายตา และOCT

3.1.3 เกณฑ์การคัดออก

- 1.ผู้ป่วยที่มีโรคของจอประสาทตา วินตา และจักษุประสาท
- 2.ผู้ป่วยที่มีภาวะจอประสาทตาบางจากสาเหตุอื่นๆ
- 3.ผู้ที่มีโรคทางระบบประสาท กล้ามเนื้อ หรือโรคทางจิตเวช ที่ทำให้ไม่สามารถทำลานสายตาหรือถ่ายภาพขั้วประสาทตา และ OCT ได้
- 4.ผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุทางตา
- 5.ผู้ที่ไม่สามารถเข้าหาหยอดขยายม่านตาได้

3.1.4 เกณฑ์การประเมินคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารภาพถ่ายขั้วประสาทตา คือ มีขั้วประสาทตาอยู่บริเวณกลางภาพ และมองเห็นขอบขั้วการค้ำ
ไม่ว่า ประสาทตา และเส้นเลือดชัดเจน แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.ลานสายตา คือ มี fixation loss, false positive และ false negative errors น้อยกว่า 33%
- 3.ภาพจากเครื่อง OCT คือ มีข้อผิดพลาดอยู่บริเวณกลางภาพ ไม่มีแถบหรือเงาสีดำบังในบริเวณภาพ และมีค่า signal strength อย่างน้อย 7

3.1.5 การเลือกในการใช้ภาพ

- 1.เลือกภาพถ่ายข้อผิดพลาดของผู้ป่วยต่อหินที่เคยได้รับการตรวจแล้ว ประมาณ 10 ชุด
- 2.เชิญและคัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเลือกโดยทีมผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย จะดำเนินการขอความยินยอมที่หอผู้ป่วยนอก ภปร 11 ฝ่ายจักษุวิทยา โดยให้ข้อมูลคำอธิบาย วัตถุประสงค์ การตรวจที่จะปฏิบัติต่ออาสาสมัคร ประโยชน์ และความเสี่ยงที่จะได้รับ รวมถึงตอบข้อสงสัยของอาสาสมัครจนเข้าใจ และให้การตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
- 3.ถ่ายรูปข้อผิดพลาด และลานสายตาอาสาสมัครตามปกติจำนวน 50 คน และเลือกภาพจากตา 1 ข้างเพื่อใช้ในการวิจัย
- 4.เปลี่ยนข้อมูลส่วนตัว ได้แก่ เลขที่โรงพยาบาล และชื่อ นามสกุล ผู้ป่วยเป็นรหัสสำหรับงานวิจัยนี้
- 5.ภาพที่ได้ทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เพื่อนำมาใช้ในส่วนการเรียนรู้ของเครื่อง และการทดสอบ ส่วนแรกจะใช้ภาพจากผู้ป่วยต่อหิน 5 ชุด และอาสาสมัครตามปกติ 5 ชุด
- 6.นำภาพที่ได้จากการถ่ายจากเครื่องวิเคราะห์ชั้นจอประสาทตา มาผ่านกระบวนการสร้างภาพเป็น 3มิติ โดยโปรแกรม MATLAB

3.2 การใช้งานโปรแกรม MATLAB ในการสร้างภาพ 3 มิติ

ในการสร้างภาพแบบ 3 มิตินั้นมาจากการนำภาพทั้งหมดมาเรียงต่อกันเป็นจำนวนหลายภาพโดยเรียงกันเป็นชั้นๆต่อกันไป หลังจากนั้นใช้เทคนิคเพื่อทำให้ได้ภาพ 3 มิติ ที่มีเพียงแต่ปริมาตรภายในของ ลามินาโครโบซา แต่ด้วยเนื่องจากภาพที่ได้มาอาจจะไม่มีความคมชัดมากพอ และ คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลมีศักยภาพไม่เพียงพอ อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในโครงงานพิเศษนี้ ซึ่งกำลังอยู่ในช่วงจัดการและปรับปรุงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงสุด

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ป่วยโรคต่อหิน และ คนสุขภาพตาดี เมื่อจัดการสร้างภาพได้ตามที่ต้องการจะส่งข้อมูลภาพเหล่านี้กลับไปยังโรงพยาบาลจุฬาเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ผู้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล พญ.อนิตา มนัสสาร ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ A-4 ภาควิชา จักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยงานวิจัยนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าไม่ได้มี พญ.อนิตา มนัสสาร

3.2.1 การใช้งานโปรแกรม MATLAB

ในเบื้องต้นในการสร้างภาพ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB เราจะทำการศึกษาการทำงานของโปรแกรม MATLAB เพื่อเข้าใจวิธีการใช้งานและขีดจำกัดในการใช้งานโปรแกรม โดยในงานวิจัยนี้เราสนใจการใช้งานโปรแกรม MATLAB ในหัวข้อ Image Processing ต่างๆ โดยใน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

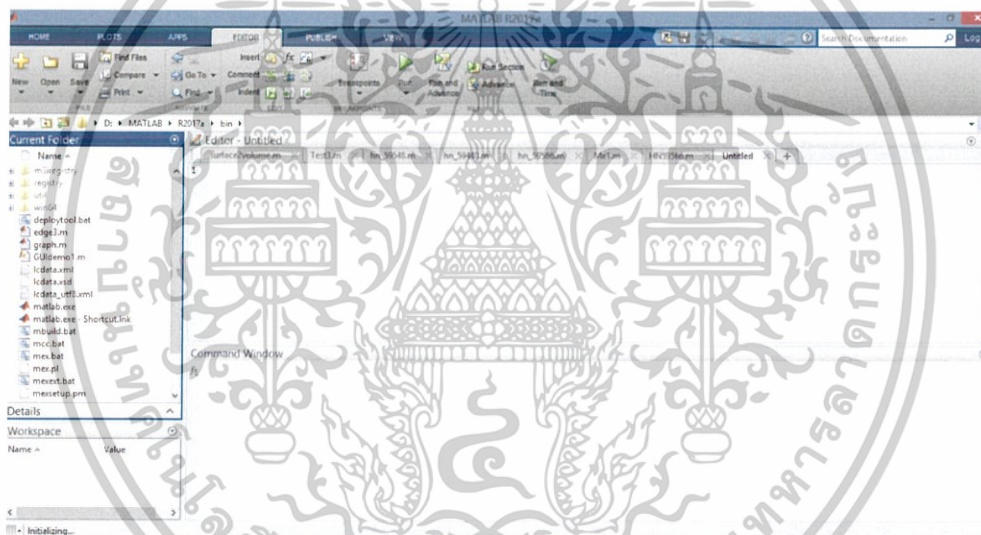
การศึกษานี้เราได้ศึกษาใน Matwork เพื่อทำความเข้าใจและหาวิธีการในการสร้างภาพ 3 มิติ จากภาพ 2 มิติ โดยเราศึกษาในหัวข้อ Image Processing Toolbox และจะแบ่งย่อยตามที่ศึกษา ดังนี้

1. imread
2. imshow
3. im2bw
4. imcrob
5. if else
6. surface2volume
7. bwarea

ซึ่งคำสั่งเหล่านี้ที่ได้ทำการศึกษาจะนำไปใช้ในการสร้างภาพแบบ 3 มิติ

วิธีการใช้งานโปรแกรม MATLAB

เมื่อเราทำการเปิดโปรแกรม MATLAB หน้าต่างแรกที่เราจะเห็นจะเป็นหน้าต่างมาตรฐานเพื่อใช้ในการเขียนโค้ด



รูปที่ 3.1 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม MATLAB

โดยจะแบ่งย่อยหน้าต่างการใช้งานออกเป็นดังนี้

1. Editor เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการเขียนโค้ดคำสั่งต่างๆเพื่อใช้งาน
2. Command windows เป็นหน้าต่างที่คอยเตือนเวลาเขียนคำสั่งแล้วเกิดการ Error หรือใช้ในการเช็คคำสั่งต่างๆ หรือใช้ในการค้นหาข้อมูลคำสั่ง โดยพิมพ์คำว่า Help เพื่อหาข้อมูล
3. Work Space เป็นหน้าต่างที่แสดงไฟล์ต่างๆที่เราอ่านเข้าไปในโปรแกรม
4. Current Folder เป็นหน้าต่างที่แสดง Folder ปัจจุบันที่เราตั้งไว้ โดยในการ Run คำสั่งต่างๆ หน้าต่าง Current Folder จะต้องอยู่ใน Folder ที่เรา Save คำสั่งเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานโปรแกรมก็จะมีรายละเอียดเล็กน้อยประมาณนี้ ต่อไปเราจะต้องศึกษาคำสั่งที่ได้ค้นหาไว้ในหัวข้อ Image Processing

3.2.2 คำสั่งในการทำภาพ 3 มิติ

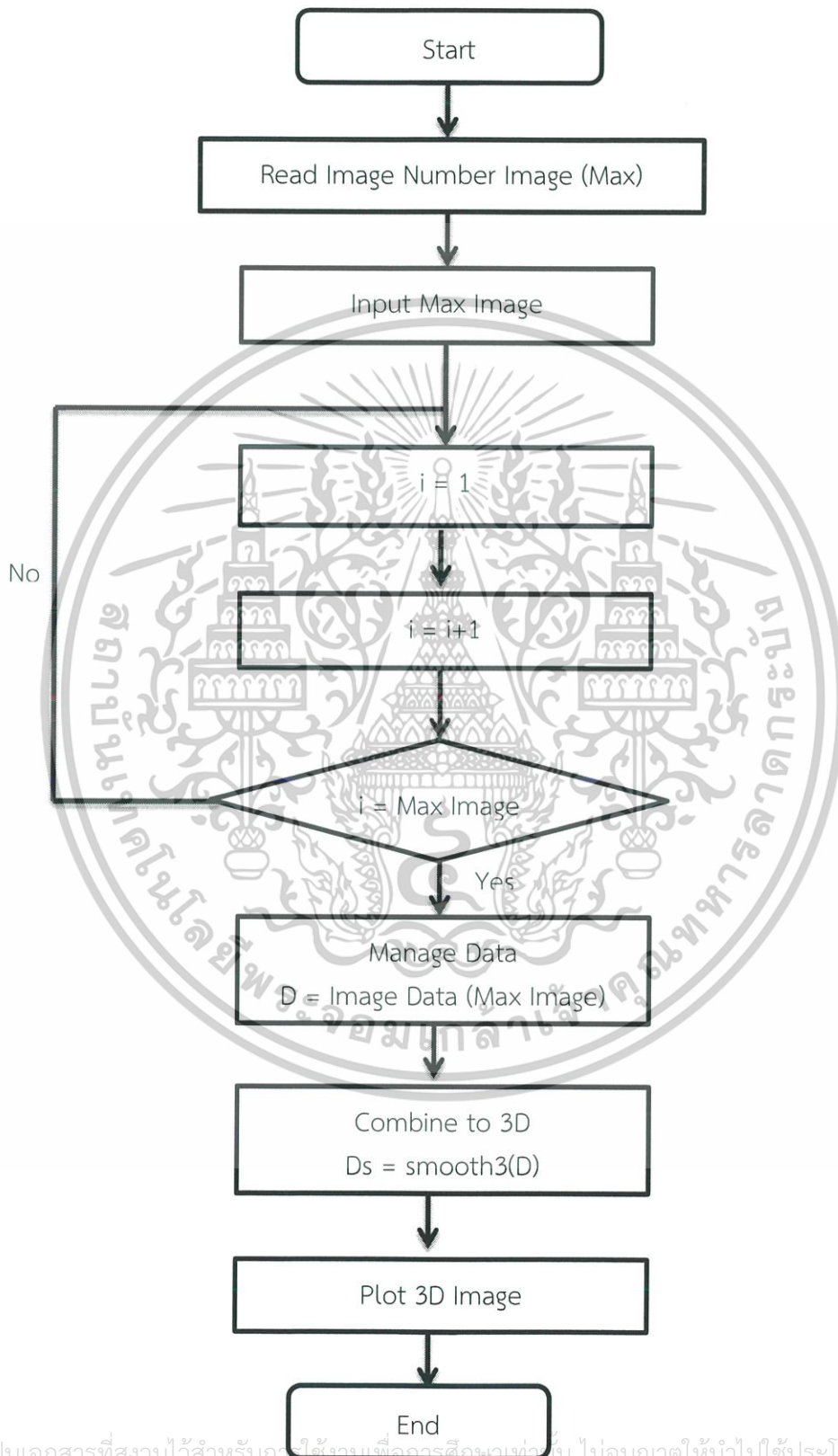
ตามที่ได้พูดไว้ก่อนหน้านี้ จำเป็นต้องศึกษาการใช้งานโปรแกรม MATLAB ในหัวข้อ Image Processing โดยที่เราได้ศึกษามาจะมีรายละเอียดดังนี้

1. คำสั่ง imread เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านภาพเข้าโปรแกรม MATLAB เพื่อใช้งานต่อไป
2. คำสั่ง imshow เป็นคำสั่งแสดงภาพที่ได้อ่านเข้าไปในโปรแกรม
3. คำสั่ง im2bw เป็นคำสั่งที่แปลงภาพต่างเป็นภาพ Black-White ซึ่งจะเป็นภาพขาวดำ และจะมีค่าแค่ 0 กับ 1 เท่านั้น เพื่อสะดวกในการใช้งาน
4. คำสั่ง imcrob เป็นคำสั่งตัดภาพ เพื่อตัดภาพแค่ส่วนที่ต้องการจะใช้งาน
5. คำสั่ง if else เป็นคำสั่งวนลูปเพื่อใช้ในการอ่านค่าภาพจำนวนมากเข้าโปรแกรม เพื่อลดเวลาในการอ่านค่าทีละภาพมาเป็นอ่านเป็นที่ละชุดจำนวนมากๆ
6. คำสั่ง Surface2volume เป็นคำสั่งที่นำภาพ 2 มิติ มาสร้างเป็น 3 มิติ
7. คำสั่ง bwarea เป็นคำสั่งที่ใช้คำนวณหาพื้นที่ของภาพขาวดำ โดยนำมาประยุกต์หาพื้นที่ของ LC โดยหาพื้นที่ LC ของแต่ละภาพแล้วนำมาบวกกันโดยทั้งหมดนี้ เป็นรายละเอียดเล็กน้อยจากที่ได้ศึกษามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วิธีการทำงาน

โดยวิธีการสร้างภาพ Lamina Cribrosa 2 มิติ เป็น 3 มิติ เขียนได้เป็นไดอะแกรมดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปที่ 3.2 ได้อัลกอริทึมแสดงการทำภาพแบบ 3 มิติ จากภาพ 2 มิติ ครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเปรียบเทียบโครงสร้าง Lamina Cribosa

ในส่วนของการเปรียบเทียบ เราได้แบ่งการเปรียบเทียบภาพ 3 มิติ ของคนที่เป็นโรคต้อหินและคนสุขภาพตาดีไว้ดังนี้

3.3.1 การเปรียบเทียบโดยการสังเกต

ในส่วนนี้จะทำการเปรียบเทียบโดยการสังเกต รูปร่าง โครงสร้างของ Lamina Cribrosa เพราะจากทฤษฎี โครงสร้างของ Lamina Cribrosa จะแตกต่างกันในผู้ป่วยโรคต้อหินและคนสุขภาพตาดี

3.3.2 การเปรียบเทียบโดยการวัดปริมาตรของ Lamina Cribrosa

ในส่วนนี้จะทำการวัดปริมาตรโดยวัดจากภาพ 2 มิติ แต่ละภาพ จำนวนภาพเท่าๆกันแล้วมาบวกกัน เพื่อเปรียบเทียบ ปริมาตร โดยใช้คำสั่งในโปรแกรม MATLAB ในการทำงาน และเนื่องจากข้อมูลของเรามีน้อย จึงอาจทำให้คลาดเคลื่อนได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในบทนี้จะเป็นผลของการทำงานโดยการใช้โปรแกรม MATLAB ในการสร้างภาพแบบ 3 มิติ จากภาพ 2 มิติ แผนผังไดอะแกรมนี้ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 ในส่วนต่อไปจะแสดงให้เห็นผลของการทำภาพ 3 มิติ โดยรายละเอียดสามารถเขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังที่แสดงไว้ จากไดอะแกรมในบทที่ 3

4.1 ผลการสร้างภาพ 3 มิติ

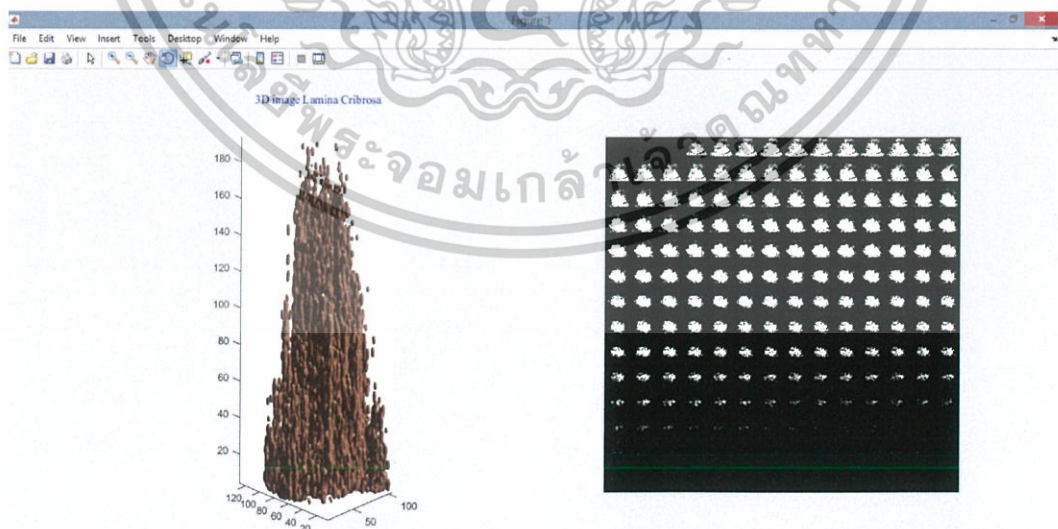
ในการสร้างภาพ 3 มิตินั้นจะต้องแบ่งข้อมูลในการทำเป็น 2 ประเภท เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยจะเป็นเป็นดังนี้

- 1.ผู้ป่วยโรคต้อหิน
- 2.คนสุขภาพปกติ

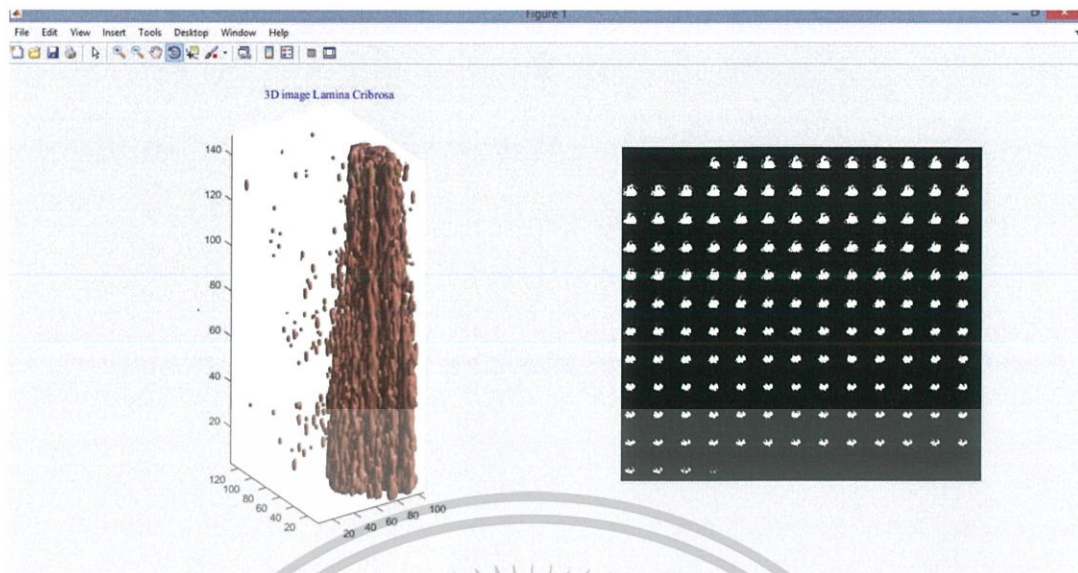
โดยข้อมูลภาพในการสร้างภาพ 3 มิติ นั้นได้ข้อมูลมาจาก โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และเนื่องจากเป็นข้อมูลของผู้ป่วยในโรงพยาบาล จึงไม่สามารถเปิดเผยชื่อ หรือข้อมูลของผู้ป่วยได้ โดยทั้งนี้ สามารถเปิดเผยได้แค่ภาพที่ถ่ายจากเครื่องวิเคราะห์หัตถ์จอประสาทตา โดยผลของการสร้างภาพ 3 มิติ ได้ผลดังนี้

4.1.1 ผู้ป่วยโรคต้อหิน

ในส่วนข้อมูลผู้ป่วยไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้ เผยได้แค่ภาพ 3 มิติ ที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม MATLAB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.1 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 1 (ชาย)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ภาพ 2 มิติของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 1 (ชาย)



รูปที่ 4.2 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 2 (ชาย)
ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 2 (ชาย)



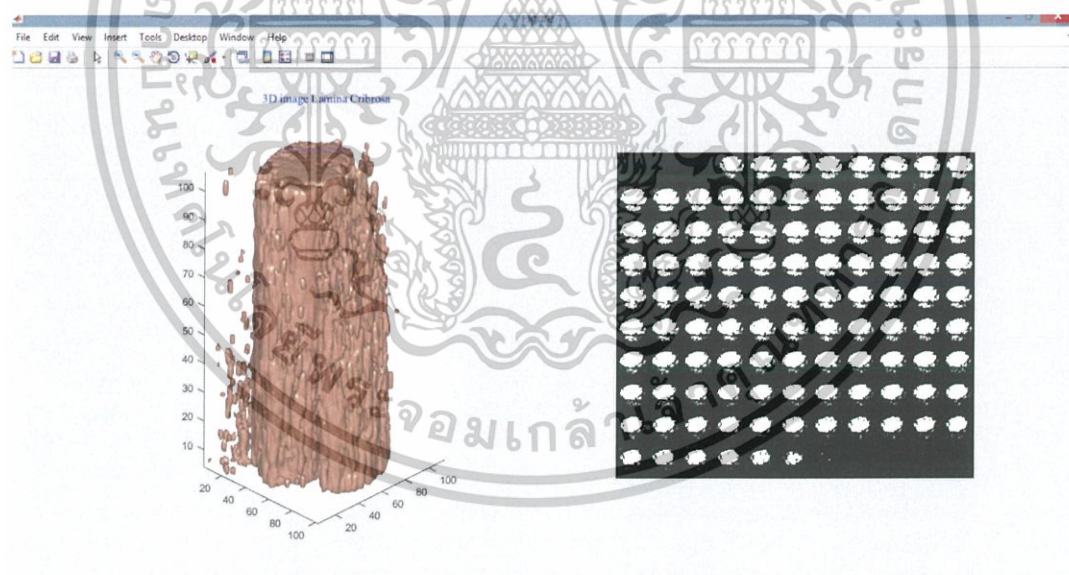
รูปที่ 4.3 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 3 (ชาย)
ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหินคนที่ 3 (ชาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของภาพ 3 มิติ ของผู้ป่วยโรคต้อหิน จะเห็นได้ว่ารูปแบบของท่อ LC จะมีรูปทรงที่บิดเบี้ยว ไม่มีรูปร่างที่แน่นอน และมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ซึ่งตามทฤษฎีที่ว่า หากคนเป็นโรคต้อหินแล้ว รูปร่างของ LC จะเปลี่ยนไป เนื่องจาก LC คือท่อที่ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันเลือดที่เข้ามาหล่อเลี้ยงลูกตา ดังนั้นถ้าหากเกิดโรคต้อหิน จะเกิดความดันที่ผิดปกติ จะทำให้โครงสร้างบริเวณนี้สูญเสียรูปแบบโครงสร้าง LC ไป

4.1.2 คนสุขภาพตาดี

ในส่วนของคุณสมบัติของคนสุขภาพตาดี จะมีข้อมูลน้อย เนื่องจากไม่สามารถถ่ายภาพตาของคนสุขภาพตาดีได้ เนื่องจากการจะสามารถยืนยันได้ว่าบุคคลนี้ไม่เป็นต้อหินจะต้องผ่านการตรวจอย่างถูกวิธีและผ่านการตรวจโดยจักษุแพทย์ ซึ่งในงานนี้เราได้ข้อมูลของคนสุขภาพตาดีมาเพียง 1 คนเท่านั้น ดังนั้นข้อมูลอาจมีความคลาดเคลื่อน แต่เราต้องการให้งานสามารถทำต่อไปได้จึงใช้ข้อมูลชุดนี้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับ ผู้ป่วยโรคต้อหิน ดังนั้นถ้าหากต้องการขยายงานวิจัยนี้จะต้องเพิ่มข้อมูลของคนสุขภาพตาดีเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้ป่วยโรคต้อหิน โดยผลที่ได้จากการประมวลผลภาพเป็น 3 มิติ ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.4 ภาพ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในคนสุขภาพตาดี (ซ้าย)
ภาพ 2 มิติ ของ Lamina Cribrosa ในคนสุขภาพตาดี (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนภาพ 3 มิติ ของคนสุขภาพปกติจะเห็นได้ว่าโครงสร้าง LC นั้นเกาะกันเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง และมีความเป็นโครงสร้างรูปแท่งที่เห็นได้ชัด ซึ่งตรงกับทฤษฎีที่ได้ตั้งไว้ในบทที่ 2 ที่กล่าวไว้ว่า เนื่องจาก LC คือท่อที่ทำหน้าที่ปรับลดแรงดันเลือดที่เข้ามาหล่อเลี้ยงลูกตา ดังนั้นถ้าหากคนที่ไม่เป็นโรคต้อหิน โครงสร้างของ LC จะสมบูรณ์กว่าโครงสร้าง LC ของผู้ป่วยโรคต้อหิน ซึ่งผลภาพ 3 มิติที่ได้ สามารถแบ่งออกได้อย่างชัดเจนว่า รูปแบบใดเป็นโรคต้อหิน จะสังเกตได้จากภาพของ LC ที่ไม่สมบูรณ์

4.2 การเปรียบเทียบโครงสร้าง Lamina Cribosa

ในส่วนของการเปรียบเทียบ เราได้แบ่งการเปรียบเทียบภาพ 3 มิติ ของคนที่เป็นโรคต้อหินและคนสุขภาพปกติไว้ดังนี้

- 1) การเปรียบเทียบโดยการสังเกต
- 2) การเปรียบเทียบโดยการวัดปริมาตรของ Lamina Cribosa

ผลการเปรียบเทียบเป็นดังนี้

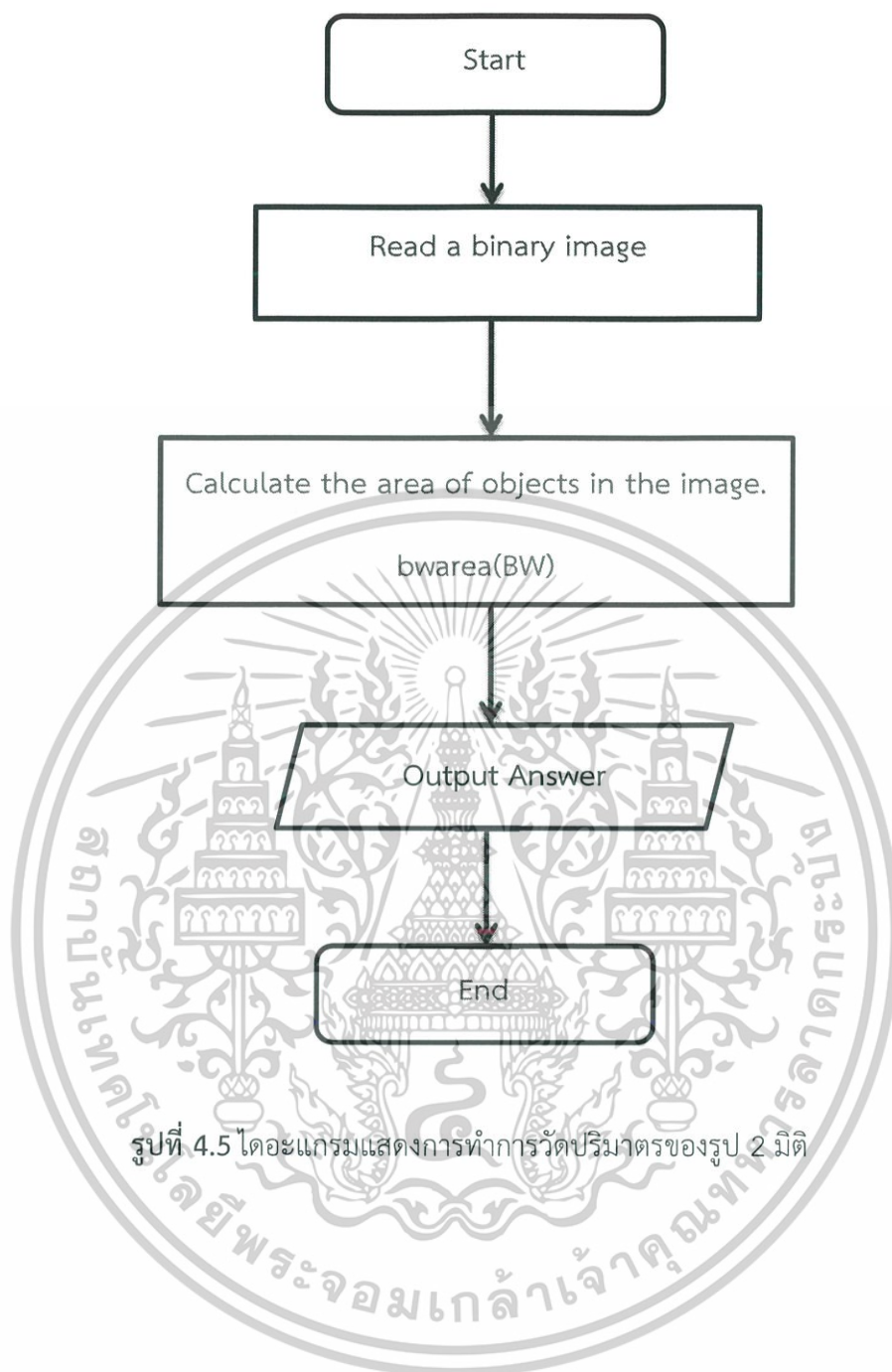
4.2.1 การเปรียบเทียบโดยการสังเกต

จากรูปจะเห็นได้ว่าปริมาตรของ LC ในคนสุขภาพปกติจะมีรูปร่างและความแน่นของโครงสร้างมากกว่าในผู้ป่วยโรคต้อหิน ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ว่าถ้าหากเกิดโรคต้อหินจะทำให้โครงสร้างของ LC เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ปริมาตรน้อยลง และโครงสร้างไม่เป็นทรงที่ดีเนื่องจาก LC คือโครงสร้างเส้นเลือดที่เป็นทางผ่านของเลือดไปหล่อเลี้ยงดวงตา เมื่อเกิดโรคต้อหินทำให้ความดันตาผิดปกติและทำให้โครงสร้าง LC นี้เปลี่ยนรูป และสูญเสียโครงสร้างที่ดีไป ดังนั้น ผลในการสร้างภาพ 3 มิติ แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า โครงสร้างของ LC แตกต่างกันของผู้ป่วยโรคต้อหินและคนสุขภาพปกติโดยใช้วิธีการสังเกต ซึ่งการเปรียบเทียบวิธีนี้ไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจนว่าบุคคลนั้นได้เป็นโรคต้อหิน ดังนั้น จะต้องทำให้ละเอียดขึ้น โดยการวัดปริมาตรของ LC

4.2.2 การเปรียบเทียบโดยการวัดปริมาตรของ Lamina Cribosa

ในส่วนนี้จะทำการวัดปริมาตรโดยวัดจากภาพ 2 มิติ แต่ละภาพ จำนวนภาพเท่าๆกันแล้วมาบวกกัน เพื่อเปรียบเทียบ ปริมาตร โดยใช้คำสั่งในโปรแกรม MATLAB ในการทำงาน และเนื่องจากข้อมูลของเรามีน้อย จึงอาจทำให้คลาดเคลื่อนได้ จากวิธีการทำงานของการหาปริมาตรในบทที่ 3 โดยมีการทำงานและสามารถเขียนเป็นไดอะแกรมได้ข้างล่างดังนี้ โดยการวัดปริมาตรของ Lamina Cribosa นั้น เราได้ทำการรวมข้อมูลภาพ 2 มิติเป็นชุดเดียวกันเพื่อป้อนข้อมูลเข้าและได้ทำการวัดปริมาตรทั้งหมดของ Lamina Cribosa เลย โดยใช้เกณฑ์จำนวนภาพเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ไดอะแกรมแสดงการทำการวัดปริมาตรของรูป 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ผลดังนี้

1) ผู้ป่วยโรคต่อหิน

```
Command Window
Initializing ... done in 0.0473556 sec
Rasterize points in patches to grid points ... done in 44.8476 sec
Fill volume ... done in 3.9597 sec

ans =

'Total volume of Lamina Cribrosa = 193618.375 pixel*pixel*pixel'

fx >>
```

รูปที่ 4.6 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต่อหินคนที่ 1

```
Command Window
Initializing ... done in 0.0583896 sec
Rasterize points in patches to grid points ... done in 26.9053 sec
Fill volume ... done in 3.61341 sec

ans =

'Total volume of Lamina Cribrosa = 129074.625 pixel*pixel*pixel'

fx >>
```

รูปที่ 4.7 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต่อหินคนที่ 2

```
Command Window
Initializing ... done in 0.0622661 sec
Rasterize points in patches to grid points ... done in 68.9011 sec
Fill volume ... done in 3.92229 sec

ans =

'Total volume of Lamina Cribrosa = 194815.000 pixel*pixel*pixel'

fx >>
```

รูปที่ 4.8 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต่อหินคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) คนสุขภาพปกติ

```

Command Window
Initializing ... done in 0.0410181 sec
Rasterize points in patches to grid points ... done in 33.5612 sec
Fill volume ... done in 2.77639 sec

ans =

'Total volume of Lamina Cribrosa = 238521.000 pixel*pixel*pixel'
fx >>

```

รูปที่ 4.9 แสดงปริมาตรของ Lamina Cribrosa ในคนสุขภาพปกติ

จากข้อมูลในการหาปริมาตรจะเห็นได้ว่าปริมาตรของ Lamina Cricrosa ของคนสุขภาพปกติ จะมีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของผู้ป่วยโรคต้อหิน แต่ปริมาตรของผู้ป่วยโรคต้อหินนั้นก็แตกต่างกัน ระดับหนึ่งทำให้ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานไว้ต่อว่า ผู้ป่วยโรคต้อหินนั้นมีระยะที่ Lamina Cribrosa ถูกทำลาย ทำให้โครงสร้างนี้ แตกต่างกันไปในผู้ป่วยโรคต้อหินระดับต่างๆ เนื่องจาก ผู้วิจัยไม่ได้ข้อมูล ส่วนนี้มาว่าผู้ป่วยโรคต้อหิน ป่วยระดับใด จึงตั้งสมมุติฐานไว้เพียงเท่านี้ แต่จากข้อมูลปริมาตรทำให้ เราสามารถรู้ว่า ปริมาตรของ Lamina Cribrosa แตกต่างกันของคนสุขภาพปกติและผู้ป่วยโรคต้อหิน และเนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนพิกเซลรูปภาพทำให้การแปลงหน่วยปริมาตรเป็นไป ได้ยากขึ้น จึงละหน่วยของ ปริมาตรไว้ในหน่วยของ Pixel*Pixel*Pixel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างภาพแบบ 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa เพื่อเปรียบเทียบกัน แสดงให้เห็นว่า รูปแบบโครงสร้าง 3 มิติ ของ Lamina Cribrosa นั้น แตกต่างกันไปในผู้ป่วยโรคต้อหิน และคน สุขภาพตาดี โดยคนสุขภาพตาดีนั้นจะมีโครงสร้างของ Lamina Cribrosa สมบูรณ์กว่า ผู้ป่วยโรคต้อ หิน ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ในส่วนของการเปรียบเทียบกันนั้น ผู้วิจัยได้หาวิธีการวัด ปริมาตร ของ Lamina Cribrosa ซึ่งจากการวัดปริมาตรได้ผลว่า ปริมาตรของ Lamina Cribrosa ของผู้ป่วยโรคต้อหินนั้นจะน้อยกว่าคนสุขภาพตาดี แต่เช่นเดียวกัน ในผู้ป่วยโรคต้อหินนั้น ระยะของ โรคมีผลต่อโครงสร้างนี้เช่นเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาพิเศษนี้ ได้นำเสนอวิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้าง Lamina Cribrosa ในผู้ป่วยโรคต้อหิน และ คนสุขภาพตาดี ซึ่งผู้ที่ศึกษาในเรื่องนี้ สามารถศึกษาคำสั่ง MATLAB เชิงลึกในหัวข้อ Image Processing Toolbox และสามารถนำไปประยุกต์ใช้การ ทำการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับการวินิจฉัยโรคต้อหินได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Z. Nadler, B. Wang, G. Wollstein, J. E. Nevins, H. Ishikawa, R. Bilonick, L. Kagemann, I. A. Sigal, R. D. Ferguson, A. Patel, D. I. X. Hammer and J. S. Schuman, "Repeatability of in vivo 3D lamina cribrosa microarchitecture using adaptive optics spectral domain optical coherence tomography", BIOMEDICAL OPTICS EXPRESS, Vol. 5, No. 4, pp 1114-1123 Feb 2014
- [2] T. Kim, L. Kagemann, M. J. A. Girard, N. G. Strouthidis, K. R. Sung, C. K. Leung, J. S. Schuman and G. Wollstein, "Imaging of the Lamina Cribrosa in Glaucoma: Perspectives of Pathogenesis and Clinical Applications*", Informa healthcare, Vol.38, No.3, pp 903-909 2013
- [3] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชาจักษุแพทย์ ตำราจักษุวิทยาสำหรับนิสิตแพทย์และแพทย์เวชทั่วไป. กรุงเทพฯ : ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2556
- [4] โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ในกรุงเทพต้อหิน.[ค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2561].โรคต้อหิน.[Online] สืบค้นจาก : <https://www.bumrungrad.com/th/vision-eye-examination-surgery-center-bangkok-thailand/conditions/glaucoma>
- [5] Matwork [ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2561] Image Processing สืบค้นจาก : <https://www.mathworks.com/help/images/3d-volumetric-image-processing.html>
- [6] Daniel Guetlmar.24 ตุลาคม 2548.[ค้นเมื่อ 2 มกราคม 2561] Surface2volume สืบค้นจาก: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/8772-surface2volume>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้