

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมาณการกระจายของอุณหภูมิและ SAR ในเนื้อเยื่อปอดโดยใช้สายอากาศย่านความถี่ไมโครเวฟด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
นักศึกษา	นายดิพพร้อม เกียรติกิตติสรณ์
รหัสนักศึกษา	48060404
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.มนัส สัจวรศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.สุพันธ์ ตั้งจิตกุลสมัน

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอลักษณะการกระจายตัวของความร้อนและ SAR รวมถึงลักษณะรอยแผลที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อปอดหนู ซึ่งเกิดจาก คลื่นไมโครเวฟ 2.45 GHz เดินทางผ่าน สายอากาศโคแอกเซียลไปเนื้อเยื่อปอดหนู เพื่อพิสูจน์ว่าการจำลองถูกต้องเราจึงทำการทดลองจริงในปอดหนูแบบ in vitro เพื่อดูความสอดคล้องกันของผลการจำลองและการทดลอง โดยรูปร่างและขนาดของรอยแผลที่เกิดจากการจำลองมีความสอดคล้องกันกับการทดลอง โดยสายอากาศที่ใช้มีชนิดปลายเปิด หนึ่ง สลัสด สองสลัสด และแบบสองสลัสดสามเส้น การจำลองจะใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากปอดเป็นอวัยวะที่มีอัตราการเกิดมะเร็งสูงและยังเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่สำคัญหลายอย่าง ผลการจำลองที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์เพื่อวิเคราะห์หาขอบเขตในการทำลายซึ่งอาจเป็นบริเวณที่มีเซลล์มะเร็งอยู่ โดยผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าสายอากาศแบบปลายเปิดมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่กว้างกว่าแบบหนึ่งและสองสลัสดและยังให้ขนาดรอยแผลที่ใหญ่ ส่วนสายอากาศแบบหนึ่งสลัสดให้การกระจายอุณหภูมิที่แคบที่สุดและขนาดรอยแผลค่อนข้างเล็ก ส่วนสายอากาศแบบสองสลัสดจะให้การกระจายอุณหภูมิที่กว้างรองจากปลายเปิดและให้ขนาดรอยแผลที่ค่อนข้างใหญ่ ส่วนสายอากาศแบบสองสลัสดสามเส้นให้การกระจายอุณหภูมิที่กว้างที่สุดและให้ขนาดรอยแผลที่ใหญ่กว่าสองเท่าของสายอากาศแบบเส้นเดียวและรอยแผลยังมีความสมมาตรอีกด้วย

Thesis Title	Estimation of Temperature and SAR Distributions from Microwave Antenna in Pulmonary Tissue Using Finite Element Method
Student	Mr. Deeprom Kiatkittisorn
Student ID.	48060404
Degree	Master of Engineering
Program	Electronics
Years	2007
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Manas Sangwarasil
Co thesis Advisor	Assist. Prof. Supan Tungjitusolmun

ABSTRACT

This research presents the characteristics of temperature and SAR distributions as well as the characteristics of lesion occurring in swine lung tissue derived from microwave transmitting through coaxial antennas into swine lung tissue. To prove that the simulation is true, we set up *in vitro* swine lung experiments to consider correspondence between the simulations and the experiments. The figures and sizes between simulations and experiment are corresponding. The types of the antennas used are open-tip, 1-slot, 2-slot, and three 2-slots. We use Finite Element Method (FEM) in the simulation. Lung is the common site of cancer and responsible for many important functions for living. The results of the simulation can be guidance for analyzing the boundary of terminating cancer cell. The results can be summarized as follows. The open-tip antenna has wider temperature distribution than 1 and 2 slot antennas and also gives bigger lesion's size than 1 and 2 slot antenna. The 1-slot antenna has the narrowest area of temperature distribution and gives a small lesion's size. The 2-slot antenna has temperature distribution in second wider than open-tip and gives large lesion's size. The three 2-slot antennas has the most temperature distribution and give the lesion's size larger than 2 times of all the previous single antenna.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคล
หลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษา
ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. มนัส สัจวารศิลป์ (อาจารย์ที่ปรึกษา) และ ผศ.ดร. สุพันธ์ ตั้งจิตกุลมั่น
(อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม) ผู้ซึ่งให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งเอื้อเฟื้อเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำวิจัย
และติดตามเกี่ยวกับงานวิจัยตลอดมา ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่าน จึงขอกราบ
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ดีพร้อม เกียรติกิตติสรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	4
บทที่ 2 หลักการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์.....	6
2.1 บทนำ.....	6
2.2 การวิเคราะห์ทางด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	6
2.2.1 สมการแมกซ์เวลล์ (Maxwell's Equations).....	6
2.2.2 สมการคลื่นสำหรับตัวกลางที่เป็นตัวนำ.....	7
2.2.3 สมการของแมกซ์เวลล์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา.....	9
2.2.4 การเดินทางของคลื่นในตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย.....	10
2.2.5 การเดินทางของคลื่นในตัวกลางที่เป็นตัวนำ.....	13
2.2.6 ตัวนำและไดอิเล็กตริก.....	14
2.2.7 การเดินทางของคลื่นในไดอิเล็กตริกที่ดี.....	15
2.2.8 การเดินทางของคลื่นในตัวกลางกึ่งไดอิเล็กตริกถึงตัวนำ.....	17
2.2.9 การเดินทางของคลื่นในตัวกลางที่เป็นเนื้อเยื่อ.....	18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3	โหมดสำหรับการเดินทางของคลื่น (Wave Propagation Modes).....	19
2.4	สนามไฟฟ้าในช่องว่างวัสดุ(Electric Fields in Material Space).....	21
2.4.1	วัสดุตัวกลาง(Material Media) ในสนามไฟฟ้าสถิต(Static Electric Field).....	22
2.4.2	ตัวนำ(Conductors) ในสนามไฟฟ้าสถิต.....	22
2.4.3	ไดอิเล็กตริก(Dielectrics)ในสนามไฟฟ้าสถิต.....	22
2.4.4	เงื่อนไขขอบของสนามไฟฟ้าสถิต.....	23
2.4.5	เงื่อนไขขอบระหว่างไดอิเล็กตริกกับไดอิเล็กตริก	24
2.4.6	เงื่อนไขขอบระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับไดอิเล็กตริก.....	30
2.4.7	เงื่อนไขขอบระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับอากาศว่าง.....	32
2.5	สายส่งไมโครเวฟและท่อนำคลื่น.....	33
2.5.1	สายส่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้นำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยสายส่งมีโครงสร้างที่ใช้กันทั่วไปสี่แบบคือ	35
2.6	สมการความร้อนในทางชีววิทยา (The Bioheat Equation).....	36
2.6.1	สมการการดูดซับความร้อน.....	37
2.7	พื้นฐานการกระจายความร้อนภายในเนื้อเยื่อ.....	37
2.8	การทำลายมะเร็งโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	38
2.8.1	เงื่อนไขขอบเขตของพอร์ต (Port condition).....	39
2.8.2	เงื่อนไขขอบเขตของความต่อเนื่อง (Continuity).....	40
2.8.3	เงื่อนไขขอบเขตของตัวนำ (Perfect Electric Conductor).....	40
2.8.4	เงื่อนไขขอบเขตของเนื้อเยื่อ (Scattering condition).....	41
บทที่ 3	ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์.....	42
3.1	บทนำ.....	42
3.2	พื้นฐานสมการทางด้านแม่เหล็กไฟฟ้า	43
3.	3 การวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่สูง.....	44
3.	4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิ.....	45

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 หลักการและวิธีการที่การทดลอง.....	47
4.1 บทนำ.....	47
4.2 หลักการวิเคราะห์.....	47
4.3 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการแก้ปัญหา.....	48
4.3.1 เงื่อนไขทางด้านอิเล็กทรอนิกส์.....	48
4.3.2 เงื่อนไขปัญหาทางด้านความร้อน.....	48
4.4 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	49
4.5 สายอากาศโคแอกเซียล(Coaxial Line)	49
4.6 รูปแบบของสายอากาศที่ใช้ในการทดลอง.....	50
4.7 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	51
4.8 วิธีการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม COMSOL.....	52
บทที่ 5 ผลการจำลองและผลการทดลอง.....	56
5.1 การตั้งค่าสำหรับการจำลอง.....	56
5.2 ผลการทดลองที่เกิดจากเสาอากาศแบบปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัว.....	57
5.2.1 การกระจายอุณหภูมิในเนื้อเยื่อปอดที่เกิดจากสายอากาศปลายเปิด.....	57
5.2.2 การกระจาย SAR ในเนื้อเยื่อปอดที่เกิดจากสายอากาศปลายเปิด	59
5.2.3 รอยแผลจากสายอากาศปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป.....	60
5.2.4 กราฟเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิและ SAR ในปอดที่เกิดจากสายอากาศ ปลายเปิด.....	62
5.3 ผลการทดลองที่เกิดจากสายอากาศหนึ่งสล็อตในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัว....	63
5.3.1 การกระจายอุณหภูมิในเนื้อเยื่อปอดที่เกิดจากสายอากาศหนึ่งสล็อต.....	64
5.3.2 ลักษณะการกระจาย SAR ของสายอากาศหนึ่งสล็อตในเนื้อเยื่อปอด.....	66
5.3.3 รอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศหนึ่งสล็อตในเนื้อเยื่อปอดที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้น ไป.....	67
5.3.4 กราฟเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิและ SAR ในปอดที่เกิดจากสายอากาศ หนึ่งสล็อต.....	68

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.5	ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิและ SAR ของเสาอากาศแบบสองสล็อต.....	69
5.5.1	การกระจายอุณหภูมิในเนื้อเยื่อปอดที่เกิดจากเสาอากาศสองสล็อต.....	70
5.5.2	การกระจาย SAR ในเนื้อเยื่อปอดที่เกิดจากเสาอากาศสองสล็อต.....	72
5.5.3	รอยแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศแบบสองสล็อตในเนื้อเยื่อปอดที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป.....	73
5.5.4	กราฟเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิและ SAR ในขณะปอดหดและขยายตัวที่ เกิดจากเสาอากาศสองสล็อต.....	74
5.6	เสาอากาศแบบสองสล็อตสามอัน.....	75
5.6.1	ลักษณะการกระจายอุณหภูมิของเสาอากาศแบบสองสล็อตสามอันในเนื้อเยื่อ.....	77
5.6.2	ลักษณะการกระจาย SAR ของเสาอากาศแบบสองสล็อตสามอันในเนื้อเยื่อ.....	80
5.6.3	ลักษณะของรอยแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศแบบสองสล็อตสามอันในเนื้อเยื่อ ปอดที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป.....	81
5.6.4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิและ SAR ของเสาอากาศแบบ สองสล็อตสามอันขณะปอดหดและขยายตัว.....	82
5.7	ผลการทดลองในปอดหมู (<i>in vitro</i>).....	87
5.7.1	การเตรียมการทดลองในเนื้อเยื่อปอดหมูแบบ <i>in vitro</i>	87
5.7.2	ลักษณะรอยแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศปลายเปิด.....	89
5.7.3	ลักษณะรอยแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศหนึ่งสล็อต.....	91
5.7.4	ลักษณะรอยแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศสองสล็อต.....	93
บทที่ 6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	96
6.1	สรุปผลงานวิจัย.....	96
6.2	ข้อเสนอแนะเพื่องานวิจัยในอนาคต.....	97
	เอกสารอ้างอิง.....	98
	ภาคผนวก ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	100

ประวัติผู้เขียน.....	105
----------------------	-----

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าคุณสมบัติของสายอากาศ.....	51
4.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเนื้อเยื่อ.....	51
4.3 ค่า VSWR ของแต่ละสายอากาศวัดในเนื้อเยื่อปอดแบบ <i>in vitro</i>	52
5.1 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญผลการซิมูเลตทั้ง 3 รูปแบบ.....	77
5.2 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญผลการซิมูเลตทั้ง 4 รูปแบบ.....	85

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 มะเร็งปอด.....	1
2.1 สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กกับทิศทางการเดินทางของคลื่นในโหมดการเคลื่อนที่แบบต่างๆ...	20
2.2 ภาคตัดขวางของตัวกลางไดอิเล็กตริกโพลาไรซ์.....	23
2.3 ขอบเขตระหว่างไดอิเล็กตริกกับไดอิเล็กตริก.....	25
2.4 ขอบรุ่มระหว่างสองตัวกลาง.....	26
2.5 การหักเหของ E หรือ D ที่ขอบเขตระหว่างไดอิเล็กตริกกับไดอิเล็กตริก.....	29
2.6 ขอบเขตระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับไดอิเล็กตริก.....	31
2.7 การกลั่นกรองไฟฟ้าสถิต.....	32
2.8 ขอบเขตระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับอวกาศว่าง.....	33
2.9 ตัวอย่างสายส่งสัญญาณแบบต่างๆ.....	35
2.10 ท่อนำคลื่นแบบต่างๆ.....	36
2.11 กราฟแสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์มะเร็ง.....	38
2.12 แสดงลักษณะของสายอากาศแบบโคแอกเชียลในเนื้อเยื่อทดสอบ.....	39
2.13 แสดงจุดจ่ายกำลังงานคลื่นไมโครเวฟให้กับสายอากาศ.....	39
2.14 แสดงจุดจ่ายกำลังงานคลื่นไมโครเวฟให้กับสายอากาศ.....	40
2.15 แสดงบริเวณที่เป็นขอบเขตต่อเนื่อง.....	40
2.16 แสดงบริเวณที่เป็นขอบเขตตัวนำ.....	41
2.17 แสดงบริเวณที่เป็นขอบเขตสะท้อน.....	41
4.1 โฟว์ชาตแสดงถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา.....	48
4.2 แสดงลักษณะของสายอากาศโคแอกเชียลที่ใช้ในการทดลอง.....	50
4.3 แสดงแบบจำลองของสายอากาศแบบหนึ่งสล็อตและเนื้อเยื่อทรงกระบอก.....	52
4.4 แสดงโครงสร้างแบบจำลองของสายอากาศ ปลายเปิด หนึ่งสล็อต และสองสล็อต.....	53
4.5 แสดงการเมชแบบจำลองสายอากาศทั้งสามแบบในเนื้อเยื่อ.....	54
4.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ของเมช.....	54
4.7 แผนภาพการคำนวณวิเคราะห์ปัญหา.....	55
5.1 การกระจายของอุณหภูมิของสายอากาศปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดในแบบสามมิติ	59
5.2 แสดงการกระจายของ SAR ของเสาอากาศแบบปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดขณะกดและ ขยายตัว.....	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.3 รอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวที่อุณหภูมิ.....	61
5.4 แสดงการกระจายอุณหภูมิจากจุดต่อของปลายเปิดสายอากาศไปยังขอบของเนื้อเยื่อ.....	62
5.5 แสดงการกระจาย SAR จากจุดต่อของสายอากาศปลายเปิดไปยังขอบของเนื้อเยื่อ.....	63
5.6 แสดงการกระจายของอุณหภูมิของเสาอากาศแบบหนึ่งสล็อตในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวในแบบสามมิติ.....	65
5.7 แสดงการกระจายของ SAR ของเสาอากาศแบบปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัว.....	66
5.8 รอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศหนึ่งสล็อตในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป.....	67
5.9 แสดงการกระจายอุณหภูมิจากสล็อตของสายอากาศหนึ่งสล็อตไปยังขอบของเนื้อเยื่อ.....	68
5.10 แสดงการเปรียบเทียบการกระจาย SAR ของสายอากาศแบบหนึ่งสล็อตบนแกนซึ่งค่าสูงสุด.....	69
5.11 แสดงการกระจายของอุณหภูมิของสายอากาศสองสล็อตในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวในแบบสามมิติ.....	71
5.12 แสดงการกระจายของ SAR ของเสาอากาศแบบสองสล็อตในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัว.....	73
5.13 แสดงรูปร่างของบาดแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศแบบปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป.....	73
5.14 แสดงการกระจายอุณหภูมิจากสล็อตของสายอากาศสองสล็อตไปยังขอบของเนื้อเยื่อ.....	74
5.15 แสดงการกระจาย SAR จากสล็อตของสายอากาศสองสล็อตไปยังขอบของเนื้อเยื่อ.....	75
5.16 แสดงการกระจายของอุณหภูมิของสายอากาศแบบสองสล็อตสามอันในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวในแบบสามมิติ.....	79
5.17 แสดงการกระจาย SAR สำหรับเสาอากาศแบบสองสล็อตสามอันในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวแสดงโดยสไลด์ตามยาวและตามขวาง.....	80
5.18 รอยแผลที่เกิดขึ้นจากเสาอากาศแบบปลายเปิดในเนื้อเยื่อปอดขณะหดและขยายตัวที่อุณหภูมิ 50 °C ขึ้นไป.....	81
5.19 แสดงการกระจายอุณหภูมิของสายจากสายอากาศไปยังจุดศูนย์กลางของสายอากาศทั้งสามอัน.....	82

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.20	แสดงการกระจายอนุภาคน้ำในเนื้อเยื่อของสายอากาศแบบสองสล็อตสามอันวัดในแนวความถี่ ผิวตลอดแนวศูนย์กลางของสายอากาศทั้งสาม.....	83
5.21	แสดงการกระจายอนุภาคน้ำในเนื้อเยื่อของสายอากาศแบบสองสล็อตสามอันวัดในแนวตั้งฉาก กับสายอากาศโดยวัดผ่านจุดศูนย์กลางของสายอากาศทั้งสาม.....	84
5.22	แสดงการกระจาย SAR ในเนื้อเยื่อปอดของสายอากาศแบบสองสล็อตสามอันวัดใน แนวตั้งฉากกับสายอากาศโดยวัดผ่านจุดศูนย์กลางของสายอากาศทั้งสาม.....	82
5.23	ปอดหนูแบบ <i>in vitro</i>	87
5.24	สายอากาศแบบปลายเปิด หนึ่งสล็อต และสองสล็อตและเครื่องกำเนิดไมโครเวฟ.....	88
5.25	แสดงภาพขณะทำการปล่อยคลื่นไมโครเวฟไปในเนื้อเยื่อปอดแบบ <i>in vitro</i>	88
5.26	แสดงลักษณะรอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศทั้งสามแบบคือ หนึ่งสล็อต ปลายเปิด และ สอง สล็อต.....	89
5.27	แสดงรอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศปลายเปิด.....	91
5.28	แสดงรอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศหนึ่งสล็อต.....	93
5.29	แสดงรอยแผลที่เกิดขึ้นจากสายอากาศสองสล็อต.....	95