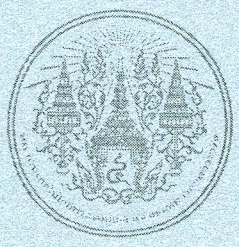


รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบโพรบนำคลื่นไมโครเวฟแบบโค้งงอเพื่อใช้ในการทำลายเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นต่อมลูกหมาก

Microwave Hyperthermia applicator design for prostate cancer treatments

ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบโพรบนำคลื่นไมโครเวฟแบบโค้งงอเพื่อใช้ในการทำลายเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นต่อมลูกหมาก

Microwave Hyperthermia applicator design for prostate cancer treatments

ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

12697965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบโพรบนำคลื่นไมโครเวฟแบบโค้งงอเพื่อใช้ในการทำลายเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นต่อมลูกหมาก

Microwave Hyperthermia applicator design for prostate cancer treatments

ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่องานวิจัย: การออกแบบโพรบนำคลื่นไมโครเวฟแบบโค้งงอเพื่อใช้ในการทำลายเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นต่อมลูกหมาก

นักวิจัย: ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ **สาขาวิชา:** วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ทำการออกแบบและเครื่องกำเนิดความถี่ไมโครเวฟเพื่อการประยุกต์ใช้และพัฒนาในการทำลายเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นกับร่างกายของมนุษย์ โดยในความสามารถของเครื่องนี้มีความแตกต่างจากเครื่องทั่วไป คือ ใช้ระบบการควบคุมแบบดิจิตอล ซึ่งจะให้การควบคุมที่มีความแม่นยำมากขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานขาออกตามการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ และมีการทำงานที่มีการควบคุมกำลังงานขาออกให้ผลทางด้านอุณหภูมิที่ทำลายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ส่งผลไม่เกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อ เพื่อลดการเสียหายที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อให้มีการเสียหายที่น้อยลง โดยใช้ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ ในการทำนานความร้อนที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อในเวลาถัดไป ทำให้ทราบว่าจะทำการลดกำลังงานลงหรือหยุดจ่ายชั่วครู่ เพื่อลดการสูญเสีย

คำสำคัญ: ระบบการควบคุมอัตโนมัติ, ระบบการบำบัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ , สมการความร้อนทางชีววิทยา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Microwave Hyperthermia applicator design for prostate cancer treatments
Researcher: Dr.Pattarapong Phasukkit
Faculty: Engineering **Department:** Electronic Engineering

ABSTRACT

This research designed and microwave frequency generator to the application and development of destroying cancer cells that happen to the human body. The capacity of this machine is different from the common use of digital control systems. Which will be controlled with greater precision. Does not change the power output based on changes in the tissue. And work with controlled power output, resulting in the destruction temperature is changing slowly. Result in damage to the tissue. To minimize damage to the tissue damage is less. By means of changes at various temperatures. In doing longer to heat up the tissue to be to decrease power in next time. Keeping in mind that it will cut down or stop paying for a while to reduce damage.

Keywords : Automatic Temperature control, Microwave Ablation , Bio heat Equation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนวิจัยเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ 2556

ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง V

สารบัญภาพ VI

บทที่/1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

บทที่/2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 บทนำ 7

2.2 กายวิภาคของต่อมลูกหมาก 7

2.3 สรีระวิทยาของต่อมลูกลูกหมาก 10

2.4 โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก 11

2.5 สมการความร้อนในทางชีววิทยา 12

2.6 พื้นฐานการกระจายความร้อยภายในเนื้อเยื่อ 13

บทที่/3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 15

3.1 บทนำ 15

3.2 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 15

3.3 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟต์แวร์ 17

3.4 พื้นฐานสมการทางด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 19

3.5 วิเคราะห์สนามแม่เหล็กที่ความถี่สูง 21

3.6 สมการความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิ 21

3.7 การประยุกต์ใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ 22

บทที่/4 ผลการจำลองการทำงานด้วยระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ 24

4.1 ผลการจำลองสายอากาศแบบยึดเกาะกับต่อมลูกหมาก 24

บทที่/5 สรุปผลการวิจัย 31

เอกสารอ้างอิง 32

หมายเหตุ

1. ชื่อหัวข้อและจำนวนบทสามารถปรับให้สอดคล้องกับงานวิจัยได้ตามความเหมาะสมของงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์/ด้านสังคมศาสตร์
2. เครื่องหมาย / หมายถึง การเว้นวรรค 1 ระยะตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 สถิติโรคมะเร็ง 10 อันดับในไทย (เพศชาย).....3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

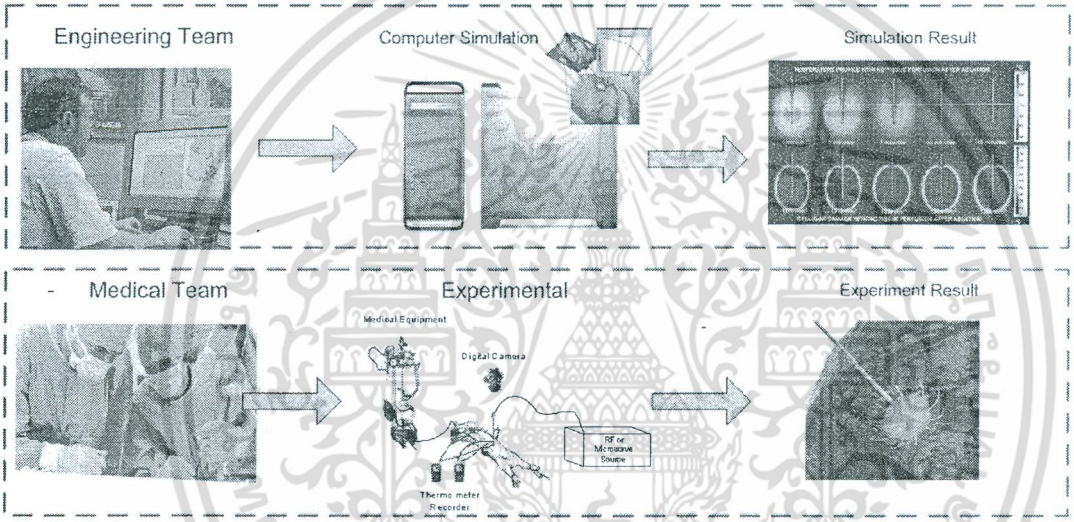
1.1 โครงสร้างการทำงานของงานวิจัย....1
1.2 นายแพทย์สมบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการรักษาโดยใช้คลื่นความถี่ ผู้ร่วมวิจัยจากโรงพยาบาลราชวิถี....2
1.3 ทีมวิจัยได้สาธิตการใช้งานเครื่องต้นแบบกับนายแพทย์ผู้ร่วมวิจัยในการพัฒนางานวิจัยร่วมกัน....3
1.4 แสดงสายอากาศนำคลื่นชนิดที่มีความอ่อนตัวสะดวกต่อการสอดใส่ในอวัยวะที่มีการโค้งงอ....4
1.5 แสดงสายอากาศแบบ เมทัลทิป ในการใช้งานกับมะเร็งลำไส้ใหญ่....4
1.6 แสดงสายอากาศไมโครเวฟ ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการแก้ไขเส้นเลือดที่บกพร่องในผู้ป่วยเส้นเลือดขอด....5
2.1 โครงสร้างของต่อมลูกหมาก....7
2.2 ลักษณะโครงสร้างเส้นเลือดและเส้นประสาทของต่อมลูกหมาก....8
2.3 โครงสร้างของต่อมลูกหมาก....9
2.4 ลักษณะของต่อมลูกหมากปกติ (ด้านบน) และมะเร็งต่อมลูกหมาก (ด้านล่าง)....10
2.5 กราฟแสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์มะเร็ง....14
3.1 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ถูกแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์และโหนด....15
3.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์....17
3.3 รูปแบบจำลองชิ้นงานและรูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์....18
3.4 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระดูก....23
4.1 แบบจำลองต่อมลูกหมาก....24
4.2 แสดงโครงสร้างสายอากาศในแบบจำลองต่อมลูกหมาก....25
4.3 แสดงโครงสร้างโครงข่าย MESH....25
4.4 แสดงการแพร่กระจาย SAR ในเนื้อเยื่อต่อมลูกหมาก....26
4.5 แสดงการแพร่กระจายอุณหภูมิที่ระยะเวลา ก) 1 นาที ข) 2 นาที ค) 3 นาที ง) 4 นาที จ) 5 นาที....26
4.6 แสดงการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้า Electric Intensity (V/m)....29
4.7 แสดงการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็ก Magnetic flux intensity (A/m)....29
4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของการทำลายเซลล์มะเร็งที่ต่อมลูกหมาก....30
4.9 กราฟแสดงค่าขนาดการทำลายที่เวลาต่างๆ....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบัน เครื่องมือทางการแพทย์มีราคาที่สูงมาก และความหลากหลายของการเกิดโรคในปัจจุบัน มีมาก การทำงานทางด้านวิศวกรรมในปัจจุบัน จำเป็นต้องทำงานให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งก็คือแพทย์ผู้ทำการรักษา เพื่อพัฒนาเครื่องมือทางการแพทย์ให้สามารถตอบโจทย์ความต้องการของแพทย์ผู้ทำการรักษา นอกจากสามารถนำงานด้านวิศวกรรมมาพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ ยังสามารถนำเสนองานวิจัยในวารสารระดับประเทศเช่น IEEE ซึ่งเป็นวารสารที่มีมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้น ถือว่างานวิจัยเป็นงานวิจัยที่มีประโยชน์ ต่อการนำไปใช้งานจริงและด้านงานวิชาการ



รูปที่ 1.1 โครงสร้างการทำงานของงานวิจัย

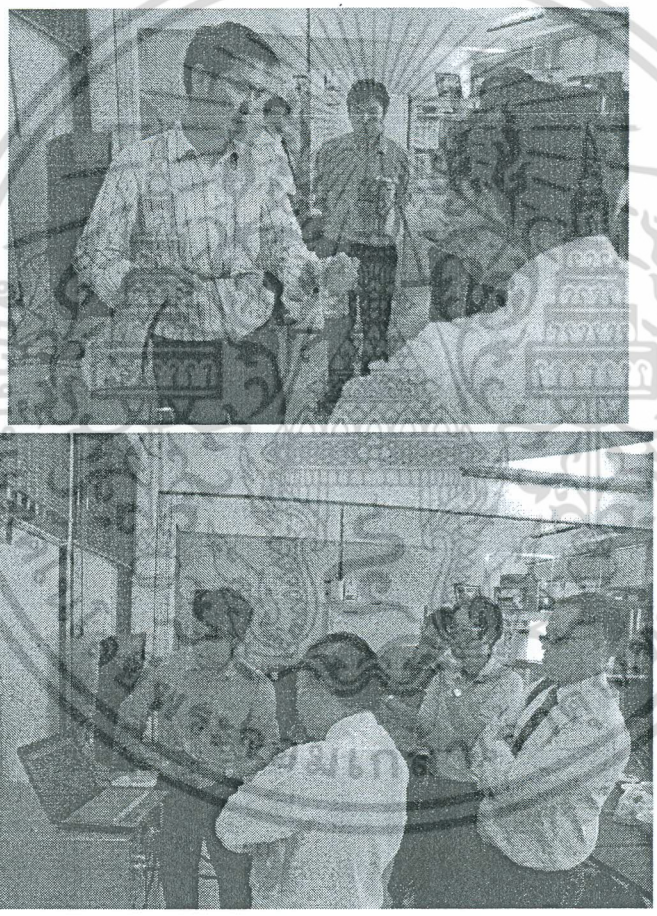
โครงสร้างของ การทำงาน ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นทางด้านวิศวกรรม ทำการออกแบบสายอากาศนำคลื่นที่สอดคล้องกับการใช้งาน โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบ

ส่วนที่ 2 เป็นงานด้านทางการแพทย์ ที่ทางผู้วิจัยต้องหาความร่วมมือด้านการนำเอาสายอากาศไปใช้งาน เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของสายอากาศที่ทำการออกแบบ โดยในขั้นต้นจะทำการทดลองกับเนื้อเยื่อชนิด In Vitro เนื่องโครงสร้างการทำงานไม่จำเป็นต้องนำส่วนของการไหลของเลือดเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 นายแพทย์สมบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการรักษาโดยใช้คลื่นความถี่ ผู้ร่วมวิจัย จากโรงพยาบาลราชวิถี



รูปที่ 1.3 ทางทีมวิจัยได้สาธิตการใช้งานเครื่องต้นแบบกับนายแพทย์ผู้ร่วมวิจัย ในการพัฒนางานวิจัยร่วมกัน

ทางกลุ่มวิจัยได้มีแนวทางในการทำงานวิจัยที่ชัดเจน โดยมุ่งเน้นในการพัฒนางานวิจัยที่มีคุณค่า โดยได้รับความร่วมมือในการวิจัยจาก นายแพทย์สมบูรณ์ ทรัพย์วงศ์เจริญ และคณะ จากโรงพยาบาลราชวิถีโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

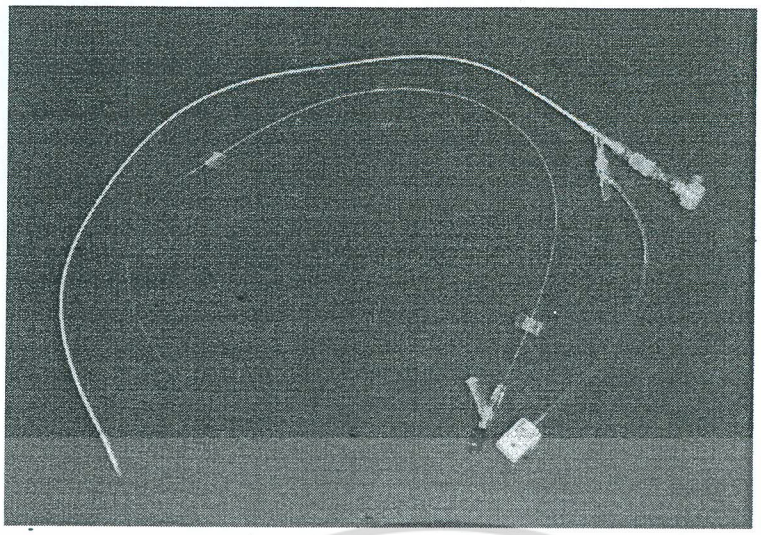
งานวิจัยที่เกิดขึ้นจะเป็นงานวิจัยที่มีคุณค่า โดยเป็นการนำหลักการทางวิศวกรรมมาพัฒนางานวิจัยทางด้านการแพทย์ เป็นงานวิจัยที่สามารถตีพิมพ์ในวารสารที่มี impact factor ที่สูง

ตาราง 1.1 สถิติโรคมะเร็ง 10 อันดับในไทย (เพศชาย)

ตำแหน่ง	จำนวน	ร้อยละ
มะเร็งตับและท่อน้ำดี	33,313	27.3
มะเร็งปอด	20,602	16.9
มะเร็งลำไส้ใหญ่	6,262	5.1
มะเร็งต่อมน้ำเหลือง	4,819	4.0
มะเร็งต่อมลูกหมาก	4,305	3.5
มะเร็งช่องปาก	3,828	3.1
มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ	3,773	3.1
มะเร็งกระเพาะอาหาร	3,464	2.8
มะเร็งเม็ดเลือด	3,205	2.6
มะเร็งทวารหนัก	3,135	2.6
อื่นๆ	35,280	28.9
รวมทั้งหมด	**121,986**	**100.0**

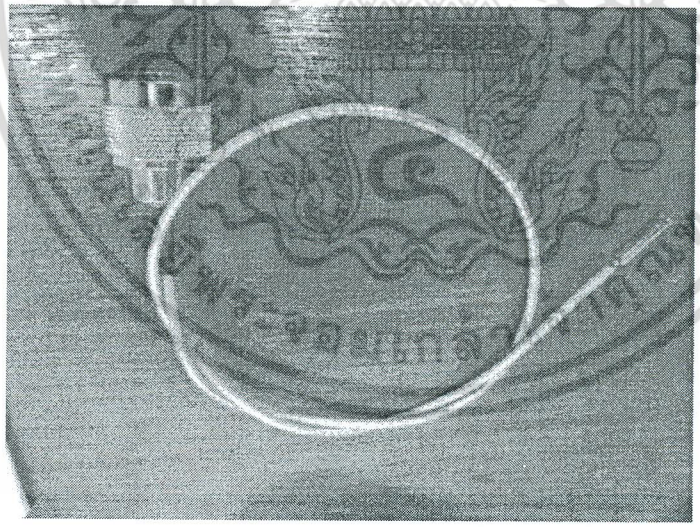
--รูปลักษณ์ของโพรบที่ใช้สำหรับพื้นที่ที่เข้าถึงยากจำเป็นต้องมีความอ่อนตัว และสามารถสร้างแพทเทรินการทำลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



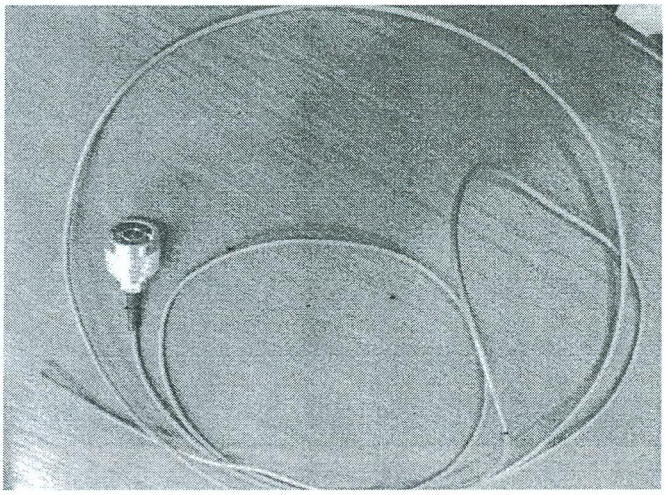
รูปที่ 1.4 แสดงสายอากาศนำคลื่นชนิดที่มีความอ่อนตัว สะดวกต่อการสอดใส่ในอวัยวะที่มีการโค้งงอ

จากรูปที่ 1.4 สายอากาศนำคลื่น ในการสร้างได้มีการประยุกต์โดยการนำสายนำสัญญาณในย่านความถี่ไมโครเวฟ แบบโคแอคเชี่ยล ที่มีความอ่อนตัว และด้านปลายของสายนำสัญญาณ ออกแบบให้มีการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อใช้ในการส่งผ่านกำลังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เข้าสู่เนื่อเยื่อ โดยทางผู้วิจัยได้ทำการวิจัยและพัฒนาสายอากาศดังกล่าวในการประยุกต์ใช้ในการทำลายมะเร็งที่เกิดขึ้นบริเวณลำไส้ใหญ่ ดังแสดงดังรูป



รูปที่ 1.5 แสดงสายอากาศแบบ เมทัลทิป ในการใช้งานกับมะเร็งลำไส้ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 แสดงสายอากาศไมโครเวฟ ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการแก้ไขเส้นเลือดที่บกพร่อง ในผู้ป่วยเส้นเลือดขอด

จากรูปที่ 1.5 และรูปที่ 1.6 จะเห็นได้ว่าสายอากาศไมโครเวฟ มีความสามารถด้านความอ่อนตัว ทั้งสายอากาศที่ใช้ในการทำลายมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ และที่ ใช้ในการแก้ไขข้อบกพร่องของเส้นเลือดขอด แต่เมื่อพิจารณาให้ดีจะเห็นความแตกต่างบริเวณส่วนปลายของสายอากาศ ที่มีความแตกต่างกันตามการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับอวัยวะที่นำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการใช้งานมากที่สุด ฉะนั้น จากพื้นฐานการวิจัยของการออกแบบสายอากาศแบบอ่อนตัวที่ผ่านมาทางผู้วิจัยจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างทางกายภาพของมะเร็งต่อมลูกหมาก และรายละเอียดต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบสายอากาศให้มีความเหมาะสม ในการใช้งานกับต่อมลูกหมาก โดยความหลากหลายของการสร้างรูปทรงของโพรบในแบบต่างๆ จะได้แพทเทิรนการสร้างความร้อนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1 . สร้างงานวิจัยที่มีคุณค่า เพื่อนำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ หรือวารสารนานาชาติ

2. พัฒนางานวิจัย ที่ใหม่ ที่สอดคล้องกับแพทย์แผนใหม่ ที่ได้มีการทดลองใช้รักษา แต่ยังไม่ได้มีหลักการในการวิเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ ต่อแพทย์ มากยิ่งขึ้น

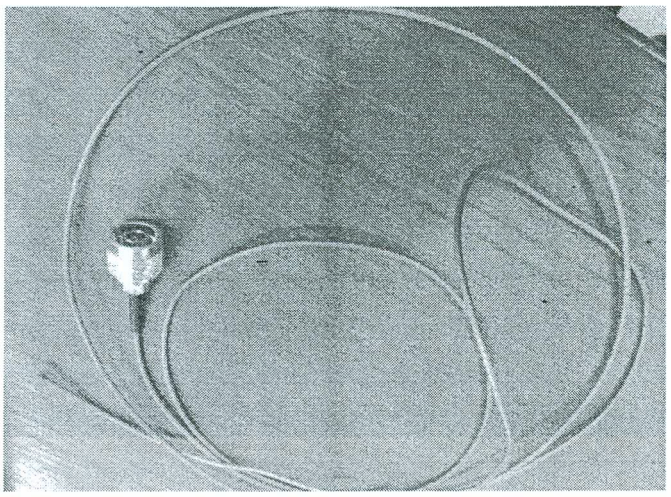
3. การแก้ปัญหาโดยการแก้ไขข้อบกพร่อง ของร่างกายด้วยคลื่นคตวามถี่ไมโครเวฟ สามารถประยุกต์ใช้งานในอวัยวะต่างๆ ได้ แต่จำเป็นต้องมีการทำการวิจัยอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากคุณสมบัติของเนื้อเยื่อที่มี ความแตกต่างกัน ฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการออกแบบและพัฒนาสายอากาศนำคลื่นให้สอดคล้องกับเนื้อเยื่อ เพื่อให้ประสิทธิภาพของการทำลายได้ผลดีที่สุด

4. ทางผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการสร้างงานวิจัย โดยมุ่งเน้นเป็นงานวิจัยที่เกิดใหม่ในทางด้านวิศวกรรม โดยสามารถที่จะอธิบายและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น แพทย์และผู้ช่วยแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อุบัติการณ์การเกิดของโรค มะเร็งที่ต่อมลูกมาก เริ่มมีจำนวนการเกิด และเสียชีวิตที่สูงขึ้น ฉะนั้นการสร้างงานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานในการรักษา จึงเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 แสดงสายอากาศไมโครเวฟ ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการแก้ไขเส้นเลือดที่บกพร่อง ในผู้ป่วยเส้นเลือดข้อด

จากรูปที่ 1.5 และรูปที่ 1.6 จะเห็นได้ว่าสายอากาศไมโครเวฟ มีความสามารถด้านความอ่อนตัว ทั้งสายอากาศที่ใช้ในการทำลายมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ และที่ ใช้ในการแก้ไขข้อบกพร่องของเส้นเลือดขอด แต่เมื่อพิจารณาให้ดีจะเห็นความแตกต่างบริเวณส่วนปลายของสายอากาศ ที่มีความแตกต่างกันตามการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับอวัยวะที่นำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการใช้งานมากที่สุด ฉะนั้น จากพื้นฐานการวิจัยของการออกแบบสายอากาศแบบอ่อนตัวที่ผ่านมาทางผู้วิจัยจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างทางกายภาพของมะเร็งต่อมลูกหมาก และรายละเอียดต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบสายอากาศให้มีความเหมาะสม ในการใช้งานกับต่อมลูกหมาก โดยความหลากหลายของการสร้างรูปทรงของโพรบในแบบต่างๆ จะได้แพทเทิรนการสร้างความร้อนที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1 . สร้างงานวิจัยที่มีคุณค่า เพื่อนำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ หรือวารสารนานาชาติ

2. พัฒนางานวิจัย ที่ใหม่ ที่สอดคล้องกับแพทย์แผนใหม่ ที่ได้มีการทดลองใช้รักษา แต่ยังไม่ได้มีหลักการในการวิเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ ต่อแพทย์ มากยิ่งขึ้น

3. การแก้ปัญหาโดยการแก้ไขข้อบกพร่อง ของร่างกายด้วยคลื่นคตวามถี่ไมโครเวฟ สามารถประยุกต์ใช้งานในอวัยวะต่างๆ ได้ แต่จำเป็นต้องมีการทำการวิจัยอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากคุณสมบัติของเนื้อเยื่อที่มี ความแตกต่างกัน ฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการออกแบบและพัฒนาสายอากาศนำคลื่นให้สอดคล้องกับเนื้อเยื่อ เพื่อให้ประสิทธิภาพของการทำลายได้ผลดีที่สุด

4. ทางผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญในการสร้างงานวิจัย โดยมุ่งเน้นเป็นงานวิจัยที่เกิดใหม่ในทางด้านวิศวกรรม โดยสามารถที่จะอธิบายและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น แพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผู้ช่วยแพทย์

5. อุบัติการณ์การเกิดของโรค มะเร็งที่ต่อมลูกมาก เริ่มมีจำนวนการเกิด และเสียชีวิตที่สูงขึ้น ฉะนั้นการสร้างงานวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานในการรักษา จึงเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยให้ความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงกายวิภาคและสรีระวิทยาของต่อมลูกหมาก โรคมะเร็งต่อมลูกมาก พร้อมทั้งวิธีการรักษาในปัจจุบัน ทฤษฎีพื้นฐานการกระจายความร้อนในเนื้อเยื่อ การหาค่าดูดซับความร้อน และสมการความร้อนทางชีววิทยา (Bio- heat Equation)

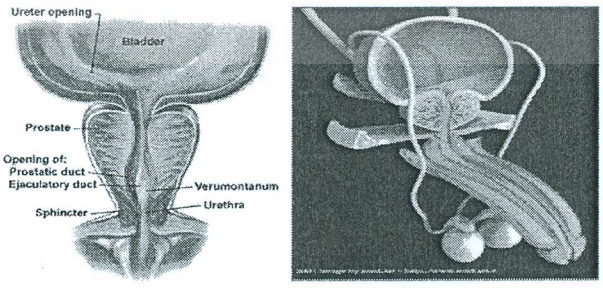
2.2 กายวิภาคของต่อมลูกหมาก

ต่อมลูกหมาก (Prostate gland) ประกอบด้วยส่วนของ Fibromuscular และ Glandular วางอยู่ใต้ต่อกระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) มีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม ภายในมีส่วนของทางเดินปัสสาวะส่วนหลัง (Posterior urethra) ยาวประมาณ 2.5 ซม. ซึ่งเป็นของ Inner longitudinal muscular layer ซึ่งต่อเนื่องมาจากในกระเพาะปัสสาวะ

- ด้านหน้า ยึดไว้ด้วย Puboprostatic ligament
- ด้านล่าง ยึดไว้ด้วย Urogenital diaphragm
- ด้านหลัง มีท่อนำเชื้ออสุจิ (Ejaculatory duct) มาแทงทะลุแนวเฉียงไปเปิดบริเวณพื้นด้านล่าง (floor) ของท่อปัสสาวะที่ผ่านต่อมลูกหมาก (Prostatic urethra) บริเวณส่วนที่เรียกว่า Verumontanum ซึ่งอยู่ ถัดจาก striated external urinary sphincter ไปเล็กน้อย

การแบ่งส่วนต่างๆ ของต่อมลูกหมาก มีดังนี้

- โลว์ซลีย์ (Lowsley) แบ่งต่อมลูกหมาก เป็น 5 กลีบ คือ กลีบหน้า (anterior), กลีบหลัง (posterior), กลีบกลาง (median), กลีบด้านขวา (right lateral) และกลีบด้านซ้าย (left lateral)
- แมคนีล (Mcneal) แบ่ง ต่อมลูกหมาก เป็น 5 ส่วน คือ peripheral zone, central zone, transitional zone, anterior segment, preprostatic sphincteric zone



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของต่อมลูกหมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ทางกายวิภาค

ต่อมลูกหมากวางอยู่ด้านหลังต่อกระดูกก้นกบ (pubic symphysis) ใกล้ต่อ posterosuperior surface ของหลอดนำอสุจิ (Vas deferen) และ seminal vesicles ด้านหลังแยกจากลำไส้ใหญ่ส่วนล่าง (rectum) โดยมี Denonvilliers' fascia และ serosal rudiment ของ pouch of Douglas ซึ่งต่อเนื่องมาจาก urogenital diaphragm

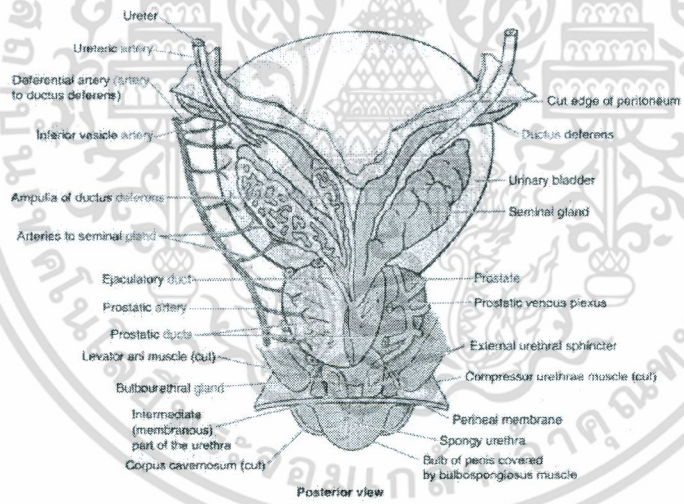
ลักษณะทาง Histology

ต่อมลูกหมากมี fibrous capsule บางๆ หุ้มอยู่ ประกอบด้วย

1. ส่วนของ Stroma ซึ่งมี circular smooth muscle fiber และเนื้อเยื่อ collagen ที่อยู่รอบๆ ท่อปัสสาวะ

2. ส่วนของเนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial glands) ซึ่งแต่ละต่อมจะไปเทรวมลง major excretory duct (มีประมาณ 25 ต่อม) ซึ่งจะไปเปิดรวมกันบริเวณพื้นล่าง (floor) ของท่อทางเดินปัสสาวะ ระหว่าง verumontanum กับ คอของกระเพาะปัสสาวะ (Bladder neck)

ส่วน transitional epithelium ใน prostatic urethra จะมี periurethral gland อยู่ ซึ่งบริเวณ median และ lateral lobes อาจเกิด adenoma ได้ ในขณะที่ Posterior lobe (หรือ peripheral zone) จะเสี่ยงต่อการเกิดเป็นมะเร็งได้มากกว่า



รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างเส้นเลือดและเส้นประสาทของต่อมลูกหมาก

เส้นเลือดที่มาเลี้ยงต่อมลูกหมาก (Blood supply)

เส้นเลือดแดง ได้รับมาจาก Inferior vesical artery, internal pudendal artery และ middle rectal (hemorrhoidal) artery

เส้นเลือดดำ เทลง periprostatic plexus ซึ่งไปเทลง deep dorsal vein of the penis และ internal iliac (hypogastric) vein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นประสาทบริเวณต่อมลูกหมาก (nerve supply)

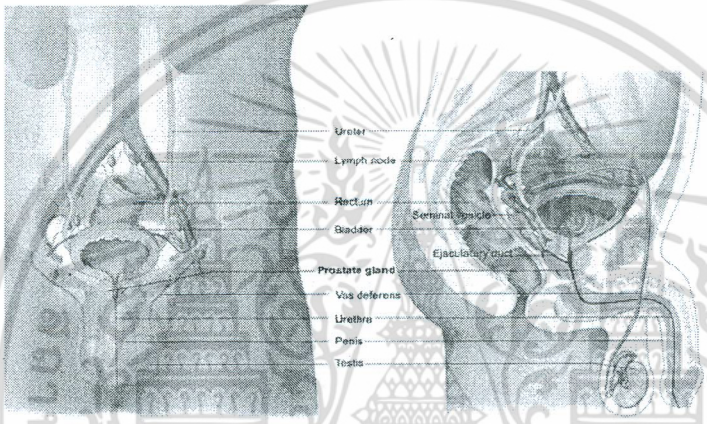
ได้ nerve supply จาก sympathetic และ parasympathetic plexus

ระบบน้ำเหลือง (Lymphatics drainage)

เทลง internal iliac (hypogastric) node, sacral node, vesical node และ external iliac node

2.3 สรีระวิทยาของต่อมลูกหมาก

ต่อมลูกหมาก เป็นอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของเพศชาย ซึ่งมีกลไกทางชีววิทยาที่ซับซ้อน หลั่งสารที่มีลักษณะเฉพาะตัวเวลาฉีดน้ำอสุจิ (Ejaculation)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของต่อมลูกหมาก

การเจริญเติบโต และหน้าที่ของต่อมลูกหมาก จะถูกควบคุมด้วยทั้งกลไกภายนอก (ต่อมไร้ท่อ) และกลไกภายใน (Growth factor, steroid, protein/peptide) การทำงานของอัณฑะเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนา การเจริญ หน้าที่ของลูกหมาก รวมถึงส่งผลต่อการเกิดโรคต่อมลูกหมากโต (BPH) และ มะเร็งต่อมลูกหมาก (CA prostate) โดยปกติลูกอัณฑะจะสร้างฮอร์โมน Testosterone ประมาณ 95% ของปริมาณในกระแสเลือดทั้งหมด นอกจาก ฮอร์โมน testosterone แล้ว ฮอร์โมน estrogen ก็อาจมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของลูกหมาก เช่นกัน Leydig cell สร้างฮอร์โมน testosterone เป็นส่วนใหญ่ สร้าง androgenic และ estrogenic steroid ปริมาณเล็กน้อย โดยอิทธิพลของ LH จากต่อม pituitary ฮอร์โมน Testosterone จะถูกเปลี่ยนเป็นไดไฮโดรเทสโทสเตอโรน (DHT) โดย type2 isozyme 5a-reductase ซึ่ง DHT นั้นเป็นตัวหลักในการกระตุ้นการเจริญของลูกหมาก เนื่องจาก DHT มีประสิทธิภาพในการจับกับ Andrōgen receptor ได้ดีกว่า testosterone 10 เท่า

การที่ DHT จับกับ Androgen receptor ก่อให้เกิด DHT-AR complex ซึ่งจะไปเกาะกับจุดจำเพาะบน DNA ซึ่งมีผลต่อการสร้าง regulatory และ secretory protein ส่งผลทำให้ cellular proliferation, apoptotic activity, secretory activity เปลี่ยนไป

Androgen ตัวอื่นซึ่งมีผลต่อการเจริญของต่อมลูกหมาก ส่วนใหญ่มาจาก adrenal gland (เช่น androstanedione, dehydroepiandrosterone) หรือเป็น metabolite ตัวอื่นของฮอร์โมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

testosterone ตัวอื่นๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญของต่อมลูกหมาก เช่น prolactin, insulin, growth hormone, thyroid hormone

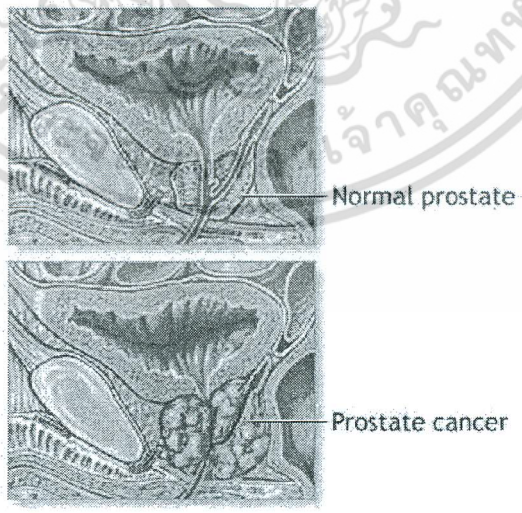
นอกจากกลไกต่างๆ ที่กล่าวมา กลไกของ paracrine, autocrine, กลไกของ type1 isozyme 5a-reductase ก็อาจมีผลต่อการเจริญของ prostate

สารคัดหลั่ง (secretion) จากต่อมลูกหมาก มาจาก epithelial cell ส่วนใหญ่เป็น สารคัดหลั่งที่เป็นส่วนประกอบของ semen และอาจผลิตสารที่ป้องการการติดเชื้อแบคทีเรียในทางเดินปัสสาวะด้วย โดยเริ่มสร้างในช่วง postpubertal ปกติคนเราหลั่งอสุจิประมาณ 3.5 cc (2-6 cc) โดยเป็นสารคัดหลั่งจากต่อมลูกหมาก ประมาณ 0.5 cc และจาก seminal vesicle ประมาณ 2 cc ซึ่ง 15% ของ seminal vesicle สารคัดหลั่ง สร้างมาจากต่อมลูกหมาก

กลไกการหลั่งสารคัดหลั่งจากต่อมลูกหมาก อยู่ภายใต้การควบคุมทาง neuroendocrine (ผ่านทาง pelvic plexus, postganglionic lumbar sympathetic nerves) สารคัดหลั่งจากต่อมลูกหมาก เป็นส่วนผสมของ organic และ inorganic compound

2.4 โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก

ต่อมลูกหมากมีขนาดเท่าผลเกาลัดอยู่ตรงบริเวณใต้กระเพาะปัสสาวะ ทำหน้าที่สร้างน้ำเมือกหล่อเลี้ยงตัวอสุจิ โดยทั่วไปต่อมลูกหมากจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อผู้ชายอายุมากขึ้นเช่นเดียวกับความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งต่อมลูกหมากที่มีมากขึ้นตามวัย อันที่จริงแล้วผู้ชายส่วนใหญ่ในวัย 70 - 80 ปีมักมีปัญหาเกี่ยวกับต่อมลูกหมากไม่ทางใดก็ทางหนึ่งเสมอ และแม้มะเร็งต่อมลูกหมาก จะเป็นอันตรายถึงชีวิต แต่ส่วนใหญ่ก็สามารถรักษาให้หายได้หากมีการตรวจพบก่อนที่มะเร็งจะลุกลามไปยังอวัยวะส่วนอื่นของร่างกาย อาการของมะเร็งต่อมลูกหมากอาจไม่ปรากฏให้เห็นในระยะแรกเริ่ม แต่เมื่อถึงระยะหนึ่งผู้ป่วยจะมีอาการเจ็บปวดบริเวณส่วนล่าง ของกระดูกเชิงกราน เจ็บแสบเวลาหลั่งน้ำอสุจิ ปัสสาวะบ่อย ปัสสาวะขัดรวมถึงปัสสาวะเป็นเลือด เหล่านี้ ถือเป็นอาการส่วนหนึ่งของโรค การตรวจเลือดหาระดับของเอนไซม์ PSA ที่ใช้กันแพร่หลายช่วยให้การวินิจฉัยโรคทำได้เร็วขึ้นและได้ผลในการรักษาที่ดีขึ้น



รูปที่ 2.4 ลักษณะของต่อมลูกหมากปกติ(ด้านบน) และมะเร็งต่อมลูกหมาก(ด้านล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สาเหตุ

สาเหตุของมะเร็งต่อมลูกหมากยังไม่มีใครทราบ แต่เท่าที่วิจัยได้พบว่าความเสี่ยงของมะเร็งต่อมลูกหมากได้แก่

- อายุ มะเร็งต่อมลูกหมากพบในผู้ป่วยอายุมากกว่า 50ปีขึ้นไป อายุโดยเฉลี่ยประมาณ 70 ปี
- ประวัติครอบครัว พบว่าชายที่มีพ่อ หรือพี่น้องเป็นมะเร็งต่อมลูกหมากจะมีโอกาสเป็นมะเร็งต่อมลูกหมากสูงกว่าคนทั่วไป
- เชื้อชาติ พบไม่บ่อยในชาวเอเชียแต่พบบ่อยในอเมริกา
- อาหาร พบว่าผู้ที่บริโภคมันจากสัตว์มากมีโอกาสเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก ส่วนผู้ที่บริโภคผักและผลไม้จะลดโอกาสเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากผู้ที่สูบบุหรี่ก็มีโอกาสเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก

ยังไม่พบหลักฐานว่าการทำหมันชายทำให้มะเร็งต่อมลูกหมากเป็นมากขึ้นขณะนี้กำลังศึกษาว่าต่อมลูกหมากโต คนอ้วน การขาดการออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ การเจอรังสี การติดเชื้อไวรัสบางชนิดเป็นสาเหตุของมะเร็งต่อมลูกหมากหรือไม่ เท่าที่มีหลักฐานยังไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว

2.2.2 อาการของมะเร็งต่อมลูกหมาก

มะเร็งต่อมลูกหมากแรกเริ่มจะไม่มีอาการ แต่หากมีอาการจะเกิดอาการเหล่านี้

- ปัสสาวะบ่อยโดยเฉพาะเวลากลางคืน
- เวลาเริ่มปัสสาวะจะลำบาก
- ปัสสาวะไม่พุ่ง
- เวลาปัสสาวะจะปวด
- อวัยวะเพศแข็งตัวยาก
- เวลาหลั่งเมื่อถึงจุดสุดยอดจะปวด
- มีเลือดในน้ำเชื้อหรือปัสสาวะ
- ปวดหลังปวดข้อ

อาการต่างๆเหล่านี้อาจจะเกิดในผู้ป่วยที่ต่อมลูกหมากโตหรือต่อมลูกหมากอักเสบ

2.2.3 การรักษามะเร็งต่อมลูกหมาก

โดยทั่วไป การรักษามะเร็งต่อมลูกหมากมีสองวิธีคือ การผ่าตัดและการฉายแสงผู้ป่วยที่รักษาด้วยการผ่าตัดมักเป็นการผ่าเอาต่อม ลูกหมากออก ซึ่งอาจหมายถึงการผ่าเอาต่อมน้ำเหลืองในบริเวณรอบๆ ออกไปด้วย รวมทั้งตรวจความเป็นไปได้ในการแพร่กระจายของมะเร็ง แม้กระทั่งทุกวันนี้ การผ่าตัดด้วยวิธีนี้ถือเป็นการผ่าตัดใหญ่ที่ต้องเปิดหน้าท้องเป็นบริเวณกว้าง ต้องใช้เวลาในการพักรักษาตัว หลายสัปดาห์ และอาจเกิดผลข้างเคียง เช่น ปัสสาวะเล็ด และอาการ หย่อนสมรรถภาพทางเพศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรักษามะเร็งต่อมลูกหมากระยะแรก

ผู้ป่วยระยะนี้ ยังไม่มีการกระจายของมะเร็งไปนอกต่อมลูกหมาก อาจทำการรักษาได้ 2 วิธี คือ

1. การผ่าตัดต่อมลูกหมากออกทั้งหมด (Radical Prostatectomy)

เป็นการผ่าตัดใหญ่เพื่อเอาต่อมลูกหมากที่เป็นมะเร็งรวมทั้งต่อมน้ำเหลืองออกทั้งหมด เป็นวิธีการที่สามารถทำให้หายจากโรคได้ ผู้ป่วยที่ผ่าตัดได้สำเร็จจะมีพยากรณ์โรคดีมาก มะเร็งในระยะที่ 1 จะมีอัตราการรอดชีวิตใน 10 ปีสูงถึงร้อยละ 80 ผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัดต้องมีสุขภาพที่แข็งแรง โดยทั่วไปไม่นิยมผ่าตัดในผู้ป่วยอายุมากกว่า 70 ปี ผลข้างเคียงที่อาจพบหลังผ่าตัด ได้แก่ การสูญเสียสมรรถภาพทางเพศ ท่อปัสสาวะตีบ และปัสสาวะเล็ด เป็นต้น

2. การฝังรังสี (Brachytherapy)

เป็นการรักษาแบบใหม่ โดยการฝังแท่งรังสีขนาดเล็กมากเข้าไปที่ต่อมลูกหมากผ่านผิวหนังบริเวณฝีเย็บ เป็นการรักษารูปแบบใหม่มีใช้จำกัดในโรงพยาบาลบางแห่ง เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการรักษาสูงมาก มีข้อดีคือ อาจลดอุบัติการณ์ของการสูญเสียสมรรถภาพทางเพศหลังการรักษาได้

3. การผ่าตัดโดยใช้กล้อง (Laparoscopic radical Prostatectomy)

เหมือนการผ่าตัดแบบ radical prostatectomy แต่ใช้กล้องแทน ได้ผลดีไม่แตกต่างกัน

การรักษามะเร็งต่อมลูกหมากในระยะลุกลาม

มะเร็งในระยะนี้ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ การรักษามีจุดประสงค์เพื่อยับยั้งการลุกลามเพิ่มขึ้นของมะเร็ง รักษาอาการปวดที่เกิดจากมะเร็ง และคงสภาพคุณภาพชีวิตปกติของผู้ป่วยให้มากที่สุด การพยากรณ์โรคหลังการรักษาด้วยวิธีนี้ยังดีมากเมื่อเทียบกับมะเร็งอื่นที่พบในเพศชาย เช่น มะเร็งปอด ตับ และลำไส้ใหญ่ การรักษามีหลักการที่สำคัญคือ การลด ยับยั้งหรือทำลายแหล่งผลิตฮอร์โมนเพศชาย ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นที่สำคัญของมะเร็งต่อมลูกหมาก มี 2 วิธีการคือ

1. การผ่าตัดเพื่อเอาอัณฑะออก เป็นการผ่าตัดเล็ก ได้ผลดี และเร็ว

2. การใช้ยาฉีดหรือกิน เพื่อยับยั้งฮอร์โมนเพศชาย ยาส่วนใหญ่มีราคาแพง แต่ได้ผลการรักษาดีเท่ากับการผ่าตัดเอาอัณฑะออก แต่มีข้อเสียคือ ต้องฉีดหรือกินตลอดไป

2.5 สมการความร้อนในทางชีววิทยา (The Bio-heat Equation)

ในการวิเคราะห์ด้วยความถี่ไมโครเวฟได้พิจารณาถึงสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อปอด การดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อปอด ซึ่งรูปแบบของสมการ หรือตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อการกระจายความร้อนในปอดแสดงดังสมการที่ (2.91)

$$pc\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k \bullet \nabla T) - h_b C_b \omega_b (T_b - T) + Q_m + Q_{ext} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $h_{bl} = \rho_{bl} c_{bl} \omega_{bl}$

ρ = ความหนาแน่นจำเพาะของเนื้อเยื่อ (kg/m^3)

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของเนื้อเยื่อ (J/kg.K)

k = ค่าความนำความร้อนของเนื้อเยื่อ (W/m.K)

h_b = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากเลือดที่ไหลซึมอยู่ในเนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ρ = ความหนาแน่นเลือด (kg/m^3)

C_b = ค่าความร้อนจำเพาะของเลือด (J/kg.K)

ω_b = อัตราฉีดเลือด (1/s)

T_b = ค่าอุณหภูมิเลือด (37^{o}C)

Q_m = ค่าความร้อนจากกระบวนการเมตาโบลิซึมของเม็ดเลือด (W/m^3)

Q_{ext} = ค่าความร้อนจากภายนอก (W/m^3)

จากสมการ Bioheat (2.91) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ละทิ้งค่าตัวแปรจำนวน 2 ตัว คือ สัมประสิทธิการพาความร้อนจากเลือดที่ไหลซึมอยู่ในเนื้อเยื่อ (h_b) และพลังงานที่สร้างขึ้นโดยกระบวนการเมตาโบลิซึมของเม็ดเลือด (Q_m) ซึ่งค่าตัวแปรทั้ง 2 นี้ จะถือว่ามีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณ Q_{ext}

2.5.1 สมการการดูดซับความร้อน

พิจารณาจาก สนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก ที่มีการแพร่กระจายลงเนื้อเยื่อปอด จะเกิดการสูญเสียพลังงานในเนื้อเยื่อปอด ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของสมการ ดังสมการที่ (2.92)

$$SAR = \frac{1}{\rho} Q_{ext} = \frac{\sigma}{\rho} |E|^2 \qquad (2.92)$$

เมื่อ

SAR = Specific absorption rate (W/kg)

Q_{ext} = ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกเนื้อเยื่อ (W/m^3)

σ = สภาพความนำไฟฟ้าของเนื้อเยื่อ (S/m)

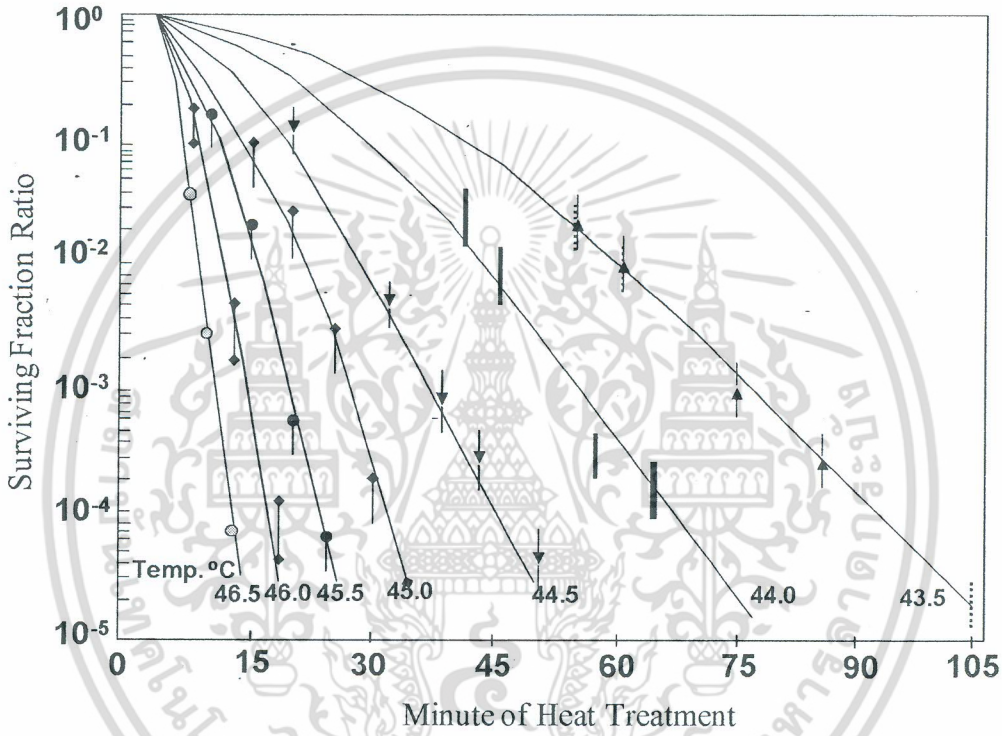
ρ = ความหนาแน่นจำเพาะ (kg/m^3)

2.6 พื้นฐานการกระจายความร้อนภายในเนื้อเยื่อ

การใช้ความร้อนในการรักษาโรค เป็นการรักษาที่ทำให้อุณหภูมิ ณ บริเวณนั้น สูงขึ้นอยู่ในช่วง 41-46 องศาเซลเซียส เซลล์ที่อยู่บริเวณนั้นๆ จะได้รับผลกระทบ และมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับอุณหภูมิ การใช้ความร้อนในการรักษาโรคมะเร็ง ได้มีการพัฒนาเทคนิค ที่เรียกว่า Hyperthermal cancer therapy ซึ่งมีการเริ่มใช้มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 โดยการรักษาโรคมะเร็งโดยใช้ความร้อนเป็นรูปแบบการรักษาโรคมะเร็งแบบใหม่ ซึ่งมีพื้นฐาน และหลักการทางชีววิทยาที่สามารถพิสูจน์ ทดลอง และสามารถอธิบายได้ ซึ่งในปัจจุบันการรักษาโรคมะเร็งโดยใช้ความร้อนนี้สามารถรักษาโรคมะเร็งชนิดต่างๆ ได้ทั่วร่างกาย และได้ผลการรักษาที่น่าสนใจ การรักษาโรคมะเร็งด้วยความร้อน อาศัยหลักการให้ความร้อนกับเซลล์มะเร็งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 41-46 องศาเซลเซียส และรักษาระดับของอุณหภูมิไว้ให้คงที่ พื้นฐานของปรากฏการณ์ทางชีววิทยาสำหรับการรักษาโรคมะเร็งด้วยความร้อน จะมีอยู่สองปริมาณที่มีความสำคัญในการรักษาคือ อุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อน ซึ่งตามรูปที่ 2.1 จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ที่ส่งผลต่อปริมาณเซลล์มะเร็งที่รอดตายจากการให้ความร้อน รูปที่ 2.1 เมื่อให้อุณหภูมิสูงแก่เซลล์มะเร็งในช่วงเวลาเริ่มต้นเซลล์มะเร็งจะสูญเสียเป็นจำนวนมาก แต่เมื่อมีการลดอุณหภูมิที่ให้แก่เซลล์มะเร็งผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ ต้องใช้เวลามากขึ้นเพื่อทำให้เซลล์มะเร็งตาย ในการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงๆ แก่เซลล์ จำนวนเซลล์จะเกิดการสูญเสียมาก และจะทำให้เซลล์ปกติที่อยู่รอบๆ เซลล์มะเร็งได้รับความเสียหายได้เช่นกัน ดังนั้นในการเพิ่มอุณหภูมิให้เหมาะสมนั้นสามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้จำนวนมาก และไม่เป็นอันตรายแก่เซลล์ปกติ



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์มะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

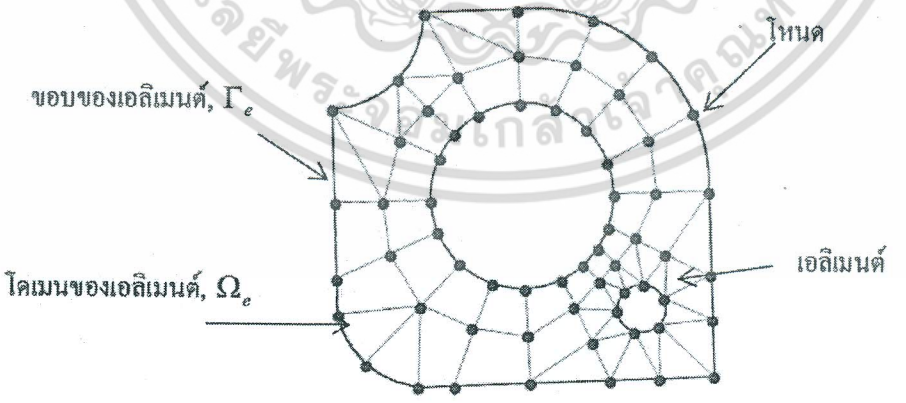
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ไฟต์เอลิเมนต์ในรูปเมตริกซ์สมการพื้นฐานทางด้านแม่เหล็กไฟฟ้า การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าที่ความถี่สูง และสมการความสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิ กระบวนการแก้ปัญหาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟต์แวร์ และการประยุกต์ใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

3.2 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์(Finite Element Method) หรือ FEM เป็นวิธีการคำนวณเชิง ตัวเลขชนิดหนึ่งสำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ ในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ จะทำการแบ่งรูปร่างของปัญหาออกเป็นเนื้อที่หลายๆ ชิ้นที่เรียกว่าเอลิเมนต์ (Element) รูปแบบที่เที่ยงตรงดังรูปที่3.1 ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ปัญหานั้นจะต้องประกอบด้วย สมการเชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดมา การหาค่าผลเฉลี่ยแม่นตรง (Exact solution) จะประกอบด้วยค่าต่างๆ เป็นจำนวนอนันต์ ซึ่งเราไม่สามารถหาค่าผลเฉลี่ยได้ จึงต้องเปลี่ยนค่าทั้งหมดที่เป็นอนันต์ให้เป็นจำนวนที่นับได้(Finite)ทำการทนรูปร่างแลักษณะของปัญหาด้วยเอลิเมนต์ที่มีขนาดต่างๆกัน หลักการทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะเริ่มจากการพิจารณา เอลิเมนต์ทีละเอลิเมนต์ ทำการสร้างสมการให้แต่ละเอลิเมนต์ที่สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้นๆจากนั้นจึงนำสมการของแต่ละเอลิเมนต์ที่สร้างขึ้นมาประกอบเข้าด้วยกัน รวมเป็นระบบสมการชุด ใหญ่ จากนั้น ทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต ที่ให้มาลงในสมการชุดใหญ่ แล้วจึงทำการแก้สมการ และจะเกิดผลเฉลยโดยประมาณที่ตำแหน่งต่างๆ ของปัญหานั้น



รูปที่ 3.1 แสดงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ถูกแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์และโหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาใดๆโดยทั่วไปด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ กระบวนการขั้นตอนแรกนี้ โดยปกติจะใช้เวลามากในทางปฏิบัติ เพราะจำเป็นต้องสร้างรูปร่างของปัญ)Geometry(อย่างถูกต้องขึ้นมาก่อน รูปร่างของปัญหาอาจประกอบด้วยส่วนเว้าส่วนโค้งที่มีความซับซ้อนในขั้นตอนนี้จึงจำเป็น ต้องอาศัยความรู้อันประกอบไปด้วยประสบการณ์เป็นอย่างมาก

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์ เอลิเมนต์ย่อยที่แบ่งบนโดนเมนของปัญหานั้นอาจเป็นเอลิเมนต์ในรูปแบบของสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าก็ได้ หากแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์สามเหลี่ยมตัวไม่รู้ค่า (Unknowns) จะอยู่ที่มุมทั้งสามของสามเหลี่ยมนั้น ซึ่งเรียกกันว่าจุดต่อ (Node) การเลือกใช้ชนิดของเอลิเมนต์จะสอดคล้องกับลักษณะการกระจายของตัวไม่รู้ค่าที่สมมติขึ้นบนเอลิเมนต์นั้นๆ เช่นหากเลือกใช้เอลิเมนต์สามเหลี่ยมแบบสามจุดต่อที่มุมทั้งสามแล้ว ลักษณะการกระจายของตัวไม่รู้ค่าบนเอลิเมนต์นั้นจะถูกสมมติให้อยู่ใน รูปแบบของแผ่นเรียบ เป็นต้น แต่หากเลือกใช้เอลิเมนต์แบบสี่เหลี่ยมแบบสี่จุดต่อที่มุมทั้งสี่ ลักษณะการกระจาย ของตัวไม่รู้ค่าบนเอลิเมนต์สี่เหลี่ยมนี้อาจไม่เรียบแต่โค้งไปโค้งมาได้ ดังนั้นการเลือกใช้เอลิเมนต์ชนิดต่างๆกันจึงมีผลโดยตรงกับผลลัพธ์ที่จะคำนวณได้

ขั้นตอนที่ 3 การประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ สมการเชิงอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับปัญหาที่วิเคราะห์อยู่นั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสมการทางพีชคณิตที่เรียกกันว่า สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่จะถูกสร้างขึ้นสำหรับแต่ละเอลิเมนต์เนื่องจากเอลิเมนต์ต่างมีขนาดไม่เท่ากัน กระบวนการประดิษฐ์สมการไฟไนต์ เอลิเมนต์จากสมการเชิงอนุพันธ์นี้นับเป็นหัวใจหลักของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพราะหากมีความเข้าใจในขั้นตอนนี้แล้วก็สามารถประยุกต์ใช้วิธีการ ทำนองเดียวกันนี้ในการแก้ปัญหาชนิดอื่นๆได้

ขั้นตอนที่ 4 การรวมสมการไฟไนต์เอลิเมนต์เข้าด้วยกันแล้วแก้ระบบสมการใหญ่ สมการไฟไนต์เอลิเมนต์อยู่ในรูปแบบของสมการทางพีชคณิตซึ่งได้ประดิษฐ์ขึ้นสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ใน ขั้นตอนที่แล้วจำเป็นต้องนำมารวมกันอย่างถูกต้องและมีหลักการ การประกอบสมการไฟไนต์เอลิ เมนต์แต่ละสมการเข้าด้วยกัน จะก่อให้เกิดระบบสมการขนาดใหญ่ จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตของปัญหานั้นๆก่อนแก้ระบบสมการขนาดใหญ่ชุดนั้นเพื่อหาผลลัพธ์ที่จุดต่อ ซึ่งผลลัพธ์ที่จุดต่อเหล่านี้อาจแทนค่าอุณหภูมิหากเป็นการวิเคราะห์ ปัญหาด้านการถ่ายเทความร้อน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณหาค่าอื่นๆที่เหลือจากนั้นจึงเป็นการหาค่าอื่นๆที่ต้องการทราบเพื่อที่จะทำให้ปัญหานั้นได้รับการวิเคราะห์โดยสมบูรณ์ เช่น ในการแก้

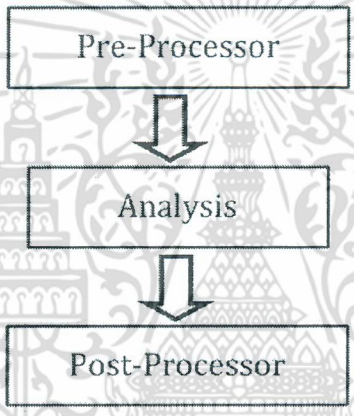
ปัญหาด้านความร้อนเมื่อทราบอุณหภูมิตามตำแหน่งต่างๆแล้วก็จะสามารถคำนวณหาปริมาณฟลักซ์ความร้อนที่ไหลผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟต์แวร์

การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สิ่งแรกที่เริ่มเรียนรู้การใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม คือ ขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนในการใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้แก่ ขั้นตอน Pre-Processor, Analysis, Post-Processor

1.Pre-Processor คือการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเริ่มจากการสร้างรูปแบบจำลองของชิ้นงาน เพื่อจำลองรูปร่างของชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์ลงในคอมพิวเตอร์โปรแกรม จากนั้นจึงสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Model) โดยแบ่งย่อยรูปร่างของแบบจำลองขนาดใหญ่ให้เป็นเอลิเมนต์ (Element) เล็กๆ คล้ายกับการนำเอาแผ่นกระจกชิ้นเล็กๆ มาติดลงบนโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น รูปปั้นยักษ์ตามวัดสำคัญๆ ในประเทศไทย ซึ่งทำให้มองเห็นโดยภาพรวมได้ว่าเป็นยักษ์ แต่เมื่อเข้าไปมองใกล้ๆ จะเห็นว่าเป็นกระจกแผ่นเล็กๆ ที่เรียงต่อกันอย่างเป็นระเบียบ

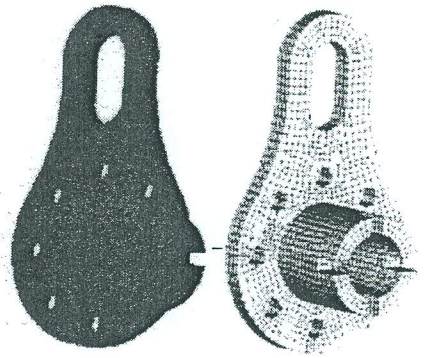


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบในลักษณะเดียวกันนี้เอง การวิเคราะห์ปัญหาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ก็จะแทนรูปแบบจำลองชิ้นงานที่เราสร้างขึ้นด้วยเอลิเมนต์ขนาดต่างๆ ตามที่เรากำหนด โดยจุดมุมของแต่ละเอลิเมนต์เรียกว่า จุดต่อ (Node) จะเป็นจุดเชื่อมต่อแต่ละเอลิเมนต์เข้าด้วยกัน กลายเป็นรูปร่างตามแบบจำลองที่เราต้องการวิเคราะห์ นอกจากการเตรียมรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์แล้วขั้นตอน Pre-Processor ยังรวมถึงการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของปัญหา (Boundary Conditions) เช่น การกำหนดขอบเขตของรูปแบบจำลองที่ไม่มีการเคลื่อนที่ แต่สามารถหมุนรอบตัวเองได้ในแกนใดๆ รวมถึงการกำหนดขนาดและทิศทางของแรงกระทำต่อชิ้นงานที่เราจะทำการวิเคราะห์ เป็นต้น สิ่งที่ควรจำคือ กำหนดลักษณะปัญหา และเขียนสิ่งที่ต้องทำอย่างคร่าวๆ ให้เรียบร้อยอยู่บนกระดาษเสมอก่อนจะทำในคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีนี้ใช้ได้ผลดี เพราะทำให้รู้ว่าสิ่งที่เราต้องการคืออะไร เราต้องการทำอะไร และสามารถตรวจสอบได้ทุกขณะว่าตอนนี้เราทำงานถึงขั้นตอนไหน เป็นการป้องกันข้อผิดพลาดของคน (Human Error)

2. Analysis คือ การสั่งให้คอมพิวเตอร์โปรแกรมวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งในช่วงแรกผู้เขียนก็เพียงทำความเข้าใจว่าเป็นกระบวนการที่สั่งให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณเพื่อหาคำตอบที่เราต้องการ แต่สิ่งที่ผู้เขียนไม่ค่อยจะให้ความสนใจ คือรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดคำถามอีกมากมายในเวลาต่อมา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 รูปแบบจำลองชิ้นงานและรูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

3. Post-Processor เป็นขั้นตอนการแสดงผลการวิเคราะห์ปัญหาที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนมากจะแสดงค่าที่เราสนใจด้วยแถบสีหลายระดับสี เช่น ถ้าเป็นปัญหาที่วิเคราะห์เกี่ยวกับโครงสร้าง สิ่งที่เราสนใจก็คือบริเวณที่เกิดความเค้นสูง ซึ่งบริเวณนั้นก็จะมีสีแดง และค่าความเค้นที่ต่ำลงมาด้วยการเรียงสีจากส้ม สีเหลือง ไปจนถึงสีชมพูที่แสดงค่าความเค้นที่น้อยที่สุด เป็นต้น

เราก็จะได้คำตอบของผลการวิเคราะห์ปัญหาในงานวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมเข้ามาช่วยในการคำนวณ เริ่มจากการสร้างรูปแบบจำลองของชิ้นงานที่จะวิเคราะห์แล้วนำรูปแบบจำลองนั้นมาเป็นต้นแบบในการสร้างรูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งการสร้างแบบจำลองมีผลต่อการสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการสร้างรูปแบบจำลองให้ได้คุณภาพ เพื่อสามารถนำไปสร้างรูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ดีต่อไป เนื่องจากรูปร่างของแต่ละเอลิเมนต์มีผลต่อการคำนวณวิเคราะห์ปัญหาที่เราสนใจ ก็เหมือนกับการติดแผ่นกระจกลงบนตัวยักษ์ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น หรือคล้ายกับการปูกระเบื้องบนพื้นในบริเวณต่างๆ ลักษณะการสร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ดีจึงไม่ใช่เพียงการกำหนดเอลิเมนต์ที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมด้านเท่าหรือสามเหลี่ยมด้านเท่าเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงการเรียงตัวของแต่ละเอลิมเมนต์ที่เป็นระเบียบอีกด้วย

3.3.1 องค์ความรู้ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจ

ดังได้กล่าวมาแล้วนั้น องค์ประกอบความรู้ที่จำเป็นในการทำงานด้านการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม คือ

1.ความเข้าใจในคณิตศาสตร์ขั้นสูงทางวิศวกรรม
2.ความเข้าใจในระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
3.ความเข้าใจในระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
4.ความเข้าใจในขั้นตอนของการคำนวณของคอมพิวเตอร์โปรแกรม
5.ประสบการณ์การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์โปรแกรม

องค์ความรู้เหล่านี้จะนำเราไปสู่คำตอบของคำถามที่มีมากมายในการเริ่มต้นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม นอกจากจะทำให้สามารถนำองค์ความรู้ต่างๆ มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมได้แล้ว ยังช่วยเราทำนายพฤติกรรมของชิ้นงานที่เราสนใจได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยตรง โดยลดความเสี่ยงและการเสียเวลาสร้างชิ้นงานจริงเพื่อทดสอบดังเช่นในอดีตที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังส่งผลไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงการดัดแปลงรูปร่างของชิ้นงาน เพื่อให้ได้ซึ่งรูปทรงที่ประหยัดเนื้อวัสดุแต่ยังคงความแข็งแรงในการใช้งานได้เท่าเดิม ซึ่งจะประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย เมื่อเราได้เรียนรู้และเข้าใจองค์ความรู้ดังกล่าวแล้วสามารถใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จะเห็นได้ว่า วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถแสดงรายละเอียดต่างๆ ที่เราไม่สามารถมองเห็นด้วยตา หรือต้องใช้เครื่องวัดราคาแพง ซึ่งทำให้สามารถลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการออกแบบ โครงสร้างที่เหมาะสมกับปัญหาต่างๆ ที่ต้องการแก้ปัญหา แล้วแสดงผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ในการคำนวณจำเป็นต้องใช้ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สูงมาก

3.4 พื้นฐานสมการทางด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

$$\nabla \times \{H\} = \{J\} + \left\{\frac{\partial D}{\partial t}\right\} = \{Js\} + \{Je\} + \{Jv\} + \left\{\frac{\partial D}{\partial t}\right\} \tag{3.1}$$

$$\nabla \cdot \{E\} = -\left\{\frac{\partial B}{\partial t}\right\} \tag{3.2}$$

$$\nabla \cdot \{\mathbf{B}\} = 0 \tag{3.3}$$

$$\nabla \cdot \{D\} = \rho \tag{3.4}$$

เมื่อ $\nabla \times$ = ตัวปฏิบัติการเคิร์ล

$\nabla \cdot$ = ตัวปฏิบัติการไดเวอร์เจนซ์

$\{H\}$ = เวกเตอร์ความเข้มข้นของสนามแม่เหล็ก

$\{J\}$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของกระแสรวม

$\{Js\}$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของแหล่งกำเนิดกระแส

$\{Je\}$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ

$\{Jv\}$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของความหนาแน่นของกระแส

$\{D\}$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของฟลักซ์ไฟฟ้า

$\{E\}$ = เวกเตอร์ความเข้มของสนามไฟฟ้า

$\{B\}$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก

ρ = ความหนาแน่นของประจุไฟฟ้า

t = เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (3.5) เป็นสมการแสดงหาค่าเวกเตอร์ความหนาแน่นฟลั๊กซ์แม่เหล็ก

$$\{B\} = [\mu]\{H\} \tag{3.5}$$

เมื่อ $[\mu]$ = ค่าความซึมซับแม่เหล็กในรูปแบบเมตริกซ์ (Magnetic Permeability)

เมื่อสมการที่ (3.5) แสดงค่าความซึมซับแม่เหล็กในรูปแบบของเมตริกซ์

$$\{\mu\} = \mu_0 \begin{bmatrix} \mu_{rx} & 0 & 0 \\ 0 & \mu_{ry} & 0 \\ 0 & 0 & \mu_{rz} \end{bmatrix} \tag{3.6}$$

เมื่อ μ_0 = ค่าความซึมซับแม่เหล็กในสูญญากาศ

μ_{rx} = ค่าความซึมซับแม่เหล็กสัมพัทธ์ในแนวแกน x

สมการที่ (3.7) แสดงการหาเวกเตอร์ความหนาแน่นของกระแสรวม

$$\{D\} = [\sigma][\{E\} + \{V\} \times \{B\}] \tag{3.7}$$

สมการที่ (3.8) แสดงการหาเวกเตอร์ความหนาแน่นของกระแส

$$\{D\} = [\sigma][\{E\}] \tag{3.8}$$

เมื่อ

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{rz} \end{bmatrix}$$

$$[\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{rz} \end{bmatrix}$$

$$\{V\} = \begin{Bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{Bmatrix}$$

σ_{xx} = สภาพการนำไฟฟ้าในแนวแกน x มีหน่วยเป็น S/m

ε_{xx} = สภาพยินยอมทางไฟฟ้าในแนวแกน x มีหน่วยเป็น F/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิเคราะห์สนามแม่เหล็กที่ความถี่สูง

จากสมการ (3.1) และสมการ (3.2) เป็นสมการแม็กเวลล์ถ้าพิจารณาในกรณีที่มีสัญญาณฮาร์โมนิก โดยเขียนในรูปของ $e^{j\omega t}$ จะได้เวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าในรูปสมการเฮล์มโฮลตซ์ ดังสมการที่ (3.9)

$$\nabla \times \left[\overline{\overline{\mu}}_r^{-1} \cdot (\nabla \times \vec{E})\right] - k_0^2 \overline{\overline{\varepsilon}}_r \cdot \vec{E} = -j\omega\mu_0 \vec{J}_s \qquad (3.9)$$

เมื่อ $\vec{E}$ = เวกเตอร์สนามไฟฟ้า

$\overline{\overline{\varepsilon}}_r$ = ความยินยอมไฟฟ้าสัมพัทธ์

μ_0 = ความซึมซับแม่เหล็กในฟรีสเปซ

$\overline{\overline{\mu}}_r$ = ความซึบซับแม่เหล็กในวัตถุ

k_0 = จำนวนคลื่น (Vacuum Wave Number)

ω = ค่าความถี่เชิงมุม

$\vec{J}_s$ = เวกเตอร์ความหนาแน่นของกระแสแหล่งกำเนิด

จากสมการ (3.9) สามารถหาค่าของสนามไฟฟ้าได้จากสมการที่ (3.10) และหาค่าของสนามแม่เหล็กได้จากสมการที่ (3.11)

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{N} \vec{W}_i E_i \qquad (3.10)$$

$$\vec{H} = \frac{j}{\omega\mu_0} \overline{\overline{\mu}}_r^{-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} \vec{W}_i E_i \qquad (3.11)$$

เมื่อ $\vec{E}$ = เวกเตอร์ความเข้มของสนามไฟฟ้า

$\vec{H}$ = เวกเตอร์ความเข้มของสนามแม่เหล็ก

E_i = สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละเอลิเมนต์

$\vec{W}$ = รูปแบบฟังก์ชันเวกเตอร์ของเอลิเมนต์แต่ละแบบ

3.6 สมการความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับความร้อนที่ใช้ในวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ มีรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์แบบเมตริกซ์ ซึ่งแสดงได้ดังสมการ (3.12)

$$\begin{bmatrix} [C] & [0] \\ [0] & [0] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\dot{T}\} \\ \{0\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [K_c] & [0] \\ [0] & [K_v] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{T\} \\ \{0\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{Q\} \\ \{I\} \end{Bmatrix} \qquad (3.12)$$

เมื่อ $\{Q\} = \{Q^{nd}\} + \{Q^{s}\} + \{Q^{J}\} + \{Q^{c}\}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $[C]$ = เมตริกซ์ความร้อนจำเพาะ

$\{\dot{T}\}$ = เอลิเมนต์ของการนำความร้อน

$[K_c]$ = เวกเตอร์อัตราการไหลของความร้อนที่โนดนั้นๆ

$[K_v]$ = เวกเตอร์อัตราการเกิดความร้อนภายใน

$\{Q\}$ = ความร้อนรวม

$\{Q^{nd}\}$ = เวกเตอร์อัตราการไหลความร้อนที่โนดนั้นๆ

$\{Q^g\}$ = เวกเตอร์อัตราการเกิดความร้อนภายใน

$\{Q^j\}$ = เวกเตอร์อัตราการเกิดความร้อนจากสมการต้านทานไฟฟ้า

$\{Q^c\}$ = เวกเตอร์การพาความร้อนที่ผิว

$\{I\}$ = โหลดเวกเตอร์อันเนื่องมาจากการไหลของงกระแสที่โหลด

จากสมการที่ (3.12) เป็นสมการที่มีการใช้ลักษณะการคำนวณของเมตรกิซ์ที่มีความสัมพันธ์รูปแบบของอุณหภูมิและกระแสไฟฟ้า ฟลั๊กซ์แม่เหล็ก ในสมการค่าของพารามิเตอร์ Q^j เวกเตอร์อัตราการเกิดความร้อนจากสมการต้านทานไฟฟ้า ดังสมการที่ (3.13)

$$Q_i = \mathrm{Re}\left(\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^{n} [\sigma] \{J_{ti}\} \cdot \{J_{ti}\}^* \right) \qquad (3.13)$$

เมื่อ Q^j = ต้านทานไฟฟ้าต่อหน่วยปริมาตร

n = จำนวนเอลิเมนต์ที่อินทิเกรต

$[\sigma]$ = เมตริกซ์ของสภาพความต้านทาน

Re = จำนวนขององค์ประกอบ

$\{J_{ti}\}$ = ความหนาแน่นของกระแสรวมในแต่ละเอลิเมนต์

$\{J_{ti}\}^*$ = คอนจูเกตของความหนาแน่นของกระแสรวมในแต่ละเอลิเมนต์

3.7 การประยุกต์ใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

ในงานต่างๆ ทางด้านวิศวกรรมโดยปกติแล้วพบว่ามีความซับซ้อนมาก วิธีการไฟไนต์เอลิ-เมนต์จึงมีบทบาทเป็นอย่างมากในการช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านการยืดหยุ่นของ ของแข็ง ปัญหาด้านการถ่ายเทความร้อน หรือจะเป็นปัญหาด้านการไหลของของไหล เป็นต้น และเมื่อศึกษาถึงภาพรวมและประสิทธิภาพของวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์จะพบว่าวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำไปใช้ประยุกต์กับงานชนิดต่างๆได้ หากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับงานชนิดนั้นๆ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการเชิงอนุพันธ์จากประสิทธิภาพของวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ควบคู่กันกับวิวัฒนาการทางด้านคอมพิวเตอร์จะทำให้เราสามารถคำนวณหาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยสะดวกและยังทำให้ลดค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการทดลองอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ปัญหาด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ในสมัยแรกๆเริ่มปรากฏให้เห็นในงานทางด้านกลศาสตร์ของแข็งและโครงสร้างเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถใช้แก้สมการเชิงอนุพันธ์สำหรับปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การประยุกต์ใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ขยายวงกว้างออกไปในงานที่นอกเหนือไปจากงานทางด้านวิศวกรรม เช่น ในงานทางด้านการแพทย์ เป็นต้น จากรูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบจำลองของไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อใช้หาการกระจายของความเค้นในกระดูก นอกเหนือจากนั้นวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ยังถูกนำไป

ประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการแพทย์ในรูปแบบอื่นๆ อาทิเช่น การคำนวณหาลักษณะการไหลของเลือดในเส้นเลือดและหัวใจ รวมทั้งความกดดันที่เกิดขึ้นตามตำแหน่งต่างๆ ในเส้นเลือด เป็นต้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มีส่วนช่วยเป็นอย่างมากในการศึกษาและออกแบบงานด้านต่างๆไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านวิศวกรรมต่างๆหรือแม้แต่งานทางด้านการแพทย์ดังที่กล่าวในข้างต้น ซึ่งวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์จะช่วยให้เราสามารถออกแบบงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและยังรวมถึงช่วยลดค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการทดลองอีกด้วย

รูปที่ 3.4 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

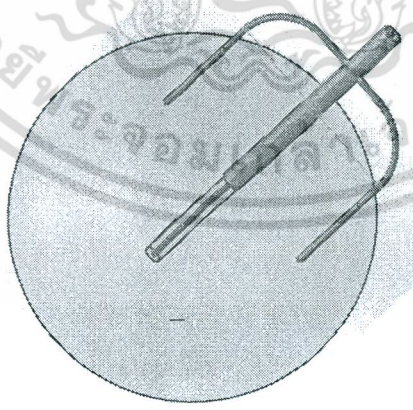
บทที่ 4

ผลการจำลองการทำงานด้วยระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์

ในบทนี้เราจะวิเคราะห์ผลการเกิดความร้อนอันเนื่องมาจากการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟให้เดินทางผ่านไปในเนื้อเนื่อ โดยการป้อนกำลังงานขนาด 100 วัตต์ กับเนื้อเยื่อ ต่อมลูกหมาก โดยแบบจำลองที่ทางผู้วิจัยนำเสนอได้นำเอาสายกาศ สองรูปแบบด้วยกัน มาใช้ในการส่งผ่านความร้อนเขาไปยังต่อมลูกหมาก สายาอากาศชนิดที่ 1 คือสายอากาศแบบปลายเปิด และสายอากาศแบบที่ สอง คือสายอากาศแบบเปิดรอบเป็นวงแหวนขนาดเล็ก(Slot-ring) โดยลักษณะของสายอากาศทั้งสองมีการออกแบบให้สามารถจับยึดกับอวัยวะได้ โดยไม่ก่อให้เกิดการหลุด สายอากาศได้ออกแบบให้มีก้าน 2 ก้าน โดยก้านที่เชื่อมต่อจะทำการเชื่อมต่อกับตัวนำด้านนอกของสายอากาศ ก้านยึดเกาะที่ออกแบบ มีความยาวเหนือกว่า ระดับของการเปอดปลายสายอากาศ ทางผู้วิจัยไม่ต้องการให้เกิดผลต่อการแพร่กระจายคลื่น เมื่อติดตั้งก้านยึดเกาะเข้าไป ผลการจำลองการทำงาน จะแสดงให้เห็นถึง ปริมาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายในเนื้อเยื่อ ในรูปแบบของอัตราการดูดซับพลังงานจำเพาะ SAR และการกระจายของอุณหภูมิ และแสดงผลสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ในรูปแบบของเวกเตอร์ เพื่อทราบการแพร่กระจายในรูปแบบสามมิติ โดยทำการทดสอบสายอากาศแต่ละแบบ ในระยะเวลา 5 นาที(360 sec) ผลที่ได้แสดงรายละเอียดดังนี้

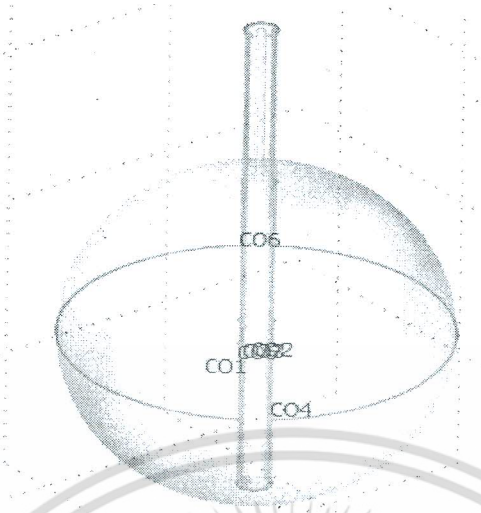
4.1 ผลการจำลองสายอากาศแบบยึดเกาะกับต่อมลูกหมาก

4.1.1 รูปแบบโครงสร้างสายอากาศ



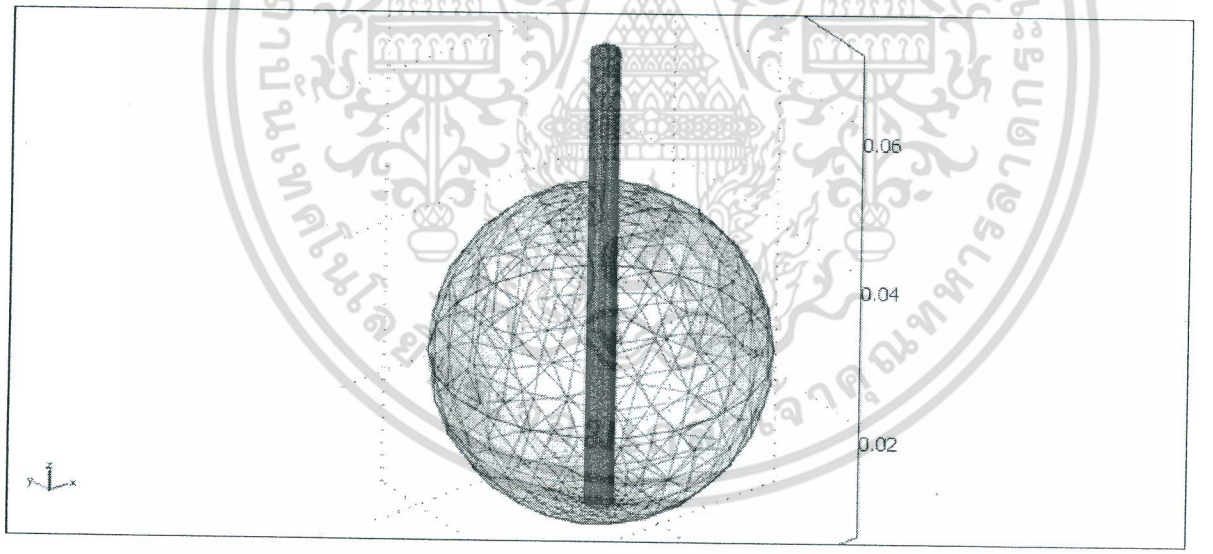
รูปที่ 4.1 แบบจำลองต่อมลูกหมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างสายอากาศในแบบจำลองต่อมลูกหมาก

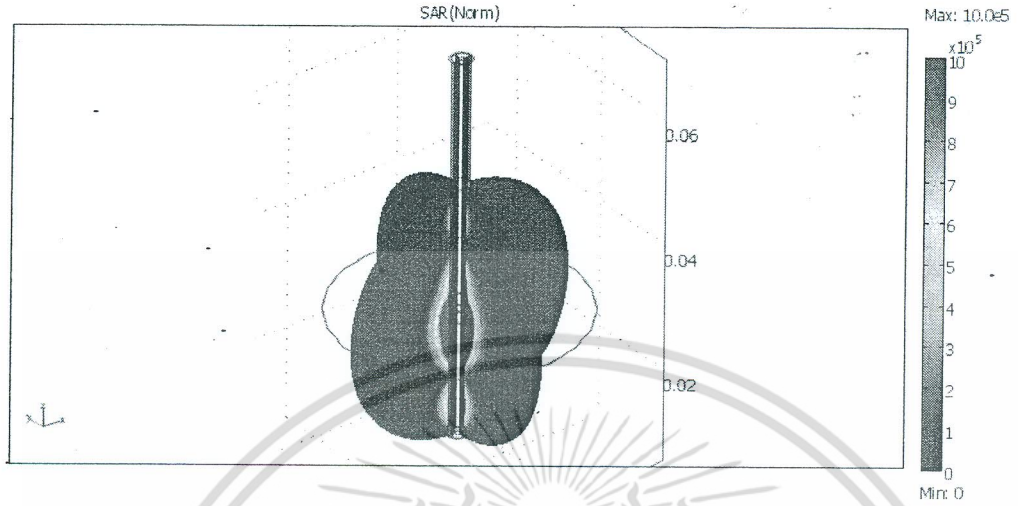
4.1.2 รูปแบบโครงร่างโครงข่าย MESH



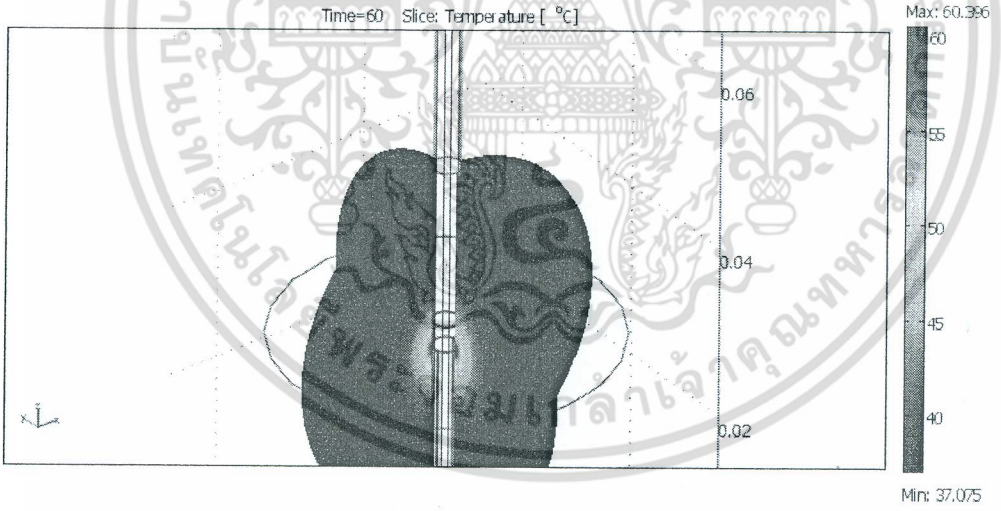
รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างโครงข่าย MESH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการจำลองการแพร่กระจาย ของปริมาณ SAR อุณหภูมิ เวกเตอร์สนามแม่เหล็ก เวกเตอร์สนามไฟฟ้า

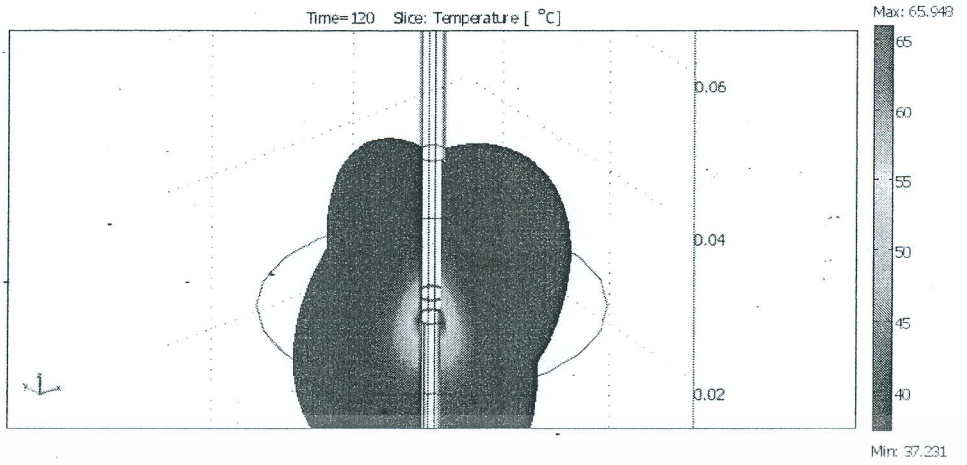


รูปที่ 4.4 แสดงการแพร่กระจาย SAR ในเนื้อเยื่อต่อมลูกหมาก

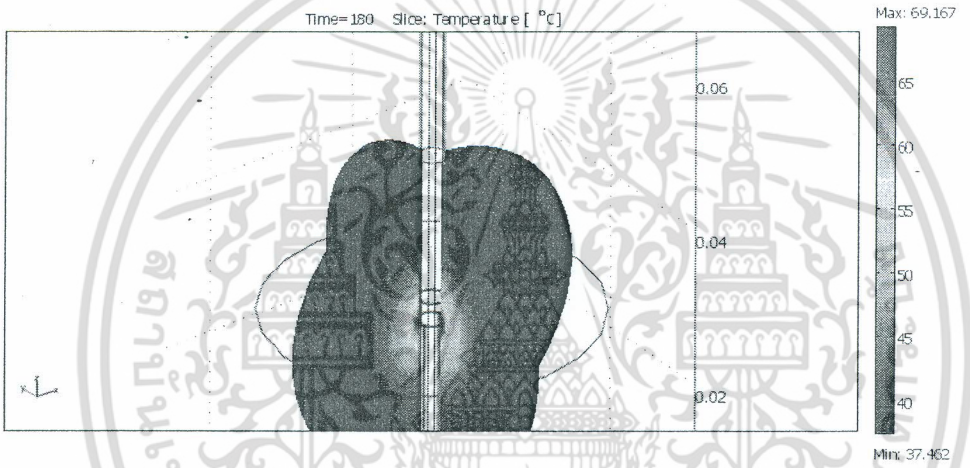


ก)

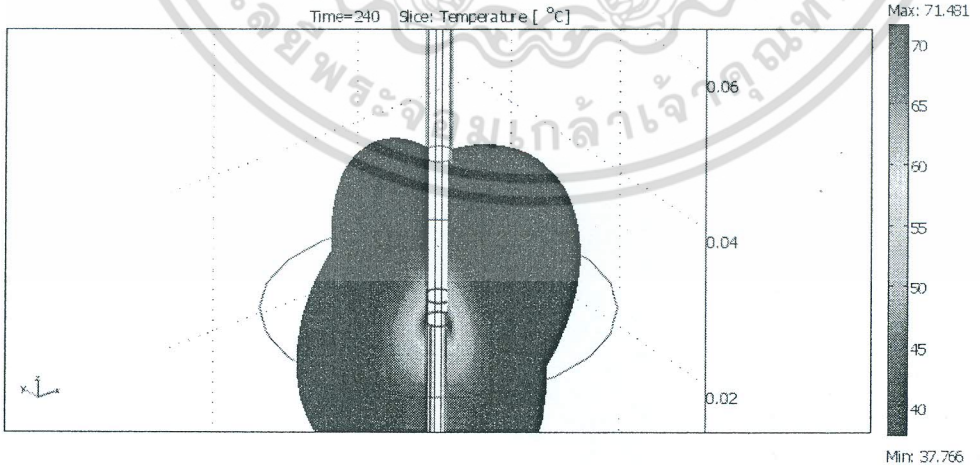
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข)

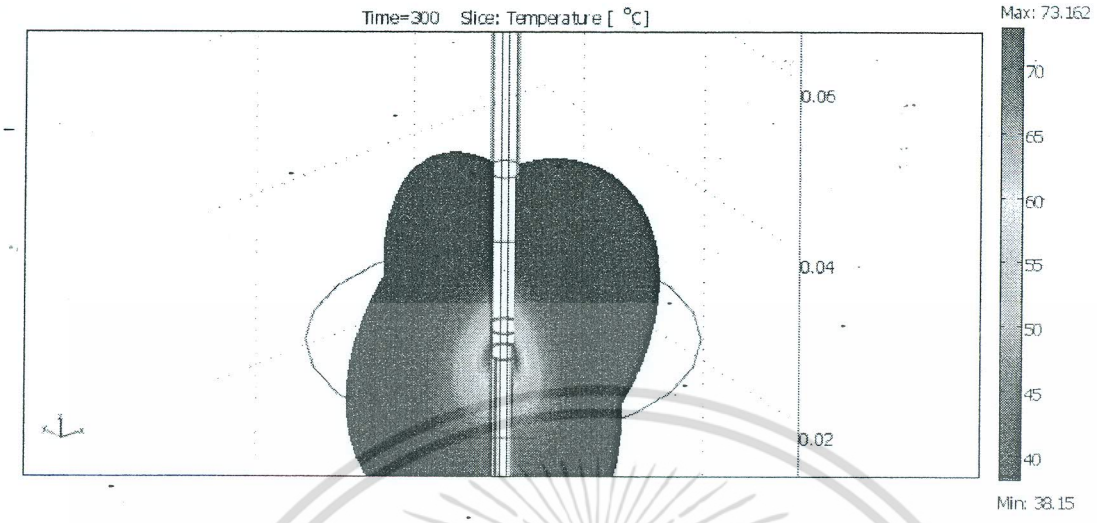


ค)

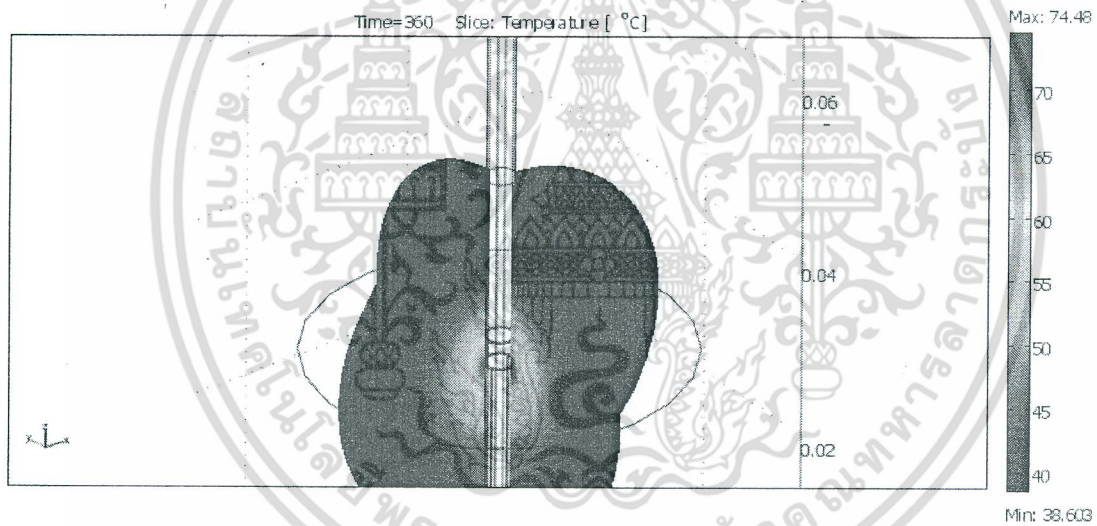


ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



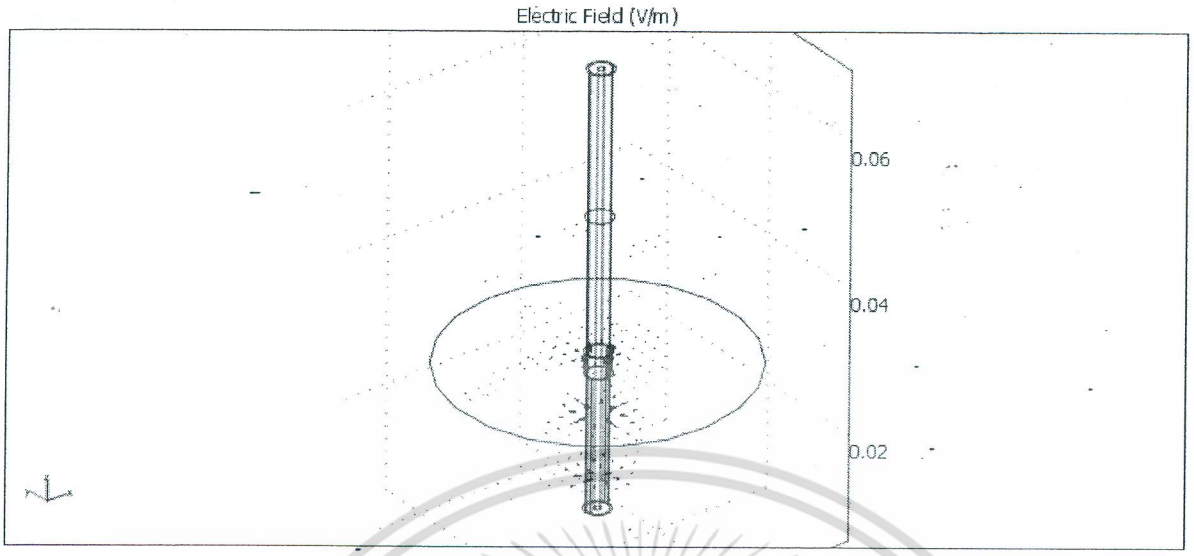
จ)



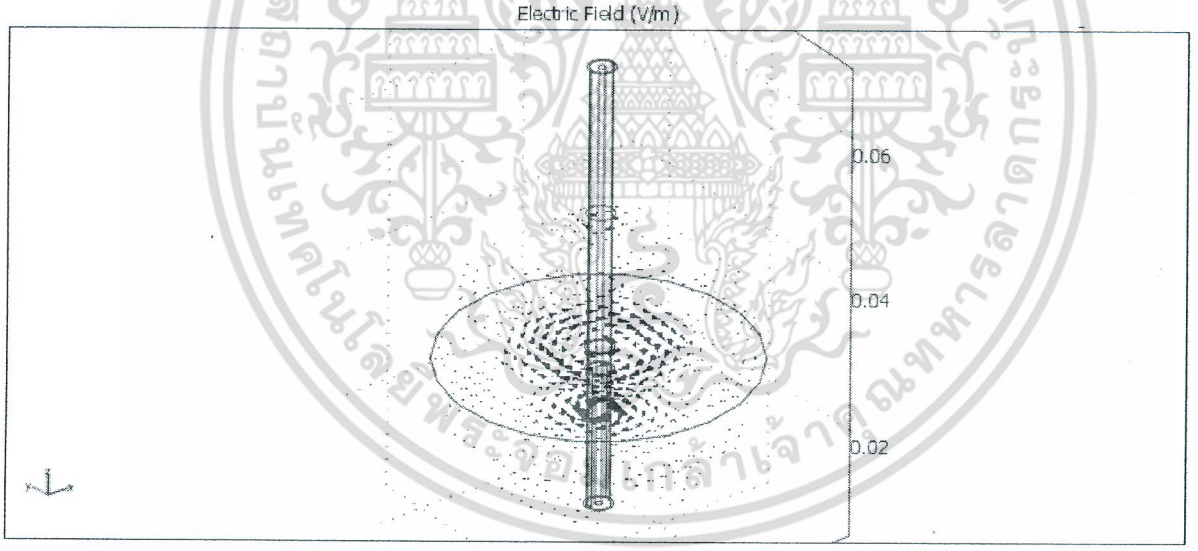
ฉ)

รูปที่ 4.5 แสดงการแพร่กระจายอุณหภูมิที่ระยะเวลา ก) 1 นาที ข) 2 นาที ค) 3 นาที ง) 4 นาที จ) 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

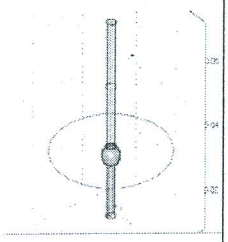
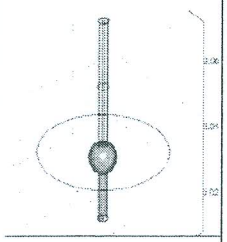
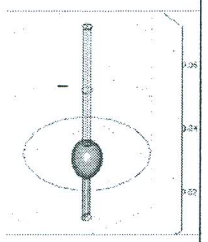
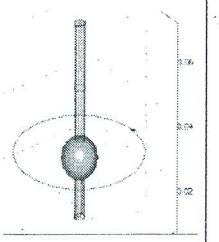
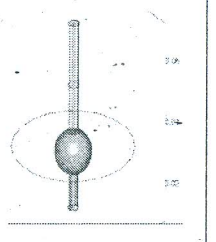
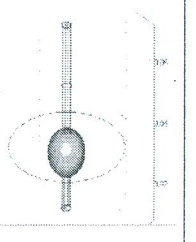


รูปที่ 4.6 แสดงการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้า Electric Intensity (V/m)

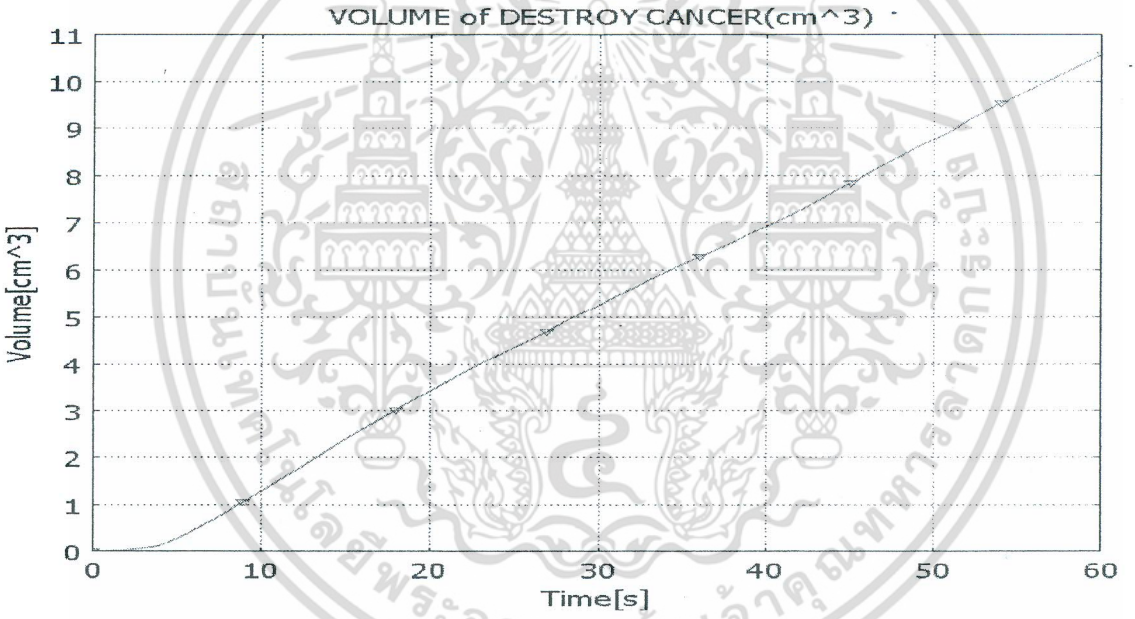


รูปที่ 4.7 แสดงการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็ก Magnetic flux intensity (A/m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 นาที	2 นาที	3 นาที	4 นาที	5 นาที	6 นาที
					

รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของการทำลายเซลล์มะเร็งที่ต่อมลูกหมาก



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าขนาดการทำลายที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ข้อสรุปงานวิจัย

จากงานวิจัยที่ได้นำเสนอ ทางทีมผู้วิจัยได้มีการออกแบบสายอากาศย่านความถี่ไมโครเวฟที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานกับต่อมลูกหมาก ซึ่งเป็นอวัยวะที่มีความซับซ้อน เนื่องจากสภาพภายในต่อมลูกหมาก มีสภาพความชื้นสูงมากกว่าอวัยวะอื่น ซึ่งในทางคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบอุปกรณ์ตามมาตรฐาน FCC ที่กำหนดมาใช้งานในงานด้านการแพทย์ ซึ่งอยู่ในย่าน ISM Band ซึ่งความถีที่ใช้งานคือ 2.45 GHz ซึ่งจากผลการออกแบบสายอากาศที่ประยุกต์ใช้งานกับต่อมลูกหมาก สามารถสร้างความร้อนได้ขนาดมากกว่า 50 องศาเซสเซียส เพื่อใช้ในการหยุดเซลล์เนื้อร้ายให้หยุดการเติบโต และ ยังเป็นการบำบัดด้วยความร้อนในกรณี ต่อมลูกหมากโตอีกด้วย ความร้อนที่ได้จะแตกต่างจากอวัยวะอื่น เนื่องจากสภาพความเป็นน้ำในต่อมลูกหมาก จะมีสภาวะ การพาความร้อนออก คล้ายกับมีน้ำช่วยระบายความร้อน ฉะนั้น จึงควรใช้ระยะเวลาในการสร้างความร้อนที่ สั้น เนื่องจาก ถ้าปล่อยให้นาน อุณภูมิจะลดต่ำลง จนทำให้ไม่สามารถบำบัดต่อมลูกหมากได้ ดังนั้นขนาดของกำลังงาน ขนาด 100 วัตต์ เป็นขนาดที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้เวลาในการสร้างความร้อนให้สามารถบำบัดหรือ ทำให้เซลล์ฟ่อได้ ใช้ระยะเวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งถือว่าเป็นขนาดเวลาที่เหมาะสม

ฉะนั้น จากการออกแบบสายอากาศนำคลื่นเพื่อที่จะนำมาใช้กับต่อมลูกหมาก จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบการสร้างความร้อนเพื่อใช้ในการบำบัด โดยใช้ความถี่ไมโครเวฟเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจให้กับแพทย์ในการช่วยเหลือผู้ป่วยอีกแนวทางหนึ่ง ทางผู้วิจัยหวังว่าจากการออกแบบนี้จะมีการนำไปผลิตเพื่อใช้ในการรักษาจริงในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้